

Por: Claudia Yaneth Sánchez Jaramillo,
Orlando Palacio Gallego
Mauricio Álvarez Álvarez

Diseño de la red de gas natural
para el Politécnico Colombiano Jaime Isaza
Cadavid con énfasis en la acometida hacia la
Planta de Etanol, área de servicios

Autores

CLAUDIA YANETH SÁNCHEZ JARAMILLO

Química, Universidad de Antioquia. Magíster en Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Docente de Tiempo Completo, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Coordinadora del Semillero de Investigación en Gases. Coordinadora del Semillero de Investigación en Química Básica y Aplicada. Miembro del Comité Técnico de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire (REDAIRE). Investigadora del Grupo Físicoquímica Orgánica de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín cysanchez@elpoli.edu.co

ORLANDO PALACIO GALLEGO

Ingeniero Mecánico, Universidad de Antioquia. Docente de Tiempo Completo, Facultad de Ingeniería, Área Instrumentación Industrial, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Registro Profesional Redes de Gas-EPM. Investigador del Semillero de Investigación en Gases. opala@epm.net.co

MAURICIO ÁLVAREZ ÁLVAREZ

Tecnólogo en Instrumentación Industrial, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid; Estudiante de Ingeniería Electrónica, Universidad de Antioquia e Integrante del Semillero de Investigación en Gases. dimauro310@yahoo.es

Resumen

El Grupo de Investigación en Gases desarrolló un modelo, que reúne el procedimiento de diseño y cálculo (análisis dimensional) de redes internas de gas del tipo residencial e industrial, en el cual se presentan las etapas del proceso necesarias para la elaboración del Diseño de la Red de Gas de la Planta de Etanol, la Escuela de Gastronomía y el Bloque Administrativo del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. El cálculo de la red de gas se realizó como un circuito controlado por una estación de medición y con una regulación en dos etapas, con el propósito de optimizar las presiones de operación.

Es importante anotar que el modelo obtenido puede ser utilizado como base para el diseño de redes de gas de características similares, industriales o comerciales (presión de diseño mayor de 70 mbar, modelo propuesto por Müller¹) o para redes residenciales (presiones menores o iguales a 70 mbar, modelo de Pole¹), las cuales permiten calcular las pérdidas de presión y evaluar la funcionalidad y la viabilidad económica del diseño. Con el fin de sistematizar las pérdidas de presión, la longitud total de tubería, el caudal y las velocidades del gas en la tubería se diseñó un programa teniendo como base las formulaciones desarrolladas para el diseño de Redes de Gas. Los resultados obtenidos en el proyecto de investigación y que se presentan en este artículo, constituyen una guía para estudiantes y comunidad universitaria en general, interesados en la modelación y el diseño de redes de gas natural.

Palabras claves

Diseño de Red de Gas, Fórmula de Pole, Fórmula de Müller, Centro de Regulación y Medición, Espacio Confinado, Espacio No Confinado, Caudal.

Abstract

The research gases group developed a model that gathers the design procedure and calculation of Internal Natural Gas Networks for residential (pressure smaller or similar to 70 mbar, Pole model) and industrial type (design pressure bigger than 70 mbar, Müller model), and present the stages of process for the design of the Gas Network for Ethanol Plant, Gastronomy School and Administrative Block of Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. The calculation of the gas network was carried out as a circuit controlled by a measurement station with regulation in two steps which allow to calculate the losses of pressure and to evaluate the functionality and the economic viability of the design. Besides, was designed a software for systematizing the losses of pressure and the rate of gas in the pipeline. In addition to, results presented in this paper constituted a guide for students and people interested in modeling and design natural gas network.

Key words

Net Gas Design, Pole Model, Müller Model, Regulation and Measurement Center, Confined Space, Not Confined Space.

¹NARANJO, A. *Flujo de Gas Bajo Condiciones Estables*, 1997.

Por: Claudia Yaneth Sánchez Jaramillo,
Orlando Palacio Gallego
Mauricio Álvarez Álvarez

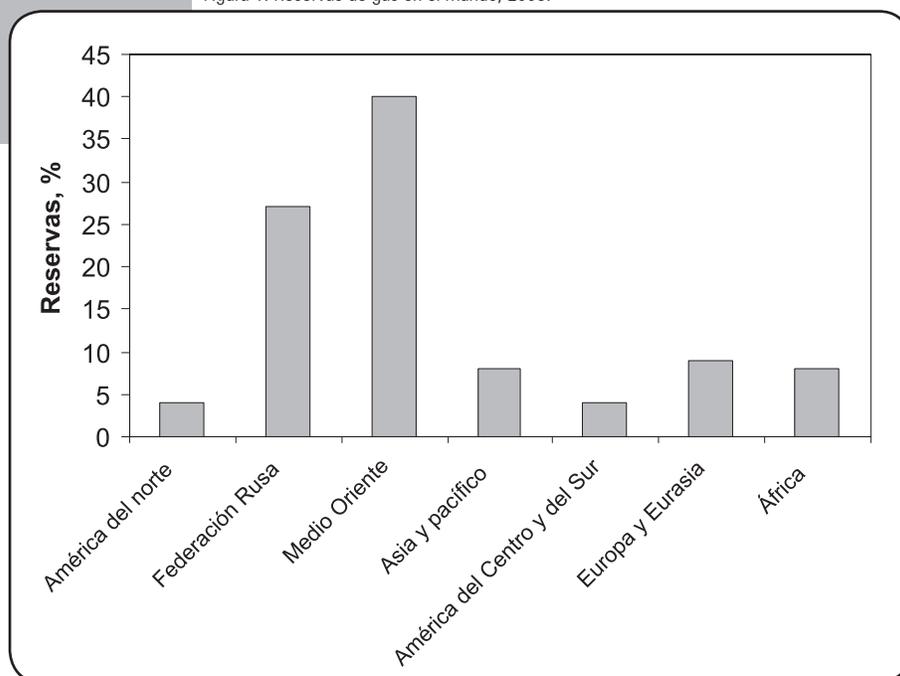
Diseño de la red de gas natural para el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con énfasis en la acometida hacia la Planta de Etanol, área de servicios

POLITÉCNICA No. 3 | Medellín, agosto - septiembre de 2006, p.p. 27-40

1. Introducción

En el mundo se cuenta con reservas de gas natural importantes y se estima que seguirán aumentando en la medida en que se desarrollen nuevas técnicas de explotación, exploración y extracción y sean certificados los nuevos yacimientos. Una cantidad significativa de gas natural queda aún por descubrir según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, 2005). La distribución en el mundo de las reservas de gas natural en el 2004 se reporta en la Figura 1.

Figura 1. Reservas de gas en el mundo, 2005.



El gas natural puede utilizarse con el fin de sustituir otros combustibles más costosos, al servir como combustible en los hogares o como combustible vehicular (GNV).

En Colombia, la utilización del gas se inició en los años sesenta, con una Central Turbogás en Tibú. Los gases obtenidos de los yacimientos del Difícil Cicuco, Jobo-Tablón, hicieron posible el desarrollo de la petroquímica en Barranquilla y Cartagena. Con los gases de los yacimientos de Payoa y Provincia se desarrolló la petroquímica de Barrancabermeja y una planta de fertilizantes (Macea B., 1990). En el país, el consumo de gas natural no ha sido significativo como en otros países, sólo, cuando las reservas de crudo en el mundo disminuyen o cuando se presentan crisis en el sector hidroeléctrico se presta atención a este recurso.

En Colombia, por ejemplo, el gas natural puede utilizarse con el fin de sustituir otros combustibles más costosos, al servir como combustible en los hogares o como combustible vehicular (GNV). Igualmente puede aplicarse en los sectores comerciales e industriales en los procesos de producción con tecnología más limpia.

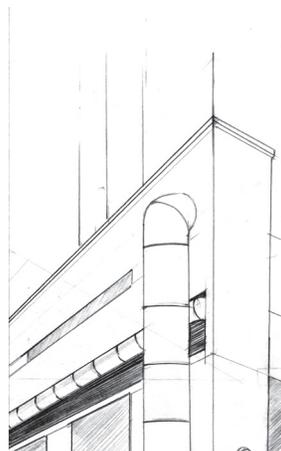
El Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, como Institución de Educación Superior, tiene hoy la oportunidad de involucrarse y participar en este reto, al realizar el diseño de la Red de Gas Natural para la Institución, como primera etapa y continuar luego con los aportes en innovación tecnológica de sistemas que manejan gas natural aprovechando las ventajas que éste tiene como combustible económico, ecológico, eficiente y seguro.

2. Metodología

Se presenta la metodología con énfasis en la modelación matemática, los parámetros de diseño, el dimensionamiento de las diferentes partes constitutivas de la red, la selección de instrumentos de medida y regulación, válvulas y accesorios requeridos, la ventilación de los recintos donde se instalen los equipos, la evacuación de los productos de combustión y además se describen los aspectos de seguridad y operatividad, todo a partir de las normas NTC2505 y NTC 4282.

Para la modelación matemática se utilizaron las ecuaciones de Müller y Pole, teniendo en cuenta las características de la redes comerciales o industriales y/o residenciales respectivamente. Estas ecuaciones tienen su origen en la Termodinámica y en la Mecánica de fluidos y permiten determinar las caídas de presión en los tramos de tubería, como se estipula en la Guía de Diseño de Redes de Gas (EPM, 2000). Para unas condiciones de demanda máxima de gas, la presión de suministro en el artefacto debe estar dentro del rango estipulado en la Normas Técnicas Colombianas (NTC). En referencia a esto, la presión del gas en la tubería está dentro del rango establecido en la NTC 3838, 2003.

Los parámetros de diseño y el dimensionamiento se realizaron teniendo en cuenta variables como: la potencia y el caudal de los equipos; las características de los gases utilizados (gravedad específica y poder calorífico); la selección del material de la tubería; la ubicación en los puntos de consumo de gas; la longitud de los tramos y longitud equivalente de los accesorios y la elaboración de isométricos (esquema en tres dimensiones); las presiones de diseño y operación y los tipos de equipos (NTC 3833, 2002). Los instrumentos, medidores, reguladores, válvulas, elevadores y filtros se seleccionaron teniendo en cuenta estos parámetros de diseño. Posteriormente se efectuó la búsqueda de los equipos disponibles comercialmente para garantizar la adecuación al diseño realizado.



La determinación del tipo de ventilación, se realizó de acuerdo con la potencia de los equipos y con el volumen del recito donde están instalados, lo que permitió definir si son espacios confinados o no confinados (NTC 3631, 2003). La ventilación, las válvulas de corte, su instalación visible y de fácil alcance hace parte de los aspectos de seguridad que deben tenerse en cuenta en el diseño, (NTC 3458). En el diseño de la red se estudiaron y evaluaron los sistemas de evacuación de productos de combustión, tales como chimeneas o campanas de extracción, de

acuerdo con los requerimientos estipulados en la norma, (NTC 3833, 2002).

3. Análisis de resultados

3.1 Cálculo del caudal

La potencia es una variable fundamental para determinar el caudal requerido para el diseño de la Red, en la Tabla 1, se presentan las potencias correspondientes a los equipos actualmente instalados y se proyectó en el diseño la utilización de una línea futura en la Planta de Etanol.

Tabla 1. Potencias de los Equipos Actualmente Instalados

Equipo1	Ubicación	Potencia (Kw)
Caldera, Tipo C	Planta de Etanol	392
Calentador, Tipo A	Planta de Etanol	20
Calentador, Tipo A	Escuela de Gastronomía	12
Fogón de Cuatro Puestos, Tipo A	Escuela de Gastronomía	16
Tres Cocinetas, Tipo A	Bloque Administrativo	12
Línea Futura	Planta de Etanol	100

Las fórmulas propuestas para redes industriales o comerciales, presión de diseño mayor de 70 mbar sin superar la Máxima Presión de Operación Permisible según la NTC3838, corresponden al modelo propuesto por Müller, Ecuación 1; y para redes residenciales, presiones menores o iguales a 70 mbar, al modelo de Pole, Ecuación 2, (E.P.M², 2000, Mejía, G, 1992).

$Q = \frac{0.13}{G^{0.425}} * \left[\frac{P_1^2 - P_2^2}{L} \right]^{0.575} * D^{2.725} \quad (1)$	$h = \frac{Q^2 * G * L}{(3.04 * 10^{-3})^2 * C^2 * D^5} \quad (2)$
---	--

² <http://www.eppm.com/epmcom/contenido/proveedores/instaladoresgas/NormatividadGas/guia%20diseño%20redes%20gas.doc>. s.f.

Donde:

h: Caída máxima de presión permisible al interior de la red. (5 mbar en redes con presiones menores a 70mbar).

Q: Caudal dado en (m³/h) bajo condiciones estándar.

G: Gravedad específica del gas natural = 0.6

L: Longitud total del tramo, m.

C: Factor C, constante de Pole (Tabla 2).

D: Diámetro interno de la tubería, mm. Según tablas de acondicionamiento de tuberías de gas. (Mejía G, 1992)

P1: Presión de entrada al tramo, bar.

P2: Presión de salida del tramo, bar, calculada a partir de la Ecuación (1)

$$P_2 = \left(P_1^2 - \frac{23.82 LQ^{1.739}}{D^{4.739}} \right)^{0.5} \quad (3)$$

El factor C se expresa en función del diámetro para el modelo de Pole (E.P.M, 2000, Mejía G.,1992, Naranjo A.,1997).

Tabla 2. Constante de Pole para el cálculo de pérdidas de presión

Diámetro Nominal (pulg)	Factor C
3/8 – 1/2	1,65
3/4 – 1	1,80
1 1/4 – 1 1/2	1,98
2	2,16
3	2,34
4	2,42

Los caudales se determinaron mediante la potencia del equipo a instalar en (KW) y el Poder Calorífico Inferior (PCI), 9.315 (KW-h/m³), (valor utilizado para instalaciones comerciales e industriales), los cuales se calculan a partir de la Ecuación 4. Los tramos y los valores del caudal se presentan en la Figura 1 y en la Tabla 4 respectivamente.

$$\left(\frac{P(\text{KW})}{\text{P.C.I} (\text{KW} \cdot \text{h} / \text{m}^3)} \right) \quad (4)$$

3.2 Selección del material de las tuberías

La selección del material de las tuberías se efectúa teniendo en cuenta los requisitos del diseño y la normatividad vigente, NTC 1746, 2249, 3944. La fórmula de Pole no es válida para la tubería flexible de acero inoxidable corrugada tipo Corrugated Stainless Steel Tubing (CSST) y por lo tanto, para el dimensionamiento de la red interna con esta tubería se utiliza la metodología y tablas aprobadas por la American Gas Association (AGA) y la National Fire Protection Association (NFPA) o las del fabricante y la NTC 4579.

Para el Diseño de la Red de Gas en el Politécnico se seleccionaron tres materiales: polietileno, para los tramos desde la estación de regulación y medición (ERM) hasta la regulación de segunda etapa (T2 y R5), acero comercial Sch 40³ para el área de servicios de la Planta de Etanol y del Bloque Administrativo y cobre para la Escuela de Gastronomía, Figura 2.

3.3 Longitud total del tramo de tubería (L)

La longitud total del tramo de tubería está constituida por la longitud real del tramo, más la longitud equivalente (L_e) de los accesorios instalados en dicho tramo. La longitud equivalente (m) de los accesorios se calculó con la Ecuación 5.

$$L_e = \frac{\left(\frac{\text{Rel. Longitud}}{\text{diámetro del tramo}} * \text{Ø interior en mm} \right)}{1000} \quad (5)$$

La longitud total (L) se compone de la longitud de los tramos rectos más la longitud equivalente de accesorios. La L_e se determina a partir de la relación longitud/diámetro para cada accesorio y se presenta en la Tabla 3 (Mott, 1996).

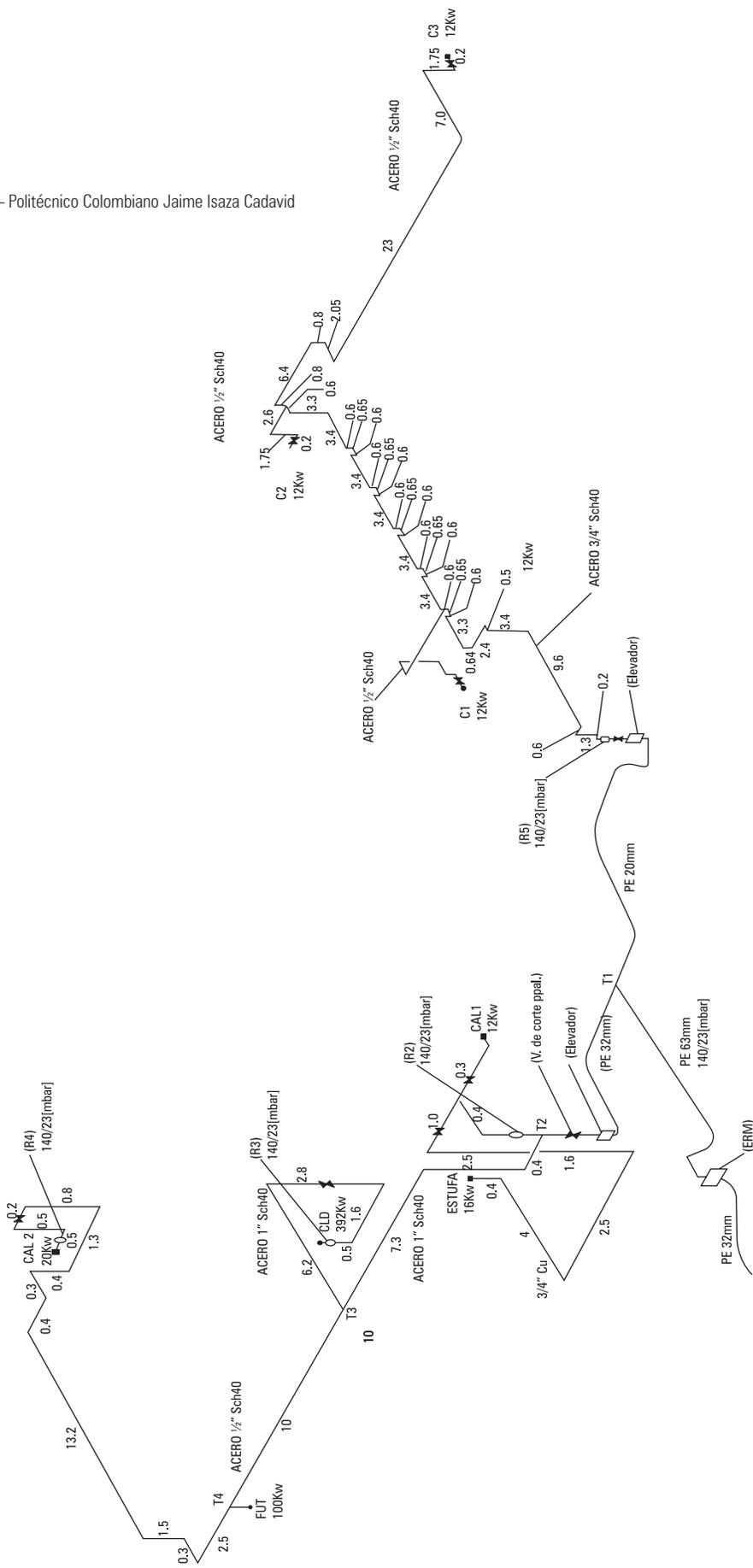
Tabla 3. Relación longitud / diámetro para Accesorios de la Tubería

Accesorio	Relación Longitud/Diámetro
Codo A 90°	30
Codo A 45°	14
TEE A 90°	60
TEE A 90°	20

De acuerdo con el Diseño de la Red, se determinaron los accesorios necesarios y se halló la longitud total de la tubería para cada tramo en donde se calcularon las pérdidas de presión generadas.

³ <http://www.minem.gob.pe/archivos/dgh/publicaciones/gasnatural/gasindustrial.pdf>.

Figura 2. Esquema en Tres Dimensiones de la Red de Gas – Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid



3.4 Diámetro nominal

La selección del diámetro nominal se realizó teniendo en cuenta las pérdidas y la velocidad del gas, la cual está en función del caudal, tamaño de tubería, presiones y temperaturas (estándar y de operación) y además el costo de los materiales. A partir del diámetro nominal y del material se determina el diámetro interior de la tubería. (Naranjo A., 1997; Mott, 1996).

3.5 Velocidad del gas

A partir de la ecuación de continuidad de la Mecánica de Fluidos, $v = Q/A$ (Mott, 1996), se obtiene la Ecuación 5, que permite calcular la velocidad en cada tramo, donde A es el Área de flujo, $A = \pi (D^2/4)$ y Q es el caudal estándar. Para las condiciones de temperatura y presión de Medellín, el cálculo de la velocidad se efectúa a partir de la Ecuación (6). (Mejía G., 1997)

$v_f = 353.7 \left(\frac{Q_{st}}{D^2} \right) \left(\frac{P_{st}}{P_f} \right) \left(\frac{T_f}{T_{st}} \right) \quad (5)$	$v_f = 366.443 \left(\frac{Q_{st}}{D^2} \right) \left(\frac{1}{P_f} \right) \quad (6)$
---	--

Donde:

- Q_{st} = Caudal estándar, m³/h
- P_{st} = Presión estándar, 1.01325, bar
- P_f = Presión del gas absoluta, bar
- T_{st} = Temperatura estándar, 288.71 K
- T_f = Temperatura del Gas, 295.2 K

La velocidad es un factor definitivo en la determinación del diámetro de la tubería, debido a que una baja velocidad conduce a un sobredimensionamiento y por lo tanto, a un sobrecosto y a una velocidad excesiva que ocasiona pérdidas de presión considerables en el sistema. Cuando se requiere de filtración del gas para brindar protección a los equipos como medidores, reguladores, quemadores que pueden presentar obstrucción para el flujo de gas, se admiten velocidades hasta de 40m/s, pues el filtro produce una caída de presión. Para sistemas sin filtro, la velocidad máxima recomendada es hasta de 20m/s.

3.6 Cálculo de pérdidas de presión

Una vez se han determinado los siguientes parámetros: potencias de los equipos, longitudes totales de cada tramo, determinación del tamaño y material de las tuberías, presiones y temperaturas de operación, se utilizan las ecuaciones de Müller o de Pole para dimensionar la Red de Gas, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Para presiones en la red menores o iguales a 70 mbar, la sumatoria de las pérdidas deben de ser menores a 5 mbar, de acuerdo con la fórmula de Pole.

- Cuando se trabajan con presiones mayores a 70 mbar, el porcentaje de la caída de presión debe de ser menor o igual al 10%⁴, y se calcula a partir de la Ecuación 7, utilizada para calcular las pérdidas permisibles.

$$\Delta P = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} * 100\% \leq 10\% \quad (7)$$

En las Tablas 4, 5, 6, 7 y 8, se presentan los resultados obtenidos para la Red Externa a la Estación de Regulación y Medición (ERM) en Polietileno; la Red Interna en Polietileno, la Red Interna - Planta de Etanol (Müller: P > 70 mbar), la Red Interna – Escuela de Gastronomía (Pole P ≤ 70 mbar) y la red interna-Bloque Administrativo (Pole P < 70 mbar) respectivamente.

Tabla 4. Cálculo de la Red Externa a la Estación de Regulación y Medición (PE 63mm)

Variable	Valor	Variable	Valor
Caudal del proyecto Q, m ³ /h	61.8	Presión P ₁ , bar	2.220
Longitud L, m	35	Presión P ₂ , bar	2.219
Diámetro de la tubería, mm	61.4 (PE 63) ¹	Velocidad v _f , m/s	=2.7
Gravedad Específica G	0.60	Caída de presión (Δp) Müller, %	0.4

¹ Diámetro nominal de la tubería en polietileno

Tabla 5. Cálculo de la Red Interna en Polietileno (Müller: P > 70 mbar)

Tramos	Q (m ³ /h)	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Presión 1 (bar)	Presión 2 (bar)	Caída Presión (%)	Velocidad (m/s)
ERM-T1	61.8	61.4 PE (63)	10	0.99	0.96	3	3
T1-T2	57.9	26.2 PE (32)	10	0.96	0.93	2.8	2.8
T1-R5	3.9	15.4 PE (20)	60	0.96	0.94	2	2

Tabla 6. Cálculo de la Red Interna - Planta de Etanol (Müller: P > 70 mbar)

Tramos	Material	Q (m ³ /h)	D (mm)	L(m)	Codo 90	Te 90	Te 180	L total	P1 (bar)	P2 (bar)	Caída de presión (%)	Velocidad (m/s)
T2-T3	Acero	54.88	26.64 (1")	9.8	2	0	0	1.60	0.9330	0.9055	3.0	30.3
T3-R3	Acero	42.08	26.64 (1")	11.1	3	1	0	13.60	0.9055	0.8770	3.1	24.0
T3-T4	Acero	12.90	15.8(1/2")	10.0	0	0	1	10.32	0.9055	0.8800	2.7	20.5
T4-R4	Acero	2.14	15.8(1/2")	21.9	11	0	1	27.40	0.8800	0.8760	0.3	3.60

⁴ Con este valor se asegura un análisis dimensional seguro de la red, sin embargo otros expertos pueden trabajar con un porcentaje un poco mayor.

Tabla 7. Cálculo de la Red Interna – Escuela de Gastronomía (Pole: P < 70 mbar)

Tramos	Material	Q (m ³ /h)	D (mm)	L (m)	Codo 90°	Te 90°	Te 180°	L total	Velocidad (m/s)	h (mbar)
R2-CAL1	Cobre	1.30	19.94	1.10	2	1	0	3.5	1.37	0.04
R2-ESTUFA	Cobre	1.72	19.94	10.3	5	1	0	14.5	1.82	0.28

Tabla 8. Cálculo de la Red Interna - Bloque Administrativo (Pole: P < 70 mbar)

Tramos	Material	Q (m ³ /h)	D (mm)	L(m)	Codo 90	Te 90	Te 180	L total	Vel (m/s)	h mbar	h Acumulada
R5-T1	Acero	3.9	20.93 (3/4")	23.49	11	0	0	30.39	3.75	2.31	2.31
T1-C1	Acero	1.3	15.80 (1/2")	4.80	5	1	0	8.43	2.20	0.24	2.55
T1-T2	Acero	2.6	20.93 (3/4")	25.54	19	0	1	37.94	2.50	1.28	3.59
T2-C2	Acero	1.3	15.8 (1/2")	4.55	2	1	0	6.76	2.19	0.20	3.79
T2-C3	Acero	1.3	15.8 (1/2")	42.00	8	1	0	46.74	2.20	1.33	4.92

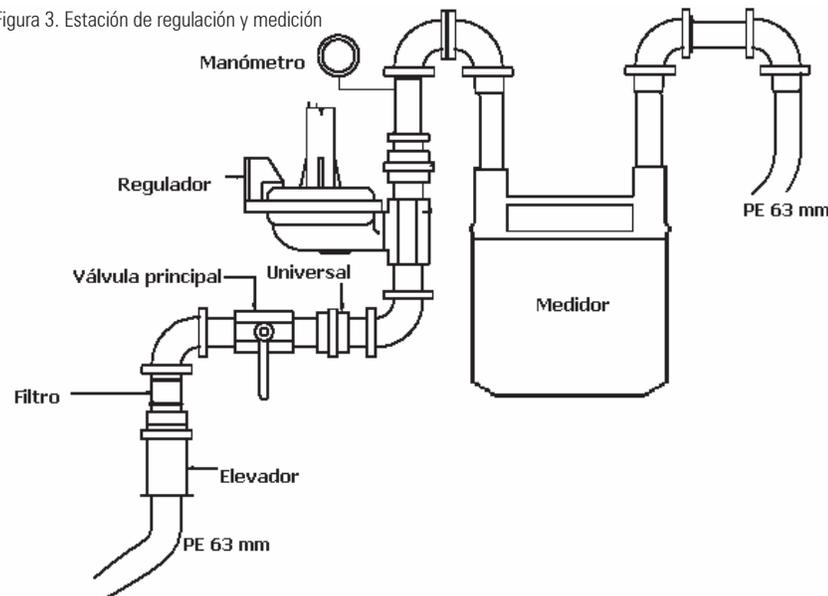
3.7 Selección de la estación de regulación y medición

La estación de regulación y medición está conformada por el medidor de gas, el regulador de presión de primera etapa, el filtro, la universal y la válvula de corte, necesarios para la conexión de estos elementos a la acometida interior. (Figura 3).

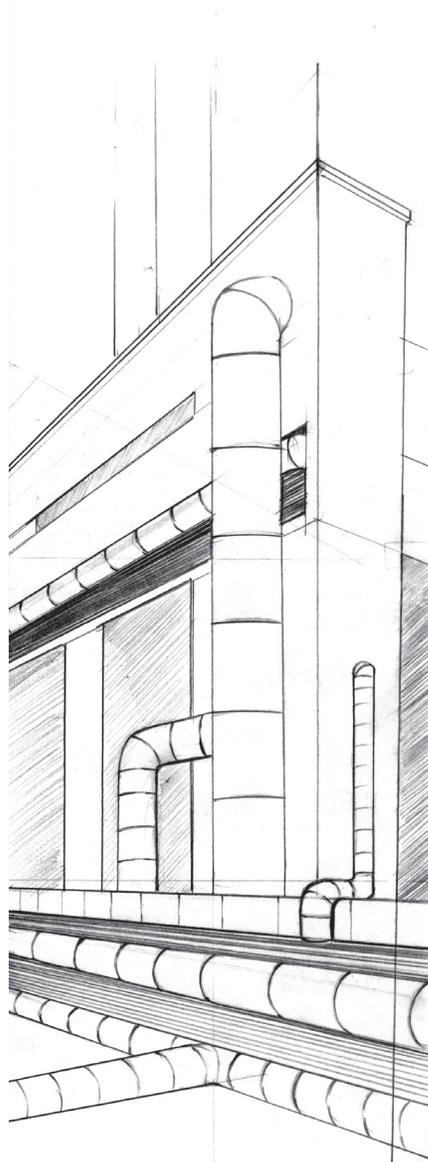
El medidor seleccionado es de tipo rotativo porque el caudal de la Red es mayor de 40m³/h, los reguladores de primera etapa van a tener presiones de entrada de 1 – 4 bar

y la presión de salida (presión de medición) es de 140 mbar, con diámetro de conexión de 2" de entrada y salida, con protección por sobrepresión, manómetro (con un rango de: 0-2 psi), la válvula de corte principal es esférica y se instalará inmediatamente después del elevador que hará la transición entre el polietileno y la tubería metálica. Se seleccionó un filtro para 50μm de tamaño nominal de 2", el cual resiste gases de las tres familias, índice de Woobe (Mejía C., 1997)⁵.

Figura 3. Estación de regulación y medición



⁵ Las características técnicas de los equipos se seleccionaron a través de la revisión de los catálogos de los fabricantes.



■ La ventilación se clasifica dependiendo de si el volumen de gas es menor (de espacio confinado) o mayor igual o (de espacio no confinado) a 3.4 m³ por cada Kw de potencia conjunta de los artefactos a gas instalados en el recinto.

Los reguladores de segunda etapa tienen presiones de entrada máximo de 140mbar y de salida de 23 mbar, con caudales según la demanda de las áreas que aparecen en las Tablas 6-8.

Los instrumentos tienen las especificaciones técnicas que cumplen con las normas necesarias de seguridad y con las características ade-

cuadas para el diseño, es decir, cuentan con la adaptación simple al proceso por sus dimensiones y diámetros de entrada y salida, buena exactitud, resistentes a la corrosión, luz solar, cambios de humedad y agentes de limpieza durante su vida útil, de manera que se busca con ellos obtener los mejores rendimientos y las menores pérdidas de presión.

3.8 Ventilación

En el diseño de la Red de Gas es importante definir el tipo de ventilación para los recintos donde están ubicados los equipos, (NTC 3631, 2003). La ventilación se clasifica dependiendo de si el volumen de gas es menor (de espacio confinado) o mayor igual o (de espacio no confinado) a 3.4 m³ por cada Kw de potencia conjunta de los artefactos a gas instalados en el recinto. En el espacio confinado se requiere diseñar el tipo de ventilación dado por la relación 6 cm² de área por cada kilovatio de potencia nominal instalada 6 cm²/KW y cuando se comunica con el exterior, la abertura debe tener un área libre no menor de 11cm² por cada KW de potencia nominal instalada conjunta (NTC 3631, 2003). En el diseño de la Red de Gas para el Politécnico se encontró estos tipos de espacios: confinado y confinado con ventilación directa (Bloque Administrativo), no confinado (Planta de Etanol y Escuela de Gastronomía).

3.9 Algoritmo de cálculos

Se utilizó el paquete de programación C++, para crear un programa que diseña redes internas de gas, en el cual el usuario ingresa los valores correspondientes a las variables: longitud real, potencia del artefacto a instalar, presión de entrada al tramo, accesorios en la tubería y diámetro, las cuales son necesarias para realizar un diseño funcional y que cumpla con la normatividad establecida por EPM para la aprobación del Diseño. A partir de estos datos el programa arroja el valor de la velocidad del gas, el caudal

requerido, la longitud total de cada tramo, las pérdidas de presión en la tubería para la modelación mediante la fórmula de Pole, el porcentaje de caída de presión para la modelación con Müller, y además indica fallas en el dimensionamiento.

3.10 Evaluación del diseño para la Red de Gas

Una vez realizado el Diseño de la Red, se efectúa la solicitud de estudio por parte de Empresas Públicas de Medellín (EPM), que requiere la información general del diseño de acuerdo al formato ATG 001⁶ y los planos (isométricos con detalles y vistas en planta). En la oficina de Proyectos de la Subgerencia Construcción de Redes se revisa la documentación y se realizan las sugerencias si se requiere realizar alguna corrección en el Diseño. Si éste cumple con las especificaciones técnicas, el ingeniero responsable o su asistente procede a aprobarlo y se inicia la construcción de la red. Tanto el diseñador como el instalador deben mantener una comunicación continua con la dependencia mencionada, y una vez finalizados los trabajos y recibidos por EPM se entrega un acta con las pruebas de hermeticidad en el formato FC-001.17, para asegurar que no se presenta ninguna fuga en la Red. Por último, se procede a la puesta en servicio y posterior certificación conforme a la normatividad vigente.

Para el presente proyecto se realizaron las etapas descritas para su evaluación por parte de EPM, y fue aprobado el diseño de la red de gas natural para el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid el 12 de septiembre de 2006. La vigencia para su construcción es de un año a partir de la fecha de aprobación.

4. Conclusiones

- Se diseñó la red de gas natural de acuerdo con las Normas Técnicas Colombianas (NTC)

y según la "Guía de las Empresas Públicas de Medellín, para el suministro de gas natural para el Área de Servicios - sala de calderas de la Planta de Etanol, la Escuela de Gastronomía y el Bloque Administrativo del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

- El modelo para el diseño de la Red de Gas Natural puede ser utilizado como base para redes de características similares, industriales o comerciales o para redes residenciales. De igual manera, los resultados del proyecto se constituyen como una guía académica para el desarrollo de procesos inherentes a las técnicas de medición, transporte, regulación y aplicaciones en el manejo del gas.
- Como un valor agregado al área del manejo del gas natural, se diseñó un programa que permite sistematizar las variables fundamentales en el cálculo y análisis dimensional de las Redes de Gas Natural y evaluar la funcionalidad y la viabilidad económica del diseño.

Trabajos Futuros

- Una vez se cuente con el gas a cero metros en la Sala de Calderas de la Planta de Etanol, se continuará con el proyecto de conversión de ACPM a gas natural de la caldera de la planta, lo cual, reducirá costos de operación y mantenimiento, garantizará que haya combustible disponible permanentemente para la realización de las prácticas académicas y se contará con un combustible de menor impacto al medio ambiente.
- La experimentación con la aplicación del gas natural en equipos diseñados por los estudiantes y profesores en el desarrollo de sistemas de medición, transmisión, monitoreo, control y análisis de la combustión y sus productos.

⁶ Suministrado por la Subgerencia Construcción Redes Gas, Empresas Públicas de Medellín

Referencias

1. ACIEM. Curso "Diseño y Construcción de Redes para la Distribución de GLP y GN." Asociación Colombiana de Ingenieros Eléctricos, Mecánicos y Electrónicos y Ramas afines. Medellín, 1997.
2. ALVARADO, Juan y JIMENEZ, Octavio. *Principios Básicos para la Instalación de Redes Internas de Gas*. Ediciones de la tekhné, Instituto Tecnológico Metropolitano. s.f.
3. BEDOYA, Carlos Mauricio, GONZÁLEZ ZAPATA Juan Felipe. *Guía Didáctica para el Análisis Dimensional de Redes a Gas "De la resistencia anaranjada a la llama azul"*, Bioconstrucción-ecomateriales-energía Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Arquitectura. Escuela de Construcción Sede Medellín 2003.
4. CENGEL, YUNUS A. y BOLES, MICHAEL A. *Termodinámica* Tomo I. Segunda edición. Mc Graw Hill: 2ª Edición. 1996.
5. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN, EEP. *Documento Amigo del Cambio. Unidad de Comunicaciones y Relaciones Corporativas*. Medellín. Mayo, 1998.
6. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN, EEP. *Seminario de Actualización en Servicios Públicos. Conversión de Calderas y Hornos a Gas*. Mayo, 2000.
7. GIL, Edison; GÓMEZ, Elías y AMELL, Andrés. *Combustión del Gas Natural y Quemadores Industriales*. Módulo 4. Universidad de Antioquia. 1998.
8. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 3631. *Ventilación de recintos Interiores donde se instalan Artefactos que Emplean Gases Combustibles para Uso Doméstico, Comercial e Industrial*. 26/08/2003
9. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 1746. *Plásticos. Tubos de polietileno para conducción de gases a presión*. 17/03/1999
10. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 2249. *Tubos de acero al carbono con o sin costura para usos comunes, aptos para ser roscados*. 09/05/1989
11. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 3944. *Tubería rígida de cobre sin costura. Tamaños normalizados*. 21/08/1996
12. JONES, J. B. y DUGAN, R. E. *Ingeniería Termodinámica*. Prentice-Hall. Hispanoamérica. S.A. 1997.
13. MACEA B, Francisco. *Aprovechamiento en Colombia del Gas Natural (GN) y del Gas Licuado del Petróleo (GLP)*. Centro General de Investigaciones. U. de M. 1990.
14. MÁRQUEZ MARTÍNEZ. *Combustión y Quemadores. Serie Productiva*. Marcombo S.A. Barcelona, España. 1992.
15. MEJÍA CANO, Guillerme. *Apuntes para el diseño de redes de gas*. 696.2, M516, Ej.1 Cap.5, p.38. Colección Universidad de Medellín, 1992
16. MORALES GARCÍA, Yofre Iván. *Elaboración de diseño integral de red para gas natural complejo norte del sena (Centro Metalmeccánico, Centro Nacional de la Construcción y Centro Nacional Textil)*. Trabajo de grado Servicio Nacional de Aprendizaje Centro Nacional de la Construcción Tecnología de Gas Medellín, 2004.
17. MOTT, Robert. *Mecánica de Fluidos Aplicada*. Prentice-Hall. Hispanoamericana S.A. 4ª edición. 1996.
18. NARANJO, Abel A. *Flujo de gas bajo condiciones estables* 696.2 - N218. Asociado Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín
19. National Fire Protection Association. NFPA/2006. *Manual de Protección Contra Incendios*.
20. *North American Combustion Handbook*. Volumen I. Third Edition. Cleveland, U.S.A. 1986.
21. SERWAY, Raymond. *Física*. Tomo 1. Cuarta edición. Mc Graw Hill 2000.
22. Secretariado de la UNCTAD según datos de BP Amoco, *Statistical Review of World Energy*. 2005.
23. WARK, Kenneth. *Termodinámica* 5ª Edición. Mc Graw Hill. 1991.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero suministrado por el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid - Coordinación de Investigaciones de Facultades y Posgrados. Proyecto: Diseño de la Red de Gas Natural para el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con énfasis en la acometida hacia la Planta de Etanol, área de servicios, 2005