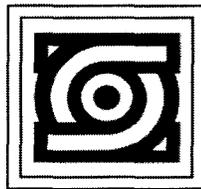


NÚMERO 121

JUAN ROSSELLÓN

División óptima de la zona Metropolitana  
de la ciudad de México para fines de  
distribución de gas natural

2001



**CIDE**

[www.cide.edu](http://www.cide.edu)

• Las colecciones de **Documentos de Trabajo** del CIDE representan un medio para difundir los avances de la labor de investigación, y para permitir que los autores reciban comentarios antes de su publicación definitiva. Se agradecerá que los comentarios se hagan llegar directamente al (los) autor(es).

• D.R. ©2001. Centro de Investigación y Docencia Económicas, carretera México-Toluca 3655 (Km. 16.5), Lomas de Santa Fe, 01210, México, D.F.  
Tel. 5727•9800 exts. 2202, 2203, 2417  
Fax: 5727•9885 y 5292•1304.  
Correo electrónico: publicaciones@cide.edu  
www.cide.edu

• Producción a cargo del (los) autor(es), por lo que tanto el contenido así como el estilo y la redacción son su responsabilidad.

## Í N D I C E

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>6</b>
2.1 ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE ZONIFICACIÓN	6
2.2 REVISIÓN ANÁLITICA	7
2.3 EFICIENCIA PRODUCTIVA: COSTOS UNITARIOS.	15
2.4 COMPETENCIA EN SERVICIOS	20
2.5 EFICIENCIA TÉCNICA.	22
<b>3. APLICACIÓN AL CASO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.</b>	<b>30</b>
3.1 DELIMITACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA GEOGRÁFICA	30
3.2 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS UNITARIOS	40
<b>4. CONCLUSIONES</b>	<b>77</b>
4.1 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS	77
4.2 COMPETENCIA EN LA PRESTACION DE SERVICIOS	79
4.3 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	80
4.4 CONSULTAS PÚBLICAS	80
4.5 DECISION FINAL	81
<b>ANEXO 1</b>	<b>84</b>
<b>ANEXO 2</b>	<b>92</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>99</b>

## 1. *Introducción*<sup>1</sup>

El sector del gas natural en México ha sufrido recientemente un profundo proceso de reforma estructural. Esta reforma, iniciada en 1995, permite la inversión privada en transporte, almacenamiento y distribución de gas pero mantiene el monopolio de Pemex en la producción. La implementación de esta reforma requirió que la autoridad regulatoria de México, la Comisión Reguladora de Energía (CRE), tomara diversas decisiones específicas con respecto a variables tales como: regulación de precios y tarifas, grado de integración vertical, acceso abierto a los sistemas de transporte y distribución, puenteo físico y comercial en las zonas de distribución, restricciones al comercio exterior, criterios de asignación en procesos de licitación y mercados secundarios de capacidad, entre otras<sup>2</sup>.

Una de las decisiones mas importantes tomadas por la CRE en este proceso de reforma fue respecto al modelo general de desarrollo para la distribución de gas natural en México. Las autoridades reguladoras mexicanas decidieron promover los sistemas de distribución a través de monopolios temporales en cada una de las distintas zonas geográficas.<sup>3</sup> Estas zonas se licitarán y el ganador gozará de un período de exclusividad de doce años en el cual él será el único agente que podrá distribuir gas natural en su zona. El servicio de distribución de gas natural tiene características de monopolio natural por lo que es regulado por una metodología de precios máximos.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Este documento fue elaborado por un equipo de trabajo de la Comisión Reguladora de Energía, del cual el editor formó parte.

<sup>2</sup> Para una descripción detallada de estas decisiones consultar Rosellón (1995) e International Energy Agency (1996)

<sup>3</sup> Sin embargo, la comercialización del gas, como un bien económico, dentro de una zona geográfica de distribución constituye un mercado potencialmente competitivo donde las ventas de gas del distribuidor compiten con las de otras compañías comercializadoras. Por lo tanto, cuando existen suficientes jugadores en dicho mercado, un rol primario de la regulación es asegurar que no existen barreras artificiales a la entrada que obstaculicen la competencia. Bajo condiciones especiales, la competencia en las ventas de gas puede ser escasa si no hay suficientes comercializadores o combustibles alternativos. En tal circunstancia, la compañía que ostente la exclusividad en distribución podría ser el único proveedor de usuarios cautivos. La regulación del gas natural en México también contempla la protección de estos usuarios mediante una metodología de Precios de Adquisición (ver Rosellón (1997), capítulo 3)

<sup>4</sup> Ver Rosellón 1997, capítulo 2.

No obstante, en zonas geográficas muy extensas, o densamente pobladas, existe un problema adicional relacionado con la exclusividad. Si ésta es otorgada a una sola compañía, las economías de escala generadas pueden ser muy atractivas pero la regulación de un “megamonopolio” es muy complicada. Si en cambio la zona es subdividida, las economías de escala pueden disminuir pero se incrementa la información para una regulación por comparación del desempeño de las diversas compañías.

En este estudio se presentan los elementos considerados por la CRE para subdividir el área geográfica de la Ciudad de México. Esta decisión requirió considerar aquellas variables que afectan las economías de escala y el flujo de información para regular así como elementos de otro tipo tales como características técnicas de la zona y potencial de competencia en mercados accesorios a la distribución de gas natural. El resultado de este estudio es que la zonificación óptima para la ZMCM es una muy natural: dos zonas en la que una zona es el Distrito Federal y la otra se conforma de los municipios conurbados. Por lo tanto, este trabajo representa una feliz (pero rara) ocasión en la que la intuición coincide plenamente con el análisis científico de la realidad.

La principal variable relacionada con la escala de producción que se analiza en este estudio es el costo por unidad. Intuitivamente, esta variable debe disminuir con el tamaño o escala de una zona para un sector con una tecnología subaditiva en costos. En las secciones 2.3, 3.2 y 4.1 de este trabajo, se desarrolla un modelo detallado que corrobora esta intuición. Este modelo parte de estimar los coeficientes de funciones de costo y demanda para el mercado de Estados Unidos con el fin de utilizarlos para estimar demanda y costos unitarios para el área geográfica de la Ciudad de México. Este ejercicio se realiza para distintas opciones de zonificación.

Sin embargo, los costos unitarios no deben ser la única variable que el regulador debe considerar en la decisión de en cuantas zonas debe dividirse una megalópolis como el área geográfica de la Ciudad de México, ya que también es importante considerar el flujo de información asociado con un mayor número de zonas. Esta información permite que el regulador pueda establecer una referencia (o *yardstick*) con la cual comparar el desempeño de las compañías en cada zona. Asimismo, la decisión sobre el número de zonas puede tener implicaciones sobre el riesgo financiero de los proyectos, la promoción de competencia en segmentos relacionados con la distribución de gas natural y la velocidad del desarrollo del proyecto. Entre mas zonas mayor será la competencia y más rápido el desarrollo de los sistemas de distribución, pero mayor será también el nivel de riesgo e incertidumbre. En las secciones 2.4 y 4.2 analizamos estos factores adicionales a los costos unitarios para el caso del área geográfica de la Ciudad de México.

Otro elemento que se consideró en la decisión de zonificación fue con respecto a las características de la infraestructura de distribución existentes en la Ciudad de México. Esto es, la partición del área geográfica debe considerar los

efectos sobre el sistema existente de distribución, ya que el número, y la delimitación específica, de las zonas puede afectar el funcionamiento de dicho sistema. Asimismo, las zonas técnicas de riesgo de la ciudad deben también tomarse en cuenta. Los elementos de tipo técnico e infraestructural se estudian en las secciones 2.5, 3.1 y 4.3

Este trabajo está organizado lógicamente en tres capítulos. El capítulo 2 presenta los elementos de tipo teórico con respecto a teoría de regulación, costos unitarios, competencia en servicios y flujo de información, y eficiencia técnica que sustentan el estudio. En el capítulo tres se presenta la descripción detallada de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).y se realiza la aplicación del modelo de costos unitarios al caso específico de esta zona. Finalmente, el capítulo cuatro presenta las conclusiones con respecto al número óptimo y delimitación de zonas de la ZMCM. Es pertinente notar que la decisión final con respecto al número de zonas en la ZMCM también rescató la opinión de los participantes en la industria. Esta opinión se presenta la sección 4.4.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1 Aspectos Teóricos Sobre Zonificación**

El propósito de este capítulo es describir los principales fundamentos teóricos que se consideraron para la zonificación de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). En general, los efectos originados por un mayor o menor número de zonas incluyen:

- Mas zonas proveen mayor información para regular a varios monopolios regionales;
- Menos zonas permiten mayores economías de escala;
- La eficiencia técnica también puede ser afectada por el número de zonas, y
- La competencia en servicios relacionados a la prestación del servicio de distribución puede incrementarse con el número de zonas.

Por lo tanto, la decisión de zonificación consiste en encontrar un número óptimo de zonas que concilie la eficiencia productiva, la eficiencia técnica, y la eficiencia distributiva. El número óptimo de zonas debe ser tal que las zonas resultantes provean suficiente información para una regulación que optimice el bienestar social y que implique costos mínimos por unidad de prestación del servicio. Asimismo, el número óptimo de zonas debe propiciar un diseño técnico adecuado a las características geográficas, un aprovechamiento eficiente de la infraestructura existente y la generación de competencia en servicios relacionados (conexiones, lectura de medidores, facturación y reparación y mantenimiento de equipos). Además, la decisión de zonificación debe considerar los efectos sobre el riesgo financiero de un proyecto de distribución.

La metodología de regulación es fundamental en la determinación de la eficiencia productiva. En particular, la existencia de diversas compañías similares permite la regulación por comparación o “yardstick”, la creación de competencia en mercados relacionados con la distribución de gas natural así como el incremento en la velocidad de desarrollo del sistema de distribución. Esto, a su vez, impacta positivamente al excedente del consumidor.

En las siguientes secciones se efectúa un análisis de los principales elementos teóricos que fundamentan las decisiones de zonificación de la ZMCM. En primer término, se realiza una revisión del modelo canónico de regulación y su aplicación a la zonificación. Esta aplicación presenta a un regulador que usa la variable zonificación para optimizar el bienestar social sujeto a dar incentivos de eficiencia a las empresas. El regulador cuenta con información incompleta con respecto a variables exógenas y endógenas de las empresas reguladas.

La sección 2.3 estudia los efectos de la zonificación sobre la eficiencia productiva. En particular, se presenta un modelo que permite analizar los costos

unitarios asociados con distintos números de zonas. Este modelo realiza una estimación de la demanda en un área geográfica y después incorpora esta estimación a una función de costos. Al variarse el número de zonas, el modelo arroja datos sobre costos unitarios de empresas de distribución típicas. Estos datos proveen información con respecto al efecto de la zonificación sobre el nivel mínimo de costos unitarios y, por ende, sobre las tarifas para los consumidores.

En la sección 2.4, se abordan otros criterios -- adicionales a los costos unitarios -- que deben considerarse en la decisión de zonificación. Por ejemplo: criterios de velocidad de desarrollo del sistema, riesgo financiero, competencia en servicios relacionados, e información sobre el desempeño comparado entre distribuidores. La sección siguiente describe los elementos de tipo técnico y su impacto sobre el desarrollo de los sistemas de distribución, así como los elementos de la infraestructura existente que deben ser aprovechados por los nuevos sistemas.

Finalmente, ya que una decisión de zonificación debe considerar experiencias en otros países e industrias, este capítulo termina analizando algunas lecciones de zonificación relevantes al caso de la distribución en la ZMCM.

## 2.2 *Revisión Análítica*

La justificación más moderna para la regulación de una firma con poder de mercado es aportada por la teoría de la economía de la regulación. Esta teoría -- que es la cara pública de la nueva teoría de la regulación (como se sintetiza en textos como Tirole (1988))-- analiza las interacciones entre los agentes económicos en condiciones de información imperfecta. De acuerdo a la economía de la regulación, la estructura de la relación entre una agencia reguladora y una empresa regulada es isomorfa al paradigma "principal-agente".<sup>5</sup> El agente manipula su información privada para maximizar sus beneficios y evadir las acciones del principal. En este contexto, la misión del regulador es hacer que el agente se comporte de manera competitiva y, al mismo tiempo, redistribuir las rentas monopólicas y reducir la incertidumbre y el riesgo en la economía.

El modelo canónico de regulación se fundamenta en los siguientes supuestos:

- La regulación esta sujeta a selección adversa (representada por el parámetro  $\beta$ ), y a riesgo moral (representado por el parámetro de esfuerzo  $e$ );
- El costo  $C$ , las cantidades y los precios son observables. Sin embargo, el regulador no puede apreciar el origen de los varios componentes de este costo;

<sup>5</sup> Laffont and Tirole (1993).

- $C$  es tal que:  $C_\beta > 0$  (un nivel mayor del parámetro de selección adversa  $\beta$  representa un nivel de ineficiencia de la empresa mas alto),  $C_e < 0$  y  $C_{ee} < 0$  (el esfuerzo reduce el costo a una tasa decreciente);
- La empresa puede abstenerse a producir si el contrato regulatorio no le asegura un nivel no negativo de renta  $U$ ;
- El regulador puede efectuar transferencias monetarias a la empresa;
- Tanto la empresa como el regulador son neutrales al riesgo con respecto al ingreso;
- El gobierno recibe los ingresos  $R(q)$  de la empresa, cubre los costos de la empresa  $C$  y transfiere una cantidad monetaria neta  $t$  a la empresa;
- La renta  $U$  de la firma es igual a la suma de la transferencia neta menos la desutilidad causada por el esfuerzo;
- El regulador financia las transferencias mediante impuestos distorsionantes. Esto es existe un costo sombra  $\lambda$  de los fondos públicos;
- El regulador es benevolente en el sentido que no es capturable (no tienen preferencias propias) y que, en la función de bienestar, tiene predilección por maximizar el excedente por encima de la renta de las empresas, y
- El regulador diseña el contrato regulatorio por si mismo.

A partir de estos supuestos, el problema que enfrenta el regulador (el principal) es:

$$\text{Max}_{\beta} \int_{\underline{\beta}}^{\bar{\beta}} \{S(\theta, s, q) - R(q) - (1 + \lambda)\hat{t} + EU\} dF(\beta)$$

sujeto a

$$U = \psi(e) \frac{C_\beta}{C_e}$$

$$U(\beta) \geq 0, \beta \in [\underline{\beta}, \bar{\beta}]$$

donde:

$S(\theta, s, q)$  : utilidad de los consumidores en función de la producción  $q$ ;

$R(q)$  : ingreso de la firma por la venta de su producción  $q$ ;

$EU = \hat{t} + R(q) - C(\beta, e, q) - \psi(e, s)$  : valor esperado de la utilidad de la firma;

$\psi(\bullet)$  : función de desutilidad del esfuerzo;

$\hat{t}$  : transferencias del regulador a la firma;

$\lambda$  : costo social de los fondos públicos debido a una política fiscal distorsionadora;

$q$  : vector de los  $n$  productos  $q_1, q_2, \dots, q_n$  producidos por la firma;

$\beta$  : parámetro de selección adversa;

$e$  : parámetro de riesgo moral (típicamente esfuerzo);  
 $\theta$  : información privada de la firma o de los consumidores;  
 $s$  : nivel de esfuerzo de la firma o de los consumidores;  
 $F(\beta)$  : función de distribución de  $\beta$  en el intervalo  $[\underline{\beta}, \bar{\beta}]$ .

En palabras, lo que el regulador busca es maximizar el bienestar social -- medido como la suma de la utilidad de los consumidores y el valor esperado de la utilidad de la firma (el agente) -- sujeto a restricciones de incentivos a la eficiencia (primera restricción) y de racionalidad individual de la firma (segunda restricción). La maximización se efectúa sobre el intervalo  $[\underline{\beta}, \bar{\beta}]$  de posibles niveles de eficiencia de la firma. La variable instrumental del problema de control óptimo es el nivel de esfuerzo  $e$ .

Los resultados del modelo canónico indican que la regulación óptima puede ser alcanzada mediante un mecanismo en el cual el regulador ofrece una transferencia a la firma la cual se autoselecciona mediante la elección de un nivel de costos. A través de este mecanismo de contratos "transferencia-costo", la firma revela su nivel real de eficiencia (representado por el parámetro  $\beta$  de selección adversa) y, en el óptimo, se comportará conforme a dicho nivel. El "principio de revelación" establece que cualquier método óptimo de regulación es equivalente a un mecanismo de revelación<sup>6</sup>. En ausencia de transferencias, los incentivos para revelar el nivel real de eficiencia pueden proveerlos instrumentos "segundo mejor" tales como precios.

### Modelos "Yardstick"

Uno de los problemas fundamentales del regulador es la carencia de información con respecto a las características tecnológicas de las empresas reguladas. El regulador no puede observar ni inferir muchos aspectos del comportamiento de la empresa por lo que ésta puede aprovechar su información privada para incrementar su poder estratégico de mercado. Para controlar el poder de mercado de las empresas, el regulador puede establecer un régimen que promueva la competencia efectiva o potencial mediante el incremento de la información disponible sobre los agentes regulados.

En el caso de un área geográfica, el incremento del número de zonas permite comparar el desempeño de las compañías exclusivas a cada zona. Tal comparación

<sup>6</sup>Laffont (1994), pp. 513-520. Ver también Laffont (1989), en donde se presenta una versión mas general del principio de revelación: "Para cualquier mecanismo que implementa una función de elección social existe un mecanismo directo que implementa por revelación dicha función".

incrementa la información del regulador con respecto a las empresas en cada zona, permite que los precios reflejen costos competitivos, y ejerce una mayor presión sobre el desempeño eficiente de las empresas. Una regulación por comparación o "yardstick" establece un precio máximo a una empresa que depende del desempeño de otra empresa.

Un marco teórico para estudiar los efectos de una regulación por yardstick se obtiene mediante una aplicación del modelo canónico de regulación. Supóngase dos empresas  $i, j$  que operan en mercados independientes y que producen una unidad del mismo producto. La demanda por cada uno de los productos es inelástica y unitaria.

El costo de la empresa  $i$  por producir una unidad del este producto es:

$$c_i = \theta_i - e_i$$

donde:

$\theta_i$ : parámetro de costos conocido solamente por la empresa  $i$ , y

$e_i$ : parámetro que mide el nivel de esfuerzo por parte de la empresa  $i$ .

No obstante que el parámetro  $\theta_i$  es información privada de la empresa, el regulador posee la información siguiente:

$$E(\theta_i) = E(\theta_j) = \mu;$$

$$Var(\theta_i) = Var(\theta_j) = \sigma^2, \text{ y}$$

$$Cov(\theta_i, \theta_j) = \rho\sigma^2.$$

donde:

$\rho$ : un parámetro que mide el grado de correlación positiva entre los parámetros de costos ( $0 \leq \rho \leq 1$ ).

La metodología de regulación de precios "yardstick" para cada empresa depende de los costos de ambas empresas:

$$P_i(c_i, c_j) = \bar{P} + (1 - \rho) c_i + \rho k c_j$$

donde:

$\bar{P}$ : es un precio de referencia,

$\rho$ : parámetro que mide el nivel de sensibilidad de su propio costo de traslado,

$k$ : parámetro que mide la sensibilidad del precio de una empresa con respecto al costo de la otra empresa.

Esto es, el regulador fija el precio de la empresa  $i$  en función a los costos de la empresa  $j$  ya que estos costos revelan información del nivel de esfuerzo de la empresa  $i$ . El costo del esfuerzo para la firma  $i$  es una función  $\psi(e_i) = e_i^2/2$  tal que  $\psi' > 0$ ,  $\psi'' > 0$ . Adicionalmente, las empresas son adversas al riesgo y su renta es:

$$E(\pi_i) - \frac{1}{2}\gamma\text{Var}(\pi_i).$$

donde:

$\gamma$ : parámetro que mide el grado de aversión al riesgo.

El objetivo del modelo es encontrar las magnitudes  $\rho$  y  $k$ ; esto es, el peso que los costos propios de la empresa  $i$  y los costos de la empresa  $j$  tienen sobre el precio del producto de  $i$ . En las siguientes líneas se efectúan los desarrollos que permiten encontrar el valor óptimo de estas variables.

El beneficio de la empresa  $i$  sujeto a la metodología "yardstick" es:

$$\pi_i = \bar{P} - \rho(\theta_i - e_i) + \rho k(\theta_j - e_j) - e_i^2/2$$

Por lo que la esperanza y la varianza de los beneficios de la firma  $i$  son:

$$E(\pi_i) = \bar{P} - \rho(\mu - e_i) + \rho k(\mu - e_j) - e_i^2/2, \text{ y}$$

$$\text{Var}(\pi_i) = \rho^2\sigma^2(1 - 2kr + k^2)$$

Por lo tanto, el problema de optimización de cada empresa es:

$$\text{Max}_{e_i} \quad \bar{P} - \rho(\mu - e_i) + rk(\mu - e_j) - e_i^2/2 - \frac{1}{2}\gamma\rho^2\sigma^2(1 - 2kr + k^2)$$

donde se obtiene el nivel óptimo de esfuerzo de ambas empresas

$$e^* = \rho$$

y el valor máximo de la utilidad esperada

$$\bar{P} - \rho(1 - k)(\mu - \rho) - \frac{1}{2}\rho^2 - \frac{1}{2}\gamma\rho^2\sigma^2(1 - 2k\rho + k^2)$$

Ahora bien, el objetivo del regulador es minimizar la suma esperada de los precios, considerando que las firmas están dispuestas a participar si aseguran por lo menos un nivel de utilidad reservado  $\pi_1$ , esto es:

$$\text{Min}_{\rho, k} E(\pi_i + \pi_j) = 2[\bar{P} + (1 - r + rk)(\mu - r)]$$

sujeto a:

$$\bar{P} - \rho(1 - k)(\mu - \rho) - \frac{1}{2}\rho^2 - \frac{1}{2}\gamma\rho^2\sigma^2(1 - 2kr + k^2) - \pi_1$$

Las condiciones de primer orden son:

$$k^* = r$$

La interpretación de estas condiciones es como sigue. Ya que  $k^*$  es un valor no negativo, el alza de costos de la empresa  $j$  resultará en un mayor precio de la empresa  $i$ . Esto se debe a que mayores costos de  $j$  indican una mayor correlación  $r$

$$\rho^* = \frac{1}{1 + \gamma\sigma^2(1 - r^2)}$$

entre los parámetros de información privada  $\theta_i$  y  $\theta_j$ . En particular, si  $r=0$  (no-correlación entre las incertidumbres de costos de las empresas) el regulador no hará depender los precios de una empresa en función de los costos de la otra empresa ( $k^* = 0$ ). Por el contrario si  $r=1$  el precio de una empresa dependerá solamente de los costos de la otra empresa y el nivel óptimo de esfuerzo será el primero mejor  $e^* = 1$ .

De lo anterior, se desprende que la regulación por "yardstick" es adecuada si existe una correlación positiva entre las incertidumbres de costos de las dos empresas ( $k^* > 0$ ). Solo en este caso tiene sentido hacer depender el precio y el esfuerzo de una empresa de los costos de la otra empresa. Si este resultado es aplicado al caso de zonificación de un área geográfica, es evidente (como se demostrará mas adelante) que existe correlación entre los costos de las empresas de cada zona por lo que establecer el precio regulado de una empresa en función del desempeño de otras empresas es congruente con las condiciones de optimalidad de un modelo de "yardstick". La mayor información que provee el incremento de zonas permite que la regulación por incentivos sea mas eficaz. Los niveles de esfuerzo de los monopolios regionales son optimizados al depender del desempeño de los monopolios de las otras zonas.

Sin embargo, el inconveniente de incrementar el número de zonas es la disminución de las economías de escala. Desde el punto de vista de la información

requerida para regular por "yardstick", entre mas zonas mejor será la regulación pero menores serán las economías de escala y de alcance. Esta relación o "trade off" ha sido analizada en algunos estudios como el que a continuación se describe.

### Regulación por Duopolio

La reestructuración de sectores monopólicos en un duopolio es un fenómeno usual en sectores básicos.<sup>7</sup> Existe un "trade off" entre las economías de escala propias de una estructura monopolica y los costos de tal estructura. La entrada de una segunda empresa a un sector naturalmente competitivo provoca una duplicación en los (altos) costos fijos. Sin embargo, la entrada de esa segunda empresa permite combatir las ineficiencias de asignación y distributivas propias de un monopolio.

Un monopolio natural se caracteriza por una estructura de costos subaditiva y por altos costos hundidos.<sup>8</sup> Auriol y Laffont (1993) proponen un modelo que explica los beneficios y costos de estructuras duopólicas. Este modelo demuestra que, bajo ciertas condiciones, es preferible una estructura duopólica a una monopólica aunque exista duplicación de costos hundidos. Bajo asimetría de información, un duopolio es preferible cuando la decisión sobre estructura de mercado es tomada antes de que las empresas conozcan sus costos.

En el modelo de Auriol y Laffont, el costo de un duopolio es la duplicación de los costos fijos. Esta duplicación puede ocurrir antes o después de que las firmas conozcan los detalles de sus tecnologías. Contrariamente, los posibles beneficios asociados a una estructura duopólica son:

- Un incremento en la muestra que reduce el costo marginal esperado;
- La posibilidad de competencia "yardstick" debido a la correlación de la información privada entre las firmas, y
- La capacidad de evitar rendimientos decrecientes a escala una vez que se ha incurrido en altos costos fijos.

<sup>7</sup>Por ejemplo, MCI y ATT en telecomunicaciones de larga distancia de Estados Unidos, Telecom Securitor y Racal-Vodaphone en redes celulares de Gran Bretaña, etc.

<sup>8</sup>Una función de costos se dice subaditiva si:

$$c\left(\sum_{j=1}^m q_j\right) \leq \sum_{j=1}^m c(q_j)$$

para cualquier conjunto de productos  $Q_1, \dots, Q_m$ . En palabras, esta condición significa que una industria es un monopolio natural si una sola firma puede producir un conjunto de productos a un costo menor que varias firmas que tienen, cada una, la misma función de costos.

Auriol y Laffont presentan una aplicación del modelo canónico de regulación en el que existen dos bienes perfectamente sustitutos que pueden ser producidos por dos firmas. El bien  $i$  es producido por la firma  $i$  con la función de costos  $C^i(\beta^i, q^i) + K(q^i) \geq 0$ ,  $K \geq 0$  y  $\beta^i \in [\underline{\beta}, \bar{\beta}]$ . El costo fijo  $K$  es de conocimiento común.

En primera instancia, Auriol y Laffont analizan la situación en la que la decisión sobre estructura de mercado se toma antes de que las empresas conozcan sus tecnologías (situación *ex ante*). La secuencia de regulación es como sigue: el regulador decide la estructura de mercado con base en sus expectativas de costos; las empresas "hunden" sus costos fijos y descubren sus parámetros de eficiencia  $\beta^i$ ; el regulador propone un conjunto de contratos que las empresas, y, por último, las transferencias y los niveles de producción se determinan según los contratos acordados.

Los resultados para esta situación *ex ante* son los siguientes. Bajo información completa, la elección entre dos estructuras industriales se reduce al siguiente *trade off*: el duopolio duplica los costos fijos pero incrementa la probabilidad de que exista un costo marginal "pequeño". Este efecto es denominado como el "efecto muestral" y es evidentemente más importante en proyectos grandes (en cuanto a costos hundidos, vida útil de los activos, etc.).

En el caso de información asimétrica, el efecto *Yardstick* cobra importancia. Este efecto se origina del mejor control de las rentas informacionales por parte del regulador debido a la correlación de los parámetros de eficiencia  $\beta_i$  de las empresas. El efecto *Yardstick* favorece la estructura duopólica mientras que el efecto muestral también favorece al duopolio cuando la elasticidad precio y el costo de los bienes públicos no son muy altos. En todo caso, la estructura duopólica es preferible cuando los costos fijos son no muy altos y la producción es alta.

Auriol y Laffont analizan la situación *ex post* con costos marginales crecientes. En este caso la que la estructura de mercado es decidida después de que las empresas conocen sus características de costos. La secuencia regulatoria es como sigue. El regulador propone un mecanismo de licitación. Las firmas realizan sus propuestas. Finalmente, el regulador selecciona una estructura de mercado. En el caso de información completa, el regulador reparte la producción entre las dos empresas cuando selecciona un duopolio: la firma más productiva recibe una parte más grande del mercado que su competidor. La brecha entre los niveles de producción de las dos empresas se incrementa en función de la diferencia entre los parámetros de eficiencia. Si la diferencia de costos entre los dos productores es muy grande, el productor más ineficiente no producirá. La opción duopólica también se vuelve también menos atractiva cuando los costos fijos son muy altos.

En el caso *ex post*, la información asimétrica añade un costo adicional a los costos de producción que puede incrementarse en función que los niveles de producción dependiendo de la forma particular de la función de costos. Cuando

existe una relación lineal entre este costo adicional y la producción, la estructura monopólica es favorecida.

Resumiendo, Laffont y Tirole demuestran que, en general, la información asimétrica favorece el duopolio cuando la decisión sobre estructura de mercado es tomada antes de que las empresas conozcan sus costos, y favorece al monopolio cuando la estructura de mercado se decide después que las empresas descubren las características de sus costos.

### **2.3 Eficiencia Productiva: Costos Unitarios.**

Un monopolio natural se caracteriza por una estructura de costos subaditiva y por altos costos hundidos. En un sector naturalmente monopólico, los costos en los que incurre una sola empresa son menores a los que incurrirían mas de una empresa. Las industrias de redes, como la distribución de gas natural, las dimensiones espaciales dependen del número de usuarios a los que se prestará el servicio y de la magnitud del área geográfica servida. Asimismo, los consumidores pueden estar físicamente dispersos sobre dicha área, por lo que el argumento de monopolio natural es aplicable a un área de distribución de gas natural.

Una pregunta surge con respecto a cuando las economías de escala pueden agotarse. Existen diversos factores que pueden ocasionar que las economías de escala se agoten. Por ejemplo, si el tamaño del área geográfica donde se proporciona el servicio de distribución es demasiado grande las economías de escala comúnmente tienden a desaparecer. Esto puede deberse a que la administración es un recurso escaso y será cada vez más difícil conseguir que la administración sea eficiente en una red de distribución conforme dicha red crezca.

Alternativamente, si las economías a escala nunca pudieran ser agotadas, entonces el costo mínimo de entrega del gas puede ser obtenido teniendo un sólo distribuidor que atienda a todo el mercado para cualquier tamaño de área geográfica. Lo anterior implica que el costo de entrega de gas más bajo es alcanzado cuando un distribuidor de gas abastece a todo un país; es decir, las fronteras nacionales serían las únicas limitantes al crecimiento de las redes de distribución.

En este estudio, asumimos, por supuesto, que las economías de escala pueden ser agotadas. Partiremos de un área geográfica que implica subaditividad de costos (i.e., una sola empresa incurre en menos costos que  $n$  empresas). Nuestro objetivo será analizar que partición del área geográfica dada implica los menores costos por unidad de prestación del servicio. Para tal efecto, procedemos a analizar los costos involucrados en el servicio de distribución de gas natural.

## Costos y Función Translog

Las diferentes configuraciones de las redes pueden tener diferentes implicaciones respecto a costos. Como ejemplo, tenemos los siguientes casos: 1) el costo unitario de conectar a la red a un usuario por lo general se incrementa cuando éste se encuentra más distante de la red ya existente; 2) los costos de conexión pueden disminuir cuando una nueva red urbana es desarrollada, pero estos costos de conexión podrían eventualmente incrementarse si la población y la red resultante se torna demasiado congestionada; y, 3) por lo general es más barato prestar el servicio a los usuarios industriales que a los usuarios residenciales ya a que el uso de la capacidad de la red de los primeros es mayor y más uniforme en el tiempo. Todo esto sugiere que el costo del servicio de distribución estará influenciado por el número de usuarios, su distribución geográfica y sus niveles de consumo. Por lo tanto, estos factores deben ser incorporados en la determinación del tamaño óptimo de servicio en el área geográfica.

Si se acepta lo anterior, el siguiente paso es identificar el área geográfica que promueva el menor costo del servicio dada una extensión geográfica. Esto puede analizarse mediante una función de costos de la forma:

$$C = C(\mathbf{X})$$

Esta fórmula establece que el costo del servicio,  $C$ , es una función de un conjunto de variables  $X$  que describen las condiciones de la empresa que va a prestar el servicio (variables de decisión). El costo del servicio toma un valor particular para cada posible combinación de los valores de las variables de decisión.

Para decidir que variables deben ser incorporadas se hace uso de la teoría económica de la producción. Esta teoría afirma que el costo de producción depende del nivel de actividad de la empresa y de los precios de los insumos, tales como el trabajo, capital y materiales. En investigaciones aplicadas, la forma general para los costos de la industria se especifica de la siguiente manera:

$$C = f(\mathbf{W}, \mathbf{Y}, \mathbf{Z})$$

donde:

- ➔  $C$  es el costo del servicio de la industria;
- ➔  $\mathbf{W}$  representa un conjunto de variables que miden los precios de los insumos;
- ➔  $\mathbf{Y}$  representa un conjunto de variables que miden las cantidades de producción, y
- ➔  $\mathbf{Z}$  representa un conjunto de variables que miden diversas condiciones de mercado.

Para realizar la estimación de la función de costos del servicio se utilizará una forma funcional translog. La importancia de esta forma funcional radica en que tiene las siguientes características<sup>9</sup>:

- Esta forma ha sido utilizada ampliamente en investigaciones relevantes de la determinación de la función de costos;
- Es la apropiada para estimar los costos de una empresa ya que no impone restricciones *a priori* en las posibilidades de sustitución entre los factores de producción;
- Permite que las economías de escala varíen con el nivel de producción lo cual es esencial para lograr que la curva de costos unitarios tenga la clásica curva U. Esto es, los costos unitarios de distribución de gas disminuyen hasta un punto crítico al crecer el servicio en el área geográfica y, posteriormente, los costos unitarios se incrementan;
- Esta forma es superior a muchas otras funciones de costos que son utilizadas frecuentemente en investigaciones aplicadas. Lo anterior se debe a que es más general e impone menos restricciones sobre la estructura de producción. Así, la forma funcional translog es una buena aproximación para un gran rango de formas funcionales que pueda, en principio, ser reflejada en los datos de los costos, y
- Diversas funciones alternativas de costos son más restrictivas y, en realidad, se asemejan a casos especiales de la forma translog.

Si se asumiera que la función de costos depende de una sola variable, la forma específica de la función translog sería:

$$\ln C = \alpha_0 + \alpha_1 \ln X$$

Sin embargo, el costo del servicio no depende solamente de una sola variable. Esto es, al estimar una función de costos translog se requiere que la selección de variables sea realizada de acuerdo con: 1) el nivel de producción, 2) los precios de los insumos, y 3) otras condiciones. Por lo tanto, para este estudio se

<sup>9</sup> En la forma de una serie de Taylor con el residual omitido, una función de costos translog proporciona una aproximación local de segundo orden para una función de costos arbitraria. Las funciones translog consideran más posibilidades respecto a la sustituiibilidad entre insumos y modelos de transformación entre producciones que los que se pueden realizar con las otras dos formas funcionales CET- CES y COBB-DOUGLAS. Asimismo, las funciones CES y COBB-DOUGLAS tienden a imponer supuestos demasiado restrictivos. Por otro lado, con adecuadas restricciones sobre sus parámetros, de las funciones de producción o costos translog pueden derivarse aproximaciones locales y de segundo orden en las respectivas fronteras de la CES o Cobb-Douglas.

considera la estimación de una función de costos translog para los servicios de distribución de gas que requiere de información sobre el número de consumidores y los volúmenes de entrega. En el capítulo siguiente (sección 3.2), especificaremos la forma translog en función de las variables **W**, **Y**, y **Z**.

La metodología que se utiliza en este estudio es partir de una estimación de los coeficientes de la función de costos translog para el mercado de distribución de gas natural de Estados Unidos, el cual es un mercado maduro. Esta estimación será utilizada mas adelante para predecir los costos del servicio para el mercado de la ZMCM. Sin embargo, al evaluar los costos del servicio en una zona geográfica como la Ciudad de México es importante tener en cuenta que el mercado de gas natural en el país no se ha desarrollado lo suficiente como para considerarlo actualmente un mercado maduro.

Por lo tanto, la partición de la ZMCM se hará para un estado maduro del mercado de distribución de gas natural de la ZMCM que se asume se alcanzará en el año 2010. Esto es, la partición para la ZMCM en función de costos unitarios mínimos será la óptima para el año 2010 y asumiremos que esta partición también es óptima para 1998. Esto implica suponer que la proporción entre costos unitarios de distintas zonas permanecerá constante durante 12 años.

En consecuencia, el criterio para seleccionar zonas geográficas en México requiere estimar el futuro desarrollo de la distribución de gas natural en la ZMCM por lo que se requieren proyecciones de la demanda en esta zona para el año 2010. Por esta razón, junto con el modelo de costos es necesario considerar los determinantes de la demanda futura del gas natural en México. Una vez hecha la estimación de la demanda para el año 2010, se incluirá dicha estimación en la función de costos y, posteriormente, se estudiarán los efectos sobre esta función de modificar las zonas. Este ejercicio se lleva a cabo en el capítulo 3.

## Demanda y Función Translog

Con el fin de estudiar esta demanda futura, se tomó la decisión de apoyarse nuevamente en la teoría económica la cual proporciona dos diferentes marcos teóricos para evaluar la demanda de productos energéticos:

1. Usuarios residenciales y pequeñas empresas que no utilizan energía como un insumo en un proceso de producción. Para estos usuarios el marco teórico apropiado para analizar la demanda es la teoría del consumidor. Cuando la energía no es utilizada como un insumo dentro del proceso de producción, la teoría económica establece que la demanda de un producto depende del poder de compra en el mercado, del precio del producto y de los precios de productos tanto sustitutos como complementarios.

2. Para usuarios que utilizan la energía en el proceso de producción, el contexto relevante es la teoría de la producción. En este caso, la energía es analizada para su uso como un factor de producción. Cuando la energía es un factor de producción, la demanda depende del precio de cada uno de los insumos que se utilizan como energía y de los precios de otros insumos, tales como capital y trabajo, que podrían ser sustituidos por la energía. A continuación se describe la teoría de la demanda con el propósito de poder construir modelos correspondientes al mercado de gas natural en la Ciudad de México.

El enfoque básico para estimar la demanda de gas natural para la ZMCM se puede resumir de la forma siguiente. Se especifica un modelo matemático para la relación existente entre la demanda del gas natural y un conjunto de variables que describen el mercado. La forma generalizada de dicho modelo es:

$$D = (\mathbf{X})$$

Esta fórmula establece que la demanda del gas natural,  $\mathbf{D}$ , es una función de un conjunto de variables de decisión en el mercado,  $\mathbf{X}$ . Esto es,  $\mathbf{D}$  toma un valor para cada posible combinación de valores de las variables del mercado. Esta relación la denominaremos como la función de demanda o el modelo de demanda.

Asimismo, se utiliza la teoría económica para modelar la elección de las variables en  $\mathbf{X}$  así como para proveer una guía de como es la relación entre las variables. Similarmente al caso de la función de costos, la forma general de la demanda del gas natural será la siguiente:

$$D = f(\mathbf{Y}, \mathbf{P}, \mathbf{Z})$$

donde:

- ➔  $\mathbf{D}$  es la demanda de gas natural;
- ➔  $\mathbf{P}$  representa un conjunto de variables de precios relevantes;
- ➔  $\mathbf{Y}$  es un conjunto de variables que representan el poder de compra, y
- ➔  $\mathbf{Z}$  representa un conjunto de variables que miden las diversas condiciones del mercado.

Por razones teóricas similares a las que fundamentan la utilización de una forma translog para estimar la función de costos, hacemos uso de dicha forma para estimar la función de demanda. Si suponemos que la función de demanda depende de una sola variable, la forma específica que adquiere la función translog sería:

$$\ln D = \alpha_0 + \alpha_1 \ln X$$

En el capítulo 3, especificaremos la forma translog en función de las variables **P**, **Y**, y **Z** con el fin de estimar la demanda futura de gas natural en México.

Al igual que en el caso de la función de costos, partimos de una estimación de los coeficientes de la función translog de demanda para el mercado de distribución de gas natural de Estados Unidos. Esta estimación será utilizada en el capítulo 3 para calcular la demanda por gas natural en la ZMCM para el año 2010. Este dato de demanda se incluirá en las estimaciones que se efectúen de la función de costos para distintas particiones. Asimismo, asumiremos distintos escenarios económicos que nos proporcionarán distintos valores de la demanda y, en consecuencia, distintos cálculos para los costos unitarios asociados a las distintas particiones de la ZMCM.

## ***2.4 Competencia en Servicios***

Existen consideraciones de competencia en la prestación de los servicios que deben ser incorporadas al análisis de zonificación de la ZMCM. La promoción de la competencia mediante la zonificación de un área de distribución de gas natural puede generar mayores flujos de información, reducir el riesgo financiero, promover el desarrollo de los mercados relacionados e incrementar la velocidad de desarrollo del sistema.

Especialmente en el caso de sectores recientemente privatizados o sujetos a una reforma estructural, la regulación efectiva es promovida cuando los reguladores adquieren la mayor información posible de los aspectos tecnológicos de las compañías reguladas. La cantidad de información disponible a los reguladores y, por tanto, el potencial de aprendizaje, se incrementa a medida que el número de distribuidores crece. Un número mas grande puede ser útil en muchas formas. Como vimos en 2.2, la regulación *yardstick* es mas factible y efectiva a medida que el número de distribuidores se incrementa.<sup>10</sup>

Asimismo, la zonificación tiene implicaciones sobre el riesgo financiero de la operación de los sistemas de distribución. Un menor riesgo incrementa el interés de los inversionistas y genera menores tarifas para los usuarios. Establecer zonas de gran tamaño y con una mezcla adecuada de clientes disminuye los riesgos financieros de la operación de los sistemas de distribución. Ejemplos de como los

<sup>10</sup>Sin embargo, *yardsticks* o *benchmarks* artificiales también pueden ser construidos mediante modelos de costos que controlan el comportamiento de ciertas variables. Este tipo de modelos han sido utilizados en los Estados Unidos para comparar costos de entrega del gas para diferentes niveles de urbanización.

riesgos disminuyen a medida que el número de zonas geográficas decrece son los siguientes:

- La probabilidad de perder consumos industriales grandes declina a medida que el número de empresas en la zona se incrementa. Por ejemplo, si un gran número de zonas son definidas, y cada distribuidor tiene solo unos pocos consumidores industriales, existe un mayor riesgo que las demandas pueden decrecer súbitamente cuando un solo consumidor caiga en bancarrota;
- La probabilidad de alcanzar un equilibrio en la cobertura de diferentes tipos de consumidores, se incrementa cuando las zonas son grandes y tienen una base de consumidores diversa. Por lo tanto, un territorio de servicio relativamente extenso le da a las compañías mayores opciones de crecimiento, y
- El riesgo de que eventos no previstos y no controlables tengan un impacto significativo sobre las ganancias del distribuidor declina a medida que el territorio de servicio es más grande. En México, algunos eventos no predecibles que pudieran afectar el ingreso de las compañías son el descubrimiento de sitios arqueológicos que puedan retrasar el desarrollo de la red de distribución, o los costos de reconstrucción después de un terremoto. Estos eventos tendrán menor impacto en el desempeño financiero si son aislados dentro de una pequeña parte del total de las operaciones de una compañía. Esto es más factible a medida que un mayor territorio de servicio le es otorgado a una sola compañía.

Por otra parte, la autoridad regulador tiene interés en promover la competencia en segmentos relacionados con la distribución de gas natural que son potencialmente competitivos. Ejemplos de tales mercados incluyen la comercialización del gas y la conexión de nuevos usuarios a la red de distribución. La competencia también es factible en servicios de reconversión de equipo para el uso de gas natural, de mantenimiento y reparación de equipo, y de consultoría de administración energética. A pesar que la entrada a estos mercados está abierta, los distribuidores tienen una extensa experiencia en ofrecer una amplia gama de servicios de gas y, por tanto, podrían extenderse del servicio de distribuir al de estos mercados relacionados. Por lo tanto, ya que el distribuidor puede proveer eficientemente estos servicios, la competencia en estos mercados es promovida a medida que el número de distribuidores es mayor y, consecuentemente, cuando el número de zonas geográficas es incrementado.

Finalmente, tomando en cuenta que cada uno de los distribuidores potenciales tiene un objetivo de cobertura en el corto plazo debido a la necesidad de generar una rentabilidad del sistema, es de esperarse que, mientras más distribuidores participen, se logre una mayor cobertura en un menor tiempo. Esto es,

la velocidad de desarrollo del proyecto de distribución se incrementa en cuanto más zonas existan.

En resumen, se puede observar que los criterios considerados en esta sección tienen implicaciones diferentes para el número de zonas. La competencia y el flujo de información serán en general promovidos a medida que el número de zonas se incrementa. No obstante, territorios de servicio más grandes y menores zonas permiten a las compañías manejar mejor los diversos riesgos. Esto sugiere que el impacto de factores distintos a los costos unitarios sobre el número de zonas depende de la importancia relativa asociada a los objetivos de promoción de competencia, incremento de información para el regulador, y el manejo de riesgos.

## **2.5 Eficiencia Técnica.**

La decisión de zonificar un área geográfica afecta el impacto de las características técnicas de un proyecto de distribución de gas natural. Para poder analizar dicho impacto, es necesario tener nociones sobre los elementos que se consideran en la elaboración de tal proyecto. En esta sección hacemos una breve descripción del proceso de evaluación de un proyecto de distribución de gas natural. En el capítulo 3 (sección 3.4), describiremos como se aplicaría este análisis al caso de la ZMCM con el fin de evaluar el impacto de las restricciones técnicas sobre las distintas opciones de zonificación.

La realización del proyecto debe considerar aspectos técnicos tales como procesos, requisitos y rendimientos. Los problemas de proceso se relacionan con cuestiones internas y externas del proyecto. Internamente, se requiere asegurar la adecuación del proceso a los objetivos del proyecto, mientras que externamente se analizan los factores empleados y los productos y efectos obtenidos. El proyecto requiere de una descripción resumida del proceso técnico y resolver los problemas que plantea la utilización de la tecnología seleccionada.<sup>11</sup>

Los problemas de requisitos se refieren a la disponibilidad de los elementos indispensables para que el proyecto se realice en cada una de sus fases. Estos requisitos pueden ser de tipo material (insumos físicos), de tipo humano (mano de obra especializada) o de tipo institucional (legislación técnica específica), y deben ser especificables y cuantificables. Los problemas de rendimientos técnicos implican el diseño de una función de producción óptima que utilice los recursos disponibles de manera (productivamente) eficiente.

Asimismo, la realización de un proyecto, como el de distribuir gas natural, implica el análisis de antecedentes, un diagnóstico, la proyección de la demanda y la

<sup>11</sup>Usualmente, esta descripción requiere de diagramas y gráficas que faciliten la comprensión de la dinámica de las diversas operaciones y de su secuencia y conexiones.

selección de alternativas. Este análisis se lleva a cabo a continuación.

### Análisis de Antecedentes

Durante la preparación de un proyecto de distribución de gas natural se requieren de antecedentes los cuales pueden ser:

- Estudios de prefactibilidad previos;
- Estudios básicos de la zona;
- Estudios de prefactibilidad del proyecto; y,
- Recopilación de información.

### Diagnóstico

El principal objetivo del diagnóstico es identificar, con base en el conocimiento técnico, la magnitud del proyecto mediante el análisis de los siguientes aspectos:

Antecedentes generales del área geográfica con el fin de conocer el marco en el que se desarrollará un proyecto de distribución de gas natural. Los antecedentes incluyen:

- |  |   |
|--|---|
| ⇒ Población;                                       | ⇒ Fuentes de suministro (ductos de transporte existentes)   |
| ⇒ Nivel socioeconómico;                            | ⇒ Capacidad,  |
| ⇒ Ubicación geográfica;                            | ⇒ Puntos de entrega (city gate),  |
| ⇒ Tipos de viviendas;                              | ⇒ Topografía, hidrología y geología de la región, para localizar zonas de riesgo, y condiciones climáticas. |
| ⇒ Servicios de agua potable dentro de la vivienda; | ⇒ Planes de crecimiento de la zona  |
| ⇒ Áreas comerciales;                               | ⇒ Distribución de los usos del suelo  |
| ⇒ Establecimientos de servicios;                   | ⇒ Censo y clasificación de establecimientos   |
| ⇒ Zonas industriales;                              |   |
| ⇒ Industria  |   |
| ⇒ Consumo energético.                              |   |

Estudio de oferta que implica el análisis físico y operativo de la infraestructura disponible. Con tal fin, se requiere analizar:

- ⇒ La antigüedad y conservación del sistema
- ⇒ Características técnicas: capacidad, longitud y diámetro de las tuberías que componen la red.
- ⇒ Materiales empleados.
- ⇒ Puntos de interconexión (City Gate)
- ⇒ Presiones de operación,
- ⇒ Estaciones de regulación
- ⇒ Número de medidores instalados
- ⇒ Sistema de comunicaciones
- ⇒ Volumen: distribuido, medido, facturado
- ⇒ Pérdidas
- ⇒ Calidad del servicio, presión consumos, toma de lecturas facturación y atención de emergencias.

Estudio de la demanda el cual se orienta al comportamiento de sectores de consumidores con características homogéneas, utilizando observaciones transversales y cronológicas. Las variables que se consideran en este estudio incluyen::

- ⇒ El precio del gas.
- ⇒ El ingreso familiar.
- ⇒ El valor o tipo de vivienda.
- ⇒ La densidad poblacional
- ⇒ Las temperaturas promedio durante el año.

#### Análisis y Proyección de la Demanda

La demanda se subdivide en grupos correspondientes a los sectores residencial, comercial e industrial. Las variables consideradas en un estudio de demanda se calculan tomando un año base e incluyen:

- |  |  |
|--|--|
| Cantidad y tipo de consumidores residenciales, comerciales e industriales. | Pérdidas en el servicio  |
| Población abastecida y total.  | Distribución total considerando el volumen de consumo y las pérdidas |
| Consumidores abastecidos por otras fuentes.                                | Volumen de consumo por sector  |
| Consumos en el tiempo por tipo de usuario.                                 | (M <sup>3</sup> /consumidor/día).                                    |

En la distribución de gas natural el horizonte de proyección es usualmente de al menos 30 años el cual representa la vida útil de los ductos. Las proyecciones de los consumos residenciales se proyectan considerando los siguientes aspectos:

Tasa de crecimiento poblacional  
Porcentajes de cobertura a lograr en los periodos considerados  
Planes de construcción de viviendas, oficiales y privados  
Aumento o disminución del consumo por toma, tomando en consideración la elasticidad-ingreso y la elasticidad-precio.

Los consumos comerciales se proyectan en proporción al crecimiento de los consumos residenciales mientras que los consumos industriales de acuerdo al crecimiento de la industria.

#### Alternativas del Proyecto

En la realización de un proyecto se deben considerar las diferentes opciones de desarrollo técnico identificando los costos y beneficios de cada alternativa. Por lo tanto, es necesario realizar estudios tales como levantamientos topográficos y estudios de aerofotografía, del subsuelo, de geohidrología, de geología y de sismicidad, entre otros.

Un anteproyecto de obras debe incluir:

- Descripción de las obras físicas
- Elección de materiales (tuberías, válvulas, etc.)
- Elección de equipos como reguladores y medidores,
- Elección de maquinaria de construcción como zanjadoras y martillos neumáticos.
- Detalle de la mano de obra
- Tramitación de aspectos como expropiaciones, derechos de paso, autorizaciones, licencias.
- Predimensionamiento de las obras.

Con base en la información anterior se calculan los costos de ejecución de las obras y se elabora un calendario de las inversiones, en función de las etapas de construcción. En la sección 3.4, estudiaremos las restricciones específicas de la ZMCM que determinarían la evolución de este proyecto.

## **2.6 Otras Zonificaciones Relevantes**

El análisis realizado para la zonificación de la ZMCM debe considerar otras experiencias aplicadas en la concesión de servicios a la iniciativa privada, tanto en el ámbito nacional como en el internacional. El objetivo de incluir dichas experiencias es obtener información relevante que pueda servir como marco de referencia para el caso de la zonificación de la ZMCM. A continuación se presentan las dos experiencias que se consideraron como las más relevantes para el caso de la Ciudad de México.

### ***Sector del Agua en el Distrito Federal***

Un aspecto positivo de la red de distribución de agua del D.F. es que el 98 por ciento de las viviendas cuentan con agua potable. Sin embargo, el acuífero que suministra al D. F. se encuentra sobre explotado. Esto es evidente si se observa que el consumo de agua por día de cada habitante del D.F. supera considerablemente a los consumos de los habitantes de ciudades europeas con sistemas eficientes.

Lo anterior se debe principalmente a dos razones: 1) en el D.F. –según datos estimados- más de un 30 por ciento del agua abastecida se pierde en fugas que hay en la red de distribución; esa cantidad equivale a una cantidad mayor al abastecimiento recibido por el sistema Cutzamala, el cual forma parte del sistema de suministro del Distrito Federal; y 2) hasta muy recientemente no había incentivos económicos al ahorro, debido a que la recaudación era deficiente y a que los cobros se aplicaban con cuotas fijas, lo que daba como resultado un cobro únicamente del 40 por ciento del total de las cuentas al bimestre y un déficit financiero de 1,000 millones de pesos al año.

El sistema de distribución de agua en el D. F. requería, entonces, garantizar el abasto tomando en cuenta tanto el aspecto ecológico como el financiero y así contar con un proyecto de desarrollo sustentable del sistema.

Después de una reforma al marco regulatorio y al control de los grandes usuarios –los que representan el 60 por ciento de la recaudación- se establecieron objetivos para aplicar el cobro por servicio medido y rehabilitar las redes de distribución. Lo anterior, con el propósito de disminuir el porcentaje de fugas a un nivel similar al de administraciones de agua eficientes en otras ciudades del mundo. Para alcanzar estos objetivos, trabajaron en el proceso de reforma el gobierno del D.F. y las empresas operadoras del sector privado. En esta reforma, se decidió concesionar el servicio de distribución de agua y se consideraron aspectos de tecnología, control político e información:

- Tecnología: la concesión permitiría el acceso a la mejor tecnología a escala mundial y al establecimiento de incentivos que fomenten el ahorro de agua, la eficiencia financiera, el desarrollo de esquemas de financiamiento y la mejora del servicio;
- Control político: se consideró necesario mantener el control político en manos del gobierno de la ciudad, manteniendo la propiedad de la infraestructura y el control del ritmo de implantación. Así, la participación del sector privado sería a través de contratos de servicios;
- Información: para evitar la falta de información, se realizó un programa que contempla tres etapas: la primera incluye un censo de usuarios, catastro de las redes de agua y drenaje e instalación de medidores; la segunda consta de la operación del sistema comercial; y, la tercera, el mantenimiento y rehabilitación de las redes.

Para la contratación de empresas privadas se establecieron como requisitos cumplir con una experiencia mínima, solvencia económica, capacidad de otorgar financiamiento y un capital mayoritario mexicano. El consejo directivo de la reforma consideró tener competencia comparativa entre varios postores, en lugar de otorgar un monopolio al postor que ofertó las mejores condiciones.

La competencia comparativa traería las siguientes ventajas: 1) que los precios del agua en bloque se ajustaran por un sistema de “precios tope” (con base en los costos de operación de los mejores contratistas); y 2) que se reduce el riesgo de que algún contratista tenga un desempeño inadecuado.

Bajo estas condiciones se establecieron cuatro zonas de servicio y se asignó cada zona a una compañía diferente. El gobierno del D.F. otorgó los contratos de servicio a través de un proceso de licitación, en el cual el criterio de decisión fue el costo para el D.F. de cada uno de los servicios (regularización de tomas, actualización del padrón de usuarios, lectura de medidores, emisión de boletas, cobro a los usuarios, entre otros).

La división de cuatro zonas, noreste, noroeste, sudeste y suroeste, resultó de un modelo de programación lineal que minimizó el valor presente del costo de los servicios sujeto a que existieran varios prestadores del servicio. La restricción de varios prestadores de servicio se impuso para lograr un desarrollo más rápido de los servicios y establecer patrones de comparación entre los prestadores de servicio.

La zonificación realizada ha presentado diferencias en la prestación del servicio, lo cual, en el futuro, se puede traducir en un mercado en que las empresas más eficientes adquieran a las menos eficientes.

### *Sector del Gas Natural en Buenos Aires, Argentina.*

La zona metropolitana de Buenos Aires contaba a fines de la década pasada con un sistema de distribución de gas natural ampliamente desarrollado. Su zonificación se realizó con el objeto de privatizar la empresa de distribución que era propiedad del Estado. Para llevar a cabo dicho proceso, se siguieron los siguientes criterios:

- Minimizar costos: para la zonificación, se utilizó el criterio de minimizar el costo de separación de los sistemas. No se tomó en cuenta la mezcla de usuarios ni las expectativas de crecimiento de las zonas resultantes;
- Red integrada: la metodología que se empleó consideró a los sistemas de gasoductos como una sola red, para así mantener la integridad del sistema y poder tener más de una empresa en la red;
- Número de distribuidores: para valuar la efectividad de contar con dos o tres compañías distribuidoras, se consideraron objetivos macroeconómicos y comerciales. Las opciones que calificaron, se sometieron a restricciones operacionales. Finalmente, las decisiones se realizaron con base en un análisis de objetivos y restricciones, para determinar las unidades de negocio.

Los objetivos macroeconómicos y comerciales que se consideraron para el análisis fueron:

- Acceso a la producción de gas: considerando que los productores tienen acceso a competir en el transporte y tomando en cuenta que en algunos lugares sería necesario la construcción de gasoductos adicionales para que exista competencia.
- Acceso a los mercados: considerando que cualquier concesionario de transporte tuviera acceso al sistema de transporte de Buenos Aires y a las áreas de procesamiento de gas, así como la posibilidad de que los concesionarios puedan exportar gas a Brasil y Chile.
- Condiciones de los gasoductos para cualquier compañía: este aspecto contempló que todas las empresas deberían tener las mismas condiciones para evitar una licitación desierta. Se buscó balancear las unidades de negocio que resultaran de la segmentación de la red de transporte en más de una unidad de negocio.
- Operaciones económicas: las compañías de transporte debían tener un tamaño que les permitiera operar de forma económica y ofrecer tarifas razonables por sus servicios. Para cumplir con este criterio, se realizaron comparaciones con compañías en Estados Unidos con el fin de verificar la existencia de compañías rentables de tamaño similar.
- Eficiencia regulatoria: una adecuada regulación requiere que la Entidad Reguladora cuente con la mayor información posible, para ello se considera necesario que

exista el mayor número de empresas posibles para que proporcionen una base de datos amplia.

- Maximización del potencial de ventas de la concesión: las unidades de negocio tendrían que ser definidas para ser atractivas a los inversionistas potenciales en términos del tamaño de la unidad, la antigüedad de los activos, la expansión física y el crecimiento potencial de las áreas de mercado.

Para la definición del número de Unidades de Negocio, se consideraron las alternativas de dos y tres negocios. Las opciones de cuatro y cinco unidades de negocio se descartaron porque resultaban unidades con potencial de ventas reducido y con varias restricciones operacionales.

El Gobierno Federal definió dos zonas o unidades de negocio de distribución:

- **Buenos Aires Norte:** esta zona comprende un total de 871 mil usuarios con un potencial de desarrollo basado en clientes industriales y en el crecimiento de suburbios, y
- **Buenos Aires Sur:** esta zona cuenta con un total de 1.7 millones de usuarios e incluye a la Capital Federal y el resto de la zona metropolitana. Su potencial de desarrollo se basa en clientes industriales y comerciales, en sistemas de calefacción y enfriamiento y en plantas auxiliares de energía eléctrica.

### **3. Aplicación al Caso de la Ciudad de México.**

#### **3.1 Delimitación y Características de la Zona Geográfica**

##### ***Delimitación del Área Geográfica***

Para delimitar la zona geográfica en la que se incluiría el servicio de distribución de gas natural a la Ciudad de México, se consideraron los criterios que tuvieran mayor importancia para la realización de este servicio tales como características físicas y procesos de transformación económica, política y social. Estos criterios se describen en los documentos siguientes:

- El Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal
- El Plan de Desarrollo del Estado de México 1993-1999
- Los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano
- Los Planes de los Centros de Población Estratégicos de los Municipios del Estado de México
- Las propuestas de divisiones del área metropolitana de la Ciudad de México. Las instituciones que se destacan en dichas propuestas son la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

Adicionalmente, se analizaron la política urbana y los lineamientos principales de acción de los planes y programas gubernamentales. Tales Planes han regido en la materia desde 1987. A continuación se describen las posibles opciones de delimitación de zona geográfica consideradas.

##### ***Opción 1: “Megalópolis”.***

En la delimitación del área geográfica, la primera opción considerada fue el área más extensa propuesta por los planes de desarrollo urbano de la región. En el Programa de Desarrollo Urbano del D.F, a dicha zona se le denomina “Megalópolis” y comprende:

- Los municipios correspondientes a las zonas metropolitanas de las capitales de los estados limítrofes al Valle de México;
- Los municipios que se ubican en las zonas metropolitanas que integran la “corona regional de ciudades” que abarca una porción significativa de la región central del país donde se han formado, a lo largo de la historia de México como país independiente, cinco zonas metropolitanas (Toluca, Pachuca, Tlaxcala, Puebla y Cuernavaca) y siete núcleos urbanos aislados, y

- 91 municipios correspondientes al Estado de México, 16 al Estado de Morelos, 29 al Estado de Puebla, 37 al Estado de Tlaxcala y 16 al Estado de Hidalgo, además de las 16 delegaciones del Distrito Federal. Asimismo, como núcleos urbanos independientes se consideran: Atlacomulco; Tepeapulco; Jilotepec-Tepeji-Tula; Tepoztlán-Huehuetoca-Zumpango; Piramides-Nopaltepec; Texcoco y Chalco-Amecameca.

Esta zona fue considerada como demasiado extensa y con una desvinculación en la interacción económica de las localidades consideradas.

### ***Opción 2: “Valle de México”.***

El “Valle de México” está conformado por las 16 delegaciones del D.F., los 57 municipios del Estado de México y uno del Estado de Hidalgo. De 1970 a 1995, esta zona creció de 7.9 millones a 17.1 millones de habitantes. Dicho crecimiento significa una fuerte presión hacia el D.F. en materia de demanda de empleo. Asimismo, es un reto para las tres entidades en cuanto a dotación de redes de agua potable, drenaje, energía eléctrica y transporte. Los 58 municipios integrantes de esta zona presentan un crecimiento dinámico. En 1970 contaban con 2.4 millones de habitantes, en 1980 con 4.9 millones de habitantes (con una tasa de crecimiento de 7.4% anual), y con 7.3 millones en 1990 (con una tasa de crecimiento de 4%).

En cuanto a desarrollo urbano, la zona presenta diversos retos. El primero de ellos es la relación que existe entre dos entidades federativas que administran una misma ciudad lo cual presenta problemas potenciales de administración pública. Sin embargo, si bien es cierto que se espera que la Ciudad de México crezca y que, por tanto, expanda su influencia económica y social en la actualidad el área del Valle de México todavía presenta muchas diferencias como para considerarse como homogénea. Hasta ahora, no se han implementado programas de ordenamiento del área geográfica que vinculen legalmente a los agentes públicos, sociales y privados contenidos en el área del Valle de México. Es probable que esto se deba a las distintas soberanías locales, los intereses diversos y las características políticas de la coordinación entre autoridades con diferentes ámbitos de competencia.

### ***Opción 3. “Zona Metropolitana de la Ciudad de México”.***

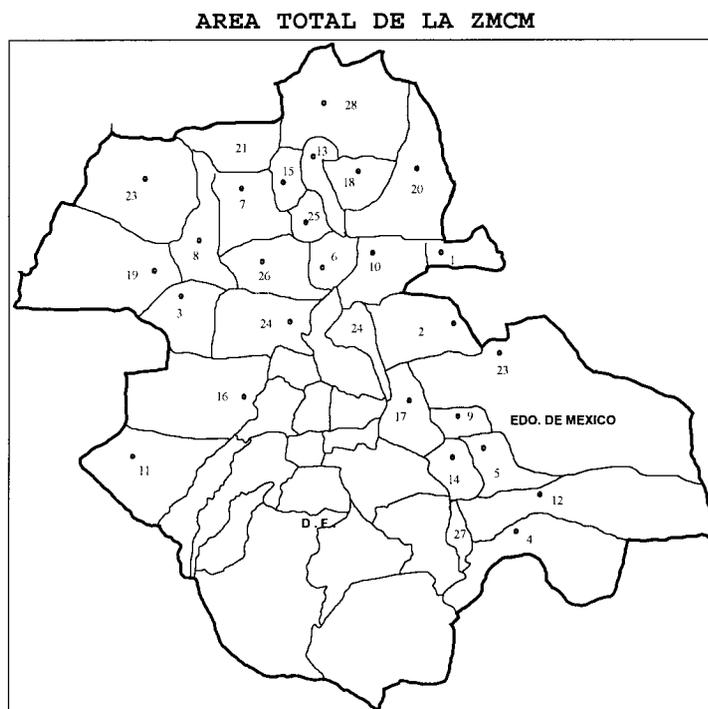
La Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) --definida así por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)-- abarca las 16 delegaciones del D.F. y 28 municipios conurbados del Estado de México.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> A partir del 9 de Noviembre de 1994 la Legislatura del Estado de México aprueba la creación del municipio de “Valle de Chalco Solidaridad”, para lo cual se segregan de los municipios de Chalco, Ixtapaluca, La Paz y Chicoloapan el siguiente número de kilómetros cuadrados

En cuestión de movimiento demográfico, la ZMCM se encuentra sometida simultáneamente a un proceso de expansión de la periferia y a otro de despoblamiento-descapitalización de sus áreas intermedias.

Entre 1980 y 1990, la ZMCM presentó una readecuación demográfica ya que la participación relativa de la población del D.F. disminuyó y la del Estado de México aumentó. En 1990 la zona contaba con 15 millones 165 mil 268 habitantes, de los cuales 54.3 por ciento (8 millones 235 mil 744) se ubicaban en el D.F. y 45.7 por ciento (6 millones 929 mil 524) en el Estado de México.

De acuerdo a un criterio de homogeneidad --en cuanto a relaciones económicas, culturales, sociales y de cercanía-- la opción 3 es la más adecuada. El sistema regional urbano de la ZMCM se muestra en el siguiente mapa.



respectivamente: 39.71, 4.34, 0.27 y 0.25, así como los centros de población asentados en éstos. En este estudio se tomarán los datos de los 28 municipios conurbados (incluyendo a Valle de Chalco Solidaridad) cuando se tenga información disponible. Cuando no, se indicará el número de municipios de que se trate, en el entendido de que la zona geográfica es la misma.

<b>Municipios conurbados del Edo. de México</b>			
1. Acolman	8. Cuautitlán Izcalli	15. Melchor Ocampo	22. Tepetzotlán
2. Atenco	9. Chimalhuacán	16. Naucalpan	23. Texcoco
3. Atizapán de Zaragoza	10. Ecatepec	17. Nezahualcóyotl	24. Tlalnepantla
4. Chalco	11. Huixquilucan	18. Nextlalpan	25. Tultepec
5. Chicoloapan	12. Ixtapaluca	19. Nicolás Romero	26. Tultitlán
6. Coacalco	13. Jaltenco	20. Tecamac	27. Valle de Chalco Solidaridad
7. Cuautitlán	14. La Paz	21. Teoloyucan	28. Zumpango

Una vez elegida la ZMCM como el área geográfica en la que se licitará la exclusividad para distribuir gas natural, el objetivo de este estudio es encontrar una subdivisión óptima de esta zona de acuerdo a los criterios de eficiencia técnica y económicas que se estudiaron en el capítulo 2. Como vimos, esta subdivisión también tomará en cuenta consideraciones geográficas, demográficas, de actividad económica, de infraestructura de transporte y de distribución contenidos en el Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal y el Plan de Desarrollo del Estado de México 1993-1999 (ver anexo 1). A continuación presentamos un análisis detallado de estas consideraciones.

### ***Grado de Urbanización y Cobertura de Servicios Públicos de la ZMCM.***

#### ***Distrito Federal***

La escasez de espacios nuevos en la periferia del área urbana ha provocado un proceso de adecuación del desarrollo del sector inmobiliario, enfocándose la actividad hacia la mayor ocupación de espacios baldíos al interior de la ciudad. Esta tendencia de saturación urbana se ha presentado en la última década. En 1990, el D.F. contaba con una superficie neta disponible de 5,802 hectáreas, la cual que equivalía al 8.9% de su superficie urbana la cual ascendía a 64,499 hectáreas. Para 1995, la extensión de la superficie neta disponible disminuyó a la mitad, esto es a 2,670 hectáreas ó 4% de la superficie urbana del D.F. El 80.6% (2,154 hectáreas) se localiza en las delegaciones Iztapalapa, Milpa Alta, Tláhuac, Xochimilco, Tlalpan, Magdalena Contreras y Cuajimalpa, mientras que el 19.4% restante (516 hectáreas) se encuentra en la parte central de la entidad.

El 63.8% de la superficie con reservas urbanizables se localiza en tres delegaciones: Iztapalapa, Xochimilco y Magdalena Contreras. Destaca Iztapalapa con la mayor reserva urbanizable, 1,202 has. En el sur-poniente y sur-oriente, la

existencia de áreas susceptibles de abrirse al uso urbano dentro del D.F. se ve limitada por razones ambientales y de preservación ecológica. En este sentido, la posibilidad de crecer supera los límites político-administrativos del D.F. para ubicarse en algunas áreas del norte y oriente en el Estado de México. Las zonas donde las condiciones de vivienda son poco satisfactorias se ubican en las delegaciones Venustiano Carranza y Miguel Hidalgo en el centro, Cuajimalpa y Alvaro Obregón en el primer contorno, Magdalena Contreras y Xochimilco en el segundo, y Tláhuac en la periferia.

El abastecimiento de agua para el D.F. proviene de dos fuentes principales: la de los sistemas del Alto Lerma y Cutzamala y la de la explotación de acuíferos del Valle. Las delegaciones con mejor cobertura del servicio de agua potable (alrededor del 80%) son Benito Juárez, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Venustiano Carranza. Por otro lado, Cuajimalpa, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco registran una cobertura de entre 30 y 60%.

La Ciudad de México requiere de un caudal de 61 m<sup>3</sup> de agua para satisfacer sus necesidades de abastecimiento, ya que no se aprovecha el volumen de agua que se precipita por las lluvias, misma que asciende a 700 mm. de lluvia media anual. Esto implica que para el desalojo del agua vía drenaje, se requiere de una cantidad de recursos similar a la usada para el abastecimiento.

La evaluación del déficit total de drenaje adecuado asciende a 13.4% del total servido. Las delegaciones con altas carencias son Cuajimalpa, Iztapalapa, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco, donde las viviendas sin drenaje se ubican en un rango del 10 al 35%. Por otro lado, en Azcapotzalco, Gustavo A. Madero, Iztacalco, Alvaro Obregón, Benito Juárez, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Venustiano Carranza las áreas servidas alcanzan el 85%.

### ***Estado de México. Municipios Conurbados***

El crecimiento de la superficie urbana de los municipios que conforman la ZMCM se ve altamente limitado por zonas inapropiadas para el asentamiento de población. Lo anterior se debe a diversos factores: fuertes pendientes, vocación agropecuaria y construcción en suelos corrosivos o inundables lo cual implica serios riesgos para los asentamientos y la imposibilidad de dotarlos de servicios. En tales condiciones, las posibilidades de crecimiento urbano son escasas frente a la excesiva demanda. Las limitantes específicas a la expansión son las siguientes:

- Suelos escarpados y con topografía accidentada de las sierras de las Cruces y Guadalupe afectan principalmente a las áreas urbanas de Huixquilucan, Naucalpan, Atizapán de Zaragoza, Nicolás Romero, Tlalnepantla, Ecatepec, Coacalco y Tultitlán;

- Áreas donde no es factible el suministro de agua potable y que se encuentran entre 2,280 y 2,500 metros sobre nivel del mar;
- Zonas de riego de alta productividad al norte en Zumpango, Tultepec, Melchor Ocampo, Cuautitlán y Tecámac, al oriente en Atenco, Acolman y Texcoco, y al sur oriente del distrito de Chalco, y
- Terrenos federales del Vaso del Lago de Texcoco que delimitan la expansión de los municipios de Chimalhuacán y Nezahualcóyotl; el Bordo de Xochiaca y la vía de desalojo de aguas negras en las zonas nuevas de Chimalhuacán.

Sin embargo, aún existen ciertas áreas contiguas a la zona urbana de las ciudades de los municipios de la ZMCM, con una superficie de 9,097 hectáreas de suelo, que tienen posibilidades de ser incorporadas al desarrollo urbano. Fuera de estas áreas de crecimiento, las posibilidades de ocupación del suelo para usos urbanos se circunscriben esencialmente a Zumpango, Texcoco y Tepotzotlán.

Por su parte, el área urbana de las ciudades de los municipios conurbados (17) alcanzan las 55,595 hectáreas y su composición en cuanto a usos del suelo es la siguiente:

Espacios Abiertos	1,874Ha	3.4%
Habitacional	32,019 Ha	57.6%
Industrial	4,670 Ha	8.4%
Equipamiento y Servicios	5,974 Ha	10.8%
Vialidad	8,567 Ha	15.4%
Baldíos	2,491 Ha	4.5%
T O T A L	55,595 Ha	100%

Los municipios de Naucalpan y Tlalnepantla cuentan con las mayores concentraciones de equipamiento y servicios. Por otra parte en Cuautitlán Izcalli, Tultitlán, Ecatepec, Atizapán de Zaragoza, Naucalpan y Tlalnepantla se localizan las mayores concentraciones de industria.

Uno de los problemas más agudos de la zona es la dotación de agua potable para la población residente. A la fecha, existe un déficit en la cobertura que alcanza un 22.7% de la población, básicamente en los municipios de Chimalhuacán, Ixtapaluca, Chalco y Atizapán.

La disponibilidad total de agua es de 12.84 m<sup>3</sup>/seg, la cual proviene de extracción de fuentes de la propia cuenca en un 91% y de agua de las cuencas del Lerma, Pánuco y Balsas en un 9%. Así, existe un déficit en el suministro que alcanza al 31% de la población. De la disponibilidad total, los municipios de Naucalpan, Ecatepec, Nezahualcoyotl y Tlanepantla reciben el 74.6%, quedando solo el 25.4% para el suministro de los restantes 13 municipios.

El sistema de drenaje y alcantarillado de la zona presenta deficiencias y no es capaz de desalojar las aguas residuales en tiempo de lluvia, provocando inundaciones. La red actual no cubre al 27% de la población principalmente los municipios de Nicolás Romero, Chimalhuacán, Ixtapaluca y Chalco. En cambio, los municipios mejor dotados en este sentido son Tlalnepantla, Atizapán, Coacalco, Cuautitlán Izcalli, Ecatepec y Nezahualcóyotl donde la cobertura es mayor al 80%. El Valle de Chalco, por ser la zona más baja de la cuenca, no tiene ninguna salida natural lo que hace prácticamente imposible el desalojo de sus aguas residuales.

El servicio de electrificación tiene una cobertura del 90% del área de las ciudades y su capacidad instalada es suficiente para abastecer la demanda de nuevos asentamientos. El servicio de alumbrado público enfrenta un déficit del 70%.

### ***Infraestructura Actual de Distribución de Gas Natural en la ZMCM***

Actualmente, en la ZMCM existe una infraestructura de distribución de gas natural operada por Pemex Gas y Petroquímica Básica (PGPB) y por Diganamex.

### ***Infraestructura de Pemex***

PGPB opera una infraestructura de distribución de 237 kilómetros de longitud con diámetros de 10 a 24 pulgadas. En esta red se atiende a 312 usuarios industriales. Además, PGPB opera 195 kilómetros de ramales. El sistema comprende dos etapas. La primera es el transporte del gas desde las zonas productoras hasta el sitio de Venta de Cárpio, lugar donde se distribuye el gas que se consume en el altiplano. Este sistema está integrado por los tres ductos siguientes:

- Gasoducto de 36" de diámetro que va de Sta. Ana, Ver. a Venta de Cárpio, Edo. de Méx., con una capacidad de 105 MMPCD, operando a 25 kg./cm<sup>2</sup> de presión;
- Gasoducto de 30" de diámetro que va de Cd. Pemex, Tab. a Venta de Cárpio, Edo. de Méx., con una capacidad de 130 MMPCD, operando a 30 kg./cm<sup>2</sup> de presión, y
- Gasoducto de 18" de diámetro que va de Poza Rica, Ver. a Venta de Cárpio, Edo. de Méx., con una capacidad de 65 MMPCD y operando a 17 kg./cm<sup>2</sup> de presión.

La capacidad de transporte de este sistema de ductos en su primera etapa es 300 MMPCD equivalente a 8'495,040 MCD.

La segunda etapa del sistema la constituyen una serie de ductos, encargados de conducir el gas de Venta de Cárpio a los diversos consumidores de la zona. El sistema está diseñado en forma de anillos los cuales se encuentran interconectados

con objeto de proporcionar flexibilidad en su operación. Siete son los ductos que forman esta serie de anillos cuyas características son:

- Ducto # 26 de 24" de diámetro de Venta de Cárpio a Chalco, cruzando los municipios del Estado de México de; Atenco, Ecatepec, Nezahualcoyotl y las delegaciones de Iztapalapa y Tláhuac en el Distrito Federal;
- Ducto # 27 de 24" de diámetro, derivación del anterior que corre de Altavilla a San Pablo cruzando las delegaciones de Gustavo A. Madero y Azcapotzalco;
- Ducto # 34 de 22" y 10" de diámetro de Venta de Cárpio - Camarones - San Pedro - Cuemanco y Chalco, cruzando los municipios de Atenco, Ecatepec y las delegaciones de Gustavo A. Madero, Azcapotzalco, Miguel Hidalgo, Alvaro Obregón, Tlalpan, Coyoacán, Xochimilco e Iztapalapa;
- Ducto # 40 de 20" de diámetro de Venta de Cárpio a Barrientos cruzando los municipios de Atenco, Tultitlán y Coacalco;
- Ducto # 59 de 14" de diámetro de Venta de Cárpio a Nonoalco, cruzando los municipios de Atenco y Ecatepec, y las delegaciones de Venustiano Carranza y Cuauhtémoc;
- Ducto # 60 de 14" de diámetro de Nonoalco a Camarones cruzando las delegaciones de Cuauhtémoc y Azcapotzalco, y
- Ducto # 66 de 12", 14" y 20" de diámetro de Venta de Cárpio - Guanos - La Romana - San Pablo, cruzando los municipios de Atenco, Coacalco, Tultepec, Tlanepantla y Tultitlán y la delegación de Azcapotzalco.

La interconexión de los diferentes anillos que forman el sistema tiene como objeto proporcionar una gran eficiencia y flexibilidad al poder equilibrar presiones y tener diferentes alternativas de suministro. Las presiones a las que opera el sistema van de los 13 kg./cm<sup>2</sup> a los 24 kg./cm<sup>2</sup> y la capacidad de distribución actual es de 5'380,200 MCD (190 MMPCD) distribuyéndose entre 3'200,000 MCD (113 MMPCD) y 3'900,000 MCD (138 MMPCD).

Este sistema tiene una capacidad disponible de 1'472,000 a 2'180,000 MCD (52 a 77 MMPCD) volumen suficiente para satisfacer en una primera etapa a un número de clientes domésticos de cerca de 900,000. Se estima que, a futuro, se tendrá que incrementar la capacidad del sistema de a fin de satisfacer la demanda de las zonas donde el desarrollo de las redes de distribución lo vaya requiriendo.

El sistema de anillos, se puede considerar dividido en dos, el primero lo constituyen cuatro de los cinco anillos, los que se encuentran localizados al norte del Distrito Federal y que surte casi en su totalidad a clientes industriales. El segundo es el anillo sur que rodea a la Ciudad de México y que surte básicamente a clientes domésticos.

### Infraestructura de Diganamex

La atención de los clientes domésticos del área metropolitana se realiza por conducto de la empresa Diganamex, la cual constituyó inicialmente para distribuir gas natural a viviendas de los conjuntos habitacionales de Cuautitlán Izcalli e Iztacala-Los Reyes en el Estado de México.

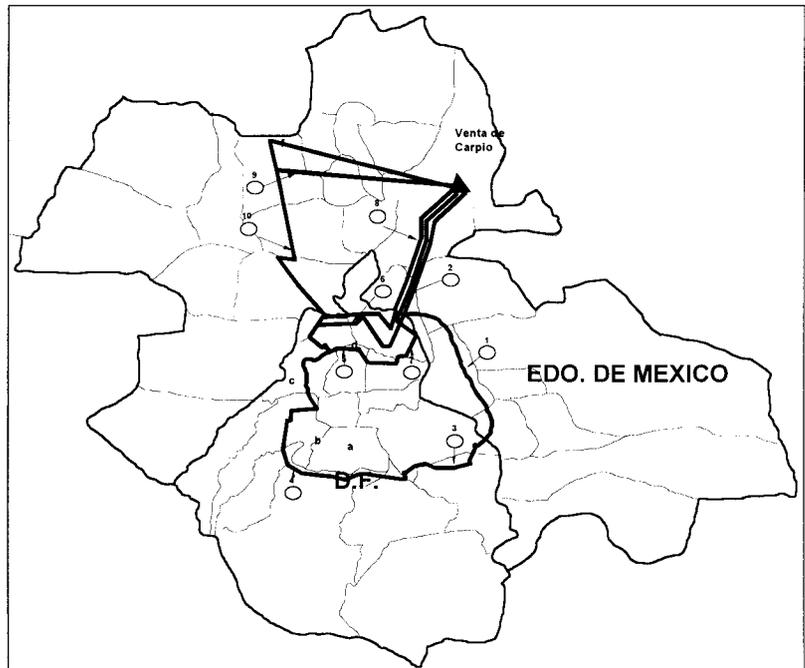
Diganamex, se encarga también del suministro del gas de grandes unidades habitacionales del FOVISSSTE e INFONAVIT desde los años 70's, actuando únicamente bajo la figura de concesionario encargado de mantener, operar y comercializar el gas natural. Las redes de distribución en dichas unidades habitacionales se diseñaron para las necesidades de cada una de ellas, por lo que su crecimiento se ve limitado por esa razón.

Diganamex opera 1,015 kilómetros de gasoductos de distribución de gas natural con diámetros de .5 a 12 pulgadas, suministrando gas natural a 135,517 usuarios los cuales son residenciales en su mayoría.

La gráfica siguiente muestra las redes de distribución de gas natural en la ZMCM:

PGPB			
Simb	Diam.	Long.	Tramo
24"	51 Km		Vta. De Carpio-Chalco
14"	29 Km		
24"	51 Km		Vta. De Carpio-Nonoalco
			Vta de Carpio-Chalco
22"	76 Km		V. C. -Camarones-Sn
14"			Pedro-Cuemanco-Chalco
10"			
14"	3 Km		Nonoalco-Camarones
24"	14 Km		Altavilla-Sn Pablo
14"	29 Km		Vta de carpio-Nonoalco
22"	76 Km		V. C. -Camarones-Sn
14"			Pedro-Cuemanco-Chalco
10"			
20"	26 Km		Vta. De Carpio-Barrientos
20"	38 Km		V. C. Guanos-Romana-San Pablo I
12"			
14"			

DIGANAMEX	
a)	Jardines de Coapa Villa Coapa Alianza Pop. Rev. Culhuacán Villa Quietud
b)	Pedregal de Carrasco Cópilco Universidad Villa Olímpica
c)	Lomas de Plateros Lomas Sotelo
d)	Camarones Tlatelolco
e)	Rosario Vallejo Ceylan Acueducto de Guadalupe
f)	Reyes Iztacala Cuautitlán Izcalli



### Zonas de Riesgo

Con el fin de que los proyectos y construcciones de las redes de distribución de gas natural se lleven a cabo bajo las más estrictas medidas de seguridad, se detectaron

las zonas que, por sus características geológicas e hidrológicas del suelo, presentan algún tipo de riesgo el cual se deberá evaluar al momento de proyectar los sistemas de distribución de gas. Estas zonas de riesgo se presentan como consecuencia del crecimiento urbano de la Ciudad de México el cual se llevó a cabo sin que se tuviera un plan de desarrollo urbano que normara el crecimiento de la Ciudad a mediano y largo plazo.

El crecimiento de la mancha urbana afectó las áreas forestales naturales, reduciendo éstas a zonas limitadas en las altas montañas del sur y poniente del Distrito Federal con un fuerte impacto en las condiciones atmosféricas, de contaminación de suelos y de los mantos freáticos, que en conjunto disminuyen las condiciones de calidad de vida de sus habitantes. Asimismo, el crecimiento no planeado de asentamientos periféricos en regiones poco aptas para el establecimiento de asentamientos humanos y propicias para la preservación ecológica, incrementan las posibilidades de riesgo y de desastres.

Este fenómeno traspasó las fronteras del Distrito Federal y emigró a los municipios conurbados del Estado de México, en donde los asentamientos humanos se dan también de manera desordenada y sin la planeación adecuada por parte de las autoridades municipales, quienes al no poder hacer frente al problema autorizan o regularizan áreas habitacionales en zonas que por sus características geohidrológicas se catalogan de alto riesgo.

A partir de la década de los 70's, se empiezan a mostrar los efectos de la falta de normas para orientar el establecimiento industrial de las 30,000 instalaciones industriales y comerciales existentes, en donde las manifestaciones más directas son la creciente contaminación atmosférica de aguas de deshecho por el drenaje y la modificación de los microclimas entre la ciudad central y la periferia. Tanto su ubicación geográfica como sus características geohidrológicas contribuyen al incremento de la vulnerabilidad natural de la zona a riesgos originada por factores como:

- Geológicos, tectónicos, fallas y sismos;
- Erupciones volcánicas como la que se encuentra latente por la actividad del Popocatepetl y de volcanes todavía activos de la sierra volcánica transversal que atraviesa al Distrito Federal de oriente a poniente en su porción sur;
- Edafológicos por las capas de azolve en los lechos de los lagos que fueron desecados, de las grandes avenidas durante la época de lluvias en lechos de antiguos ríos que ahora se encuentran ocupados por viviendas de diferentes estratos sociales; y
- Deslizamientos de material sedimentario en las laderas de los cerros donde se ubican los asentamientos irregulares.

Para reducir la vulnerabilidad que enfrenta la población del Distrito Federal, se requiere que cualquier acción tendiente a la ampliación de infraestructura o desarrollo de construcciones se planee y se lleve a cabo tomando en cuenta la zonificación vigente de riesgos físicos, principalmente del correspondiente nivel de sensibilidad sísmica de cada zona de la ciudad sobre todo en el centro histórico y las colonias que han resultado más afectadas durante los sismos recientes. Asimismo, se requiere considerar el riesgo que representan las zonas inundables de cada delegación o municipio y las que pueden ser afectadas por una eventual falla del sistema de drenaje en situaciones de precipitaciones extraordinarias.

Las zonas de pendientes pronunciadas y áreas minadas, donde de manera irregular se han dado asentamientos humanos, se consideran también como áreas de alto riesgo en donde la distribución de gas natural por tubería debe evaluarse tomando en consideración dicha situación. En el anexo 2 se presenta una descripción de las principales zonas de riesgo, así como su localización en el área de las delegaciones del Distrito Federal y de los municipios conurbados del Estado de México que son afectadas.

### **3.2 *Estimación de los Costos Unitarios***

Como se mencionó en el apartado 2.3, la estimación del costo unitario de distribución de gas natural en la ZMCM se hará a partir de la estimación de los costos unitarios para el mercado de distribución de gas natural de Estados Unidos. Esta estimación se utiliza para predecir los costos en el mercado de la ZMCM. Sin embargo, este ejercicio toma en cuenta que el mercado de gas natural de la Ciudad de México no se ha desarrollado lo suficiente como para considerarse como maduro.

Por lo tanto, la partición de la ZMCM se realiza para un estado maduro de su mercado de distribución. Este estado se asume ocurrirá en el año 2010. Esto es, la partición para la ZMCM en función de costos unitarios mínimos será la óptima para el año 2010 y supondremos que esta partición también es óptima para 1998. Como vimos, esto a su vez implica asumir que la proporción entre costos unitarios de distintas zonas permanecerá constante durante 12 años.

Asimismo, el cálculo de costos unitarios para diversas zonificaciones de la ZMCM requiere de proyecciones de la demanda para el año 2010. Inicialmente, estas proyecciones se realizan a partir de una estimación de la demanda en el mercado de distribución de gas natural de Estados Unidos. Esta estimación se utiliza para calcular la demanda por gas natural en la ZMCM en el año 2010 y se incluye en las estimaciones de los costos para distintas particiones. Adicionalmente, analizamos distintos valores de la demanda asociados con diferentes escenarios económicos lo cual arrojará costos unitarios para las diversas particiones de la ZMCM.

El ejercicio se divide en cuatro etapas:

- *Etapa 1: Se estima una función de costo translog para el mercado maduro de los Estados Unidos.*
- *Etapa 2: Se estiman funciones de demanda de gas natural translog también para el mercado de Estados Unidos.*
- *Etapa 3: Se emplean los coeficientes de las funciones de demanda estimadas en la etapa 2 para pronosticar tanto el número de usuarios como el monto de la distribución de gas natural en la ZMCM para el año 2010. Asimismo, se estima la demanda basada en datos reales sobre las características técnicas y de mercado de la ZMCM.*
- *Etapa 4. Se emplean los coeficientes de la función costo estimados en la etapa 1 con el objeto de pronosticar los costos unitarios para una demanda dada (etapa 3) y para diversas particiones de la ZMCM.*

***Etapa 1: Estimación de una Función de Costos de la Forma Translog para el Mercado de Gas Natural de los Estados Unidos.***

Para obtener la estimación del costo promedio unitario del servicio, la forma general de la función de costos translog se plantea como:

$$\begin{aligned}
 \ln C = & \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln Y_i + \sum_h \alpha_h \ln Z_h + \sum_j \alpha_j \ln W_j + \alpha_t T \\
 & + \frac{1}{2} \left[ \sum_i \sum_k \gamma_{ik} \ln Y_i \ln Y_k + \sum_h \sum_m \gamma_{hm} \ln Z_h \ln Z_m + \sum_j \sum_n \gamma_{jn} \ln W_j \ln W_n + \gamma_{tt} T^2 \right] \\
 & + \sum_i \sum_h \gamma_{ih} \ln Y_i \ln Z_h + \sum_h \sum_j \gamma_{hj} \ln Z_h \ln W_j \\
 & + \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln Y_i \ln W_j + \sum_i \gamma_{it} \ln Y_i T \\
 & + \sum_j \gamma_{jt} \ln W_j T + \sum_h \gamma_{ht} \ln Z_h T.
 \end{aligned}$$

En esta ecuación  $\alpha$  y  $\gamma$  son los parámetros que buscamos estimar. El costo, la producción, el precio y las variables que miden las condiciones de mercado aparecen en forma logarítmica.  $T$  es una variable de tendencia en el tiempo, y las variables cualitativas para cada empresa específica se añaden a la función de costos antes de la estimación.

El lema de Shepherd nos permite derivar las ecuaciones de la participación relativa de cada insumo sobre el costo total que son consistentes con una función de costos de la forma translog. La ecuación para un insumo representativo,  $j$ , es:

$$S_j = \alpha_j + \sum_i \gamma_{ij} \ln Y_i + \sum_h \gamma_{hj} \ln Z_h + \sum_n \gamma_{jn} \ln W_n + \gamma_{ji}$$

Esta ecuación aumenta los grados de libertad y la precisión de la estimación. Estas ecuaciones por lo general se estiman conjuntamente con la función de costos.

El supuesto de una tecnología “bien comportada” impone algunas restricciones sobre los parámetros. Esto nos permite simplificar el procedimiento de estimación. Las restricciones incluyen homogeneidad lineal en los precios de los insumos y simetría en los parámetros en la interacción de los precios

La estimación de los parámetros del modelo de costos unitarios del servicio se presenta en la tabla 3.1. Cada parámetro puede ser interpretado como el cambio porcentual en el costo provocado por el aumento de 1% del valor del término correspondiente en la función de costo, cuando el valor de los restantes términos permanece constante.

**Tabla 3.1**

Resultados de la Estimación de la Función Translog de Costo de Entrega de Gas

Logaritomo de verosimilitud = 3369.96

Variable Explicativa	Coefficiente Estimado	Desvaición Estandar	T Estadística	Variable Explicativa	Coefficiente Estimado	Desvaición Estandar	T Estadística
PL	0.251	0.004	71.43	PON	0.040	0.009	4.58
PLPL	0.012	0.011	1.06	POA	0.009	0.002	4.25
PLPK	-0.011	0.012	-0.95	POT	0.003	0.001	3.73
PLPO	-0.012	0.011	-1.06	V	0.60	0.039	1.55
PLV	-0.053	0.010	-5.20	VV	0.021	0.112	0.19
PLN	0.048	0.010	5.08	VN	-0.124	0.105	-1.19
PLA	0.000	0.002	0.12	VA	0.018	0.024	0.77
PLT	-0.001	0.009	-1.12	VT	-0.012	0.003	-3.72
PK	0.596	0.005	115.48	N	0.800	0.079	10.13
PKPK	-0.088	0.016	-5.60	NN	0.386	0.124	3.10
PKPO	0.099	0.010	9.94	NA	0.011	0.032	0.34
PKV	0.098	0.015	6.55	NT	0.007	0.004	1.81
PKN	-0.088	0.014	-6.30	A	0.029	0.024	1.23
PKA	-0.009	0.003	-2.78	AA	0.028	0.012	2.22
PKT	-0.002	0.001	-1.55	AT	-0.001	0.001	-0.82
PO	0.153	0.003	47.60	T	-0.003	0.002	-1.39
POPO	-0.098	0.013	-7.70	TT	0.001	0.001	2.40
POV	-0.045	0.009	-4.83	Constante	12.164	0.067	180.24

VARIABLES: PL = Precio del trabajo, PK = Precio del capital, PO = Precio de otros insumos, V = Volumen, N = Número de usuarios, A = Area del territorio del servicio en millas cuadradas, y T = Tendencia en el tiempo

En la tabla también se reportan los estadísticos de significancia *t*. Esta prueba de hipótesis depende de los valores críticos. En este caso, se emplearon los valores críticos que concuerdan con un nivel de confianza del 95%.

### ***Etapa 2: Estimación de las Funciones de Demanda de la Forma Translog para el Mercado de Gas Natural de los Estados Unidos.***

En la etapa anterior se realizó la estimación de la función de costo del servicio de distribución del gas natural en Estados Unidos. Esta función puede ser aplicada al mercado actual de la Ciudad de México utilizando los valores de números de usuarios y volumen de entrega. Sin embargo, esto no tendría en cuanto el diferencial de desarrollo entre las industrias del gas natural de México y Estados Unidos. Por lo tanto, la aplicación de la función de costos al caso de México se realiza para el nivel de demanda que existirá en la ZMCM en el año 2010, año en el que se supone que la ZMCM habrá desarrollado un sistema de distribución similar al promedio que existe en la actualidad en Estados Unidos. Así, nuestra metodología requiere estimar que existirá en la ZMCM en el año 2010. Con este fin, estimamos primero los coeficientes de la demanda en Estados Unidos para después aplicarlos al caso de México y obtener así un *proxi* de la demanda en la ZMCM en el año 2010.

El enfoque utilizado es el descrito en la sección 2.3, especificando las ecuaciones de demanda residencial, comercial e industrial. Para cada grupo, las demandas son definidas de acuerdo al acceso del servicio y a los volúmenes consumidos. El acceso es cuantificado por el número de usuarios con servicio de entrega de gas natural, mientras que el consumo es igual al volumen de gas entregado a esos usuarios. Estas dimensiones de demanda son consistentes con el modelo de costos, donde el número de usuarios y los volúmenes de entrega afectan al costo del servicio. Ya que tenemos tres grupos de usuarios y dos tipos de demanda, se estimaron un total de seis ecuaciones de demanda.

En todas las ecuaciones de demanda, los precios de las variables relevantes incluyeron el precio al mayoreo de cada grupo de usuarios de gas natural, electricidad y productos competidores basados en petróleo. Se espera que el coeficiente del gas natural sea negativo. La electricidad y los combustibles basados en petróleo compiten con el gas natural, por lo tanto se espera que los coeficientes para estas variables sean positivos, indicando que las demandas de gas natural aumentan cuando los precios de combustibles competitivos aumentan.

Las ecuaciones de demanda industriales también incluyen los precios del trabajo y del capital. En la ecuación de volumen se espera que el signo de estas variables sea positivo, reflejando la sustitución hacia insumos de energía cuando los precios de los factores aumentan. Sin embargo, en la ecuación de acceso se espera

que dichos signos sean ambiguos, ya que si bien el efecto sustitución llevará a incrementar la demanda de gas natural, la cantidad de nuevos usuarios industriales puede disminuir conforme los precios del trabajo y, en especial, del capital aumenten. Menor surgimiento de usuarios industriales disminuirá la demanda de acceso a gas natural.

Dos variables que miden el poder de compra fueron incluidas. Una es el número de familias: manteniendo todo igual, más familias implica un mayor mercado para los productos del gas natural, así que se espera que su coeficiente sea positivo. La otra variable es el ingreso personal, la cual también se espera que tenga un coeficiente positivo.

Una variable que mide el clima fue incluida para estimar lo que se llama “demandas inducidas por el clima”, ya que es claro que la demanda de calefacción depende del clima. La medida de clima es el número de días anuales de uso de calefacción. Así, se espera que conforme la temperaturas promedio disminuyan la medida aumente, por lo tanto se espera que tenga un efecto positivo sobre la demanda.

También fueron incluidas variables cualitativas para identificar a cada empresa<sup>13</sup>. Dichas variables capturan el efecto neto sobre la demanda que resulta de variables explicativas relevantes, pero que han sido excluidas. Ejemplos de tales variables son: 1) las políticas que promueven el uso del gas por razones ambientales o incentivar a la conservación de productos energéticos competitivos; 2) una industria intensiva en energía en cierta área; y, 3) la distancia de los campos de gas natural y el número de gasoductos que están sirviendo el área. Al capturar el impacto de dichos efectos, el modelo de efectos fijos mejora la confiabilidad de la estimación de las otras variables independientes. Una tendencia lineal en el tiempo también fue incluida para capturar el efecto neto sobre el costo de una conjugación de tendencias, incluyendo tendencias de largo plazo en la demanda de energía y el impacto de variables relevantes de mercado que fueron excluidas del análisis<sup>14</sup>

### ***Los Datos***

Las demandas de gas natural fueron estimadas utilizando datos de 48 estados de Estados Unidos para el periodo 1980-93. Esta forma de seleccionar datos para la

<sup>13</sup> Esta variable toma el valor de “1” para las observaciones de la demanda de un estado en cuestión y el valor de “0” para las observaciones de demanda de los otros estados. En la parte de los datos se entenderá esta división.

<sup>14</sup> Pruebas estadísticas determinaron que un modelo de efectos fijos en el tiempo, que incorpora variables cualitativas de tiempo (Hicks neutral) específicas, no fue superior a una especificación simple de tendencia lineal en el tiempo. La especificación de tendencia no neutral en el tiempo que se utiliza se incluye en estas pruebas para mejorar el modelo neutral de Hicks.

estimación de las demandas resulta ser la más apropiada ya que los datos de precios de combustibles competitivos y de ingreso no están disponibles normalmente para un territorio de una compañía local de distribución de gas (LDC). Aún más, algunas veces los territorios de las LDC son discontinuos lo cual complica más el uso de esos datos. En contraste, los datos a nivel estatal están disponibles y pertenecen a zonas bien definidas.

Los datos se obtuvieron de diversas fuentes. El número de usuarios y los volúmenes de entrega se obtuvieron del *Natural Gas Annual*, publicado por la Administración de Información Energética (AIE) del Departamento de Energía de los Estados Unidos. Precios del gas, electricidad y combustibles del petróleo se obtuvieron del *State Energy Price and Expenditure Report* de la AIE. Precios del trabajo fueron tomados como el salario promedio dentro de cada estado, como se reporta en la *Monthly Labor Review* publicada por el Departamento del Trabajo de los Estados Unidos. Datos de población y número de familias se obtuvieron del *Census Bureau* del Departamento de Comercio de los Estados Unidos. El ingreso por familia se tomó de *Regional Projections* de la Oficina de Análisis Económico del Departamento de Comercio. La variable de clima se basó en datos del Centro Nacional de Datos Climáticos, del Departamento de Comercio. La variable relacionada con capital fue el precio promedio del capital en la muestra del *USR* en cada año. Esta variable no varía a nivel estatal sino que lo hace a través del tiempo. Esta forma de tomar la variable es la adecuada ya que los precios del capital son más uniformes a través de los estados que los precios del trabajo debido a la mayor movilidad del capital.

### ***Procedimiento de Estimación***

De manera similar a la estimación de la función de costos, una forma translog fue seleccionada para la función de demanda. La forma general de la función de demanda translog es la siguiente:

$$\begin{aligned} \ln D = & \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln Y_i + \sum_h \alpha_h \ln Z_h + \sum_j \alpha_j \ln P_j + \alpha_T T \\ & + \frac{1}{2} \left[ \sum_i \sum_k \gamma_{ik} \ln Y_i \ln Y_k + \sum_h \sum_m \gamma_{hm} \ln Z_h \ln Z_m + \sum_j \sum_n \gamma_{jn} \ln P_j \ln P_n + \gamma_{TT} T^2 \right] \\ & + \sum_i \sum_h \gamma_{ih} \ln Y_i \ln Z_h + \sum_h \sum_j \gamma_{hj} \ln Z_h \ln P_j \\ & + \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln Y_i \ln P_j + \sum_i \gamma_{iT} \ln Y_i T \\ & + \sum_j \gamma_{jT} \ln P_j T + \sum_h \gamma_{hT} \ln Z_h T. \end{aligned}$$

Donde  $\alpha$  y  $\gamma$  son los parámetros a estimar y el precio del producto, el ingreso, las familias y las variables distintas (misceláneas) aparecen en forma logarítmica, así como el costo.  $T$  es una variable no logarítmica que describe la tendencia en el tiempo, y las variables cualitativas para cada empresa en específico son incorporadas a la función antes de la estimación.

Para cada grupo de usuarios, se estimaron simultáneamente las ecuaciones de demanda de acceso y de volumen. La variable dependiente en la ecuación de demanda de acceso es el número de usuarios que se asume depende del número de familias. Por el lado de los volúmenes, se supone que, en lugar de depender del número de familias, se utiliza el número de usuarios como determinante de la demanda de entrega de volúmenes de gas. Este es un enfoque conceptualmente más directo y apropiado, pero implica también un procedimiento de estimación simultánea ya que el número usuarios es la variable dependiente en una ecuación pero es una variable independiente en la otra.

El procedimiento de estimación utilizado fue el de mínimos cuadrados en dos etapas. El supuesto de una estructura de demanda bien comportada impone algunas restricciones en los parámetros del sistema que permiten simplificar el procedimiento de estimación. Al igual que en el caso de la estimación de los costos, las restricciones incluyen ahora homogeneidad lineal en los precios de los productos y simetría en los parámetros en el precio de los términos de interacción.

### **Resultados**

La estimación de los parámetros del modelo de demanda de gas natural en los Estados Unidos se presenta de la tabla 3.2 a la 3.6. Cada parámetro es el valor de la elasticidad, el cual puede ser interpretado como el cambio porcentual de la demanda de gas provocado por un aumento de 1% en el valor del término correspondiente de la función de demanda cuando el resto de las otras variables permanecen constantes. En las tablas también se reportan los correspondientes valores del estadístico  $t$ . Esta prueba de hipótesis depende de los valores críticos. En este caso, se emplearon los valores críticos que concuerdan con un nivel de confianza del 95%.

**Tabla 3.2**  
**USUARIOS RESIDENCIALES DE GAS NATURAL**  
**RESULTADOS DE LA REGRESIÓN TRANSLOG, 1980-93**

Variable Explicativa	Coefficiente Estimado	T Estadístico	Variable Explicativa	Coefficiente Estimado	T Estadístico
Constante	-0.094	-1.42	PO	0.108	2.24
H	1.236	6.30	POPO	0.061	0.31
HH	0.084	0.60	POPE	0.179	1.12
HPG	-0.057	-1.32	POZ	0.145	2.33
HPO	0.086	2.33	POT	0.027	2.73
HPE	0.057	0.91	PE	0.144	1.93
HZ	0.089	1.20	PEPE	0.328	1.66
HT	-0.001	-0.43	PEZ	0.071	0.49
PG	-0.060	-1.02	PET	-0.019	-2.01
PGPG	-0.042	-0.20	Z	0.099	1.18
PGPO	0.157	0.90	ZZ	0.135	1.45
PGPE	-0.179	-1.17	ZT	0.010	2.61
PGZ	0.053	0.54	T	0.002	0.53
PGT	0.015	1.63	TT	0.003	3.43

VARIABLES: H = Número de familias, PG = Precio del gas natural, PO = Precio del combustóleo, PE = Precio de la electricidad, Z = Días de demanda de calefacción, y T = Tendencia en el tiempo.

**Tabla 3.3**  
**VOLUMEN RESIDENCIAL DE GAS NATURAL**  
**RESULTADOS DE LA REGRESIÓN TRANSLOG, 1980-93**

Variable Explicativa	Coefficiente Estimado	T Estadístico	Variable Explicativa	Coefficiente Estimado	T Estadístico
Constante	0.028	0.63	PGPO	0.055	0.45
N	0.193	1.57	PGPE	0.263	2.79
NN	-0.528	-6.00	PGZ	0.123	1.96
NI	0.380	4.46	PGT	0.008	1.19
NPG	-0.122	-2.83	PO	0.070	2.06
NPO	0.047	1.19	POPO	0.024	0.20
NPE	0.078	1.35	POPE	-0.085	-0.85
NZ	0.004	0.07	POZ	0.069	1.78
NT	-0.007	-2.44	POT	0.004	0.64
I	0.528	5.07	PE	0.027	0.49
II	-0.321	-2.98	PEPE	-0.201	-1.61
IPG	0.149	2.82	PEZ	-0.181	-1.96
IPO	-0.030	-0.65	PET	-0.001	-0.17
IPE	-0.173	2.20	Z	0.646	12.64
IZ	0.002	0.04	ZZ	0.243	4.05
IT	0.011	3.19	ZT	0.008	3.22
PG	-0.157	-3.97	T	-0.003	-1.13
PGPG	-0.431	-2.71	TT	0.002	2.14

VARIABLES: N = Número de usuarios, I = Ingreso total, PG = Precio del gas natural, PO = Precio del combustóleo, PE = Precio de la electricidad, Z = Días de demanda de calefacción, y T = Tendencia en el tiempo.

**Tabla 3.4**  
**USUARIOS COMERCIALES DE GAS NATURAL**  
**RESULTADOS DE LA REGRESIÓN TRANSLOG, 1980-93**

Variable Explicativa	Coficiente Estimado	T Estadístico	Variable Explicativa	Coficiente Estimado	T Estadístico
Constante	-0.013	-0.11	PO	0.130	1.90
H	1.159	3.14	POPO	-0.194	-0.59
HH	-0.609	-2.36	POPE	-0.151	-0.58
HPG	-0.030	-0.36	POZ	0.002	0.02
HPO	0.060	1.12	POT	0.002	0.09
HPE	-0.025	-1.18	PE	0.151	0.91
HZ	0.028	0.20	PEPE	1.141	2.77
HT	0.000	-0.02	PEZ	0.445	1.63
PG	-0.162	-1.48	PET	-0.037	-2.06
PGPG	-0.209	-0.49	Z	0.181	1.16
PGPO	0.470	1.65	ZZ	0.093	0.55
PGPE	-0.316	-1.00	ZT	0.011	1.61
PGZ	-0.186	-1.04	T	0.020	3.28
PGT	0.071	3.41	TT	-0.005	-2.86

VARIABLES: H = Número de familias, PG = Precio del gas natural, PO = Precio del combustóleo, PE = Precio de la electricidad, Z = Días de demanda de calefacción, y T = Tendencia en el tiempo.

**Tabla 3.5**  
**VOLUMEN COMERCIAL DE GAS NATURAL**  
**RESULTADOS DE LA REGRESIÓN TRANSLOG, 1980-93**

Variable Explicativa	Coficiente Estimado	T Estadístico	Variable Explicativa	Coficiente Estimado	T Estadístico
Constante	-0.184	-1.35	PGPO	-0.005	-0.02
N	0.714	2.85	PGPE	-0.321	-1.01
NN	0.584	2.79	PGZ	0.013	0.07
NI	-0.444	-1.83	PGT	-0.077	-2.91
NPG	0.634	3.57	PO	0.157	2.07
NPO	0.095	0.87	POPO	0.453	1.35
NPE	-1.189	-4.70	POPE	-0.050	-0.19
NZ	-0.398	-2.26	POZ	0.161	1.80
NT	-0.036	-4.44	POT	-0.001	-0.06
I	-0.398	-1.36	PE	0.206	1.22
II	-0.395	1.42	PEPE	0.175	0.36
IPG	-0.550	-2.76	PEZ	-0.044	-0.15
IPO	-0.049	-0.43	PET	0.027	1.32
IPE	1.099	3.63	Z	0.775	4.80
IZ	0.209	1.04	ZZ	0.620	3.19
IT	0.034	3.76	ZT	0.012	1.72
PG	-0.537	-4.64	T	0.016	1.92
PGPG	1.133	1.98	TT	-0.001	-0.24

VARIABLES: N = Número de usuarios, I = Ingreso total, PG = Precio del gas natural, PO = Precio del combustóleo, PE = Precio de la electricidad, Z = Días de demanda de calefacción, y T = Tendencia en el tiempo.

**Tabla 3.6**  
**VOLUMEN INDUSTRIAL DE GAS NATURAL**  
**RESULTADOS DE LA REGRESIÓN TRANSLOG, 1980-93**

Variable Explicativa	Coefficiente Estimado	T Estadístico	Variable Explicativa	Coefficiente Estimado	T Estadístico
Constante	0.079	1.16	POPE	0.143	0.60
N	0.119	2.23	POW	0.528	0.84
NN	-0.074	-2.42	POK	0.163	0.26
NPG	-0.064	-1.14	POT	-0.094	-2.06
NPO	-0.054	-1.33	PE	0.500	3.04
NPE	0.177	2.56	PEPE	0.432	1.57
NW	0.513	1.55	PEW	-0.363	-0.33
NK	0.166	2.45	PEK	0.210	0.61
NT	-0.033	-2.44	PET	0.061	1.26
PG	-0.549	-4.40	W	4.097	1.79
PGPG	-0.533	-2.73	WW	10.095	1.72
PGPO	0.257	0.89	WK	-0.391	-0.38
PGPE	0.324	1.22	WT	-0.389	-1.62
PGW	-1.738	1.94	K	0.308	1.46
PGK	-0.434	-1.33	KK	0.943	0.42
PGT	0.144	3.31	KT	0.026	0.38
PO	0.234	2.47	T	-0.150	-1.60
POPO	0.159	0.32	TT	0.028	2.44

VARIABLES: N = Número de usuarios, PG = Precio del gas natural, PO = Precio del combustóleo, PE = Precio de la electricidad, W = Tasa salarial promedio, K = Precio del capital, y T = Tendencia en el tiempo.

Debe notarse que no existe una ecuación de demanda para el número de usuarios industriales. Se experimentó con diferentes especificaciones de esta ecuación de demanda, pero los resultados nunca fueron satisfactorios. Lo anterior no debe sorprender, ya que muchos factores que son difíciles de cuantificar afectan al grado de industrialización en un estado dado y, por extensión, la demanda de acceso a la entrega de gas natural por parte de usuarios industriales. Estos factores incluyen acceso a materias primas, acceso a puertos y otras formas de transporte que amplían el poder de mercado y patrones históricos de desarrollo industrial.

En las tablas 3.2 y 3.3 se presentan los parámetros estimados de las demandas por acceso y volumen de los usuarios residenciales. En la ecuación de la demanda de acceso de dichos usuarios se puede ver que todos los parámetros tienen el signo correcto y, además, los coeficientes del número de familias, el precio del combustóleo y del precio de la electricidad son estadísticamente diferentes de cero. El coeficiente mayor es el que corresponde al número de familias y su valor (1.23) sugiere que un aumento de 1% en esa variable llevará a un aumento de 1.23 % en el número de usuarios residenciales. Otro resultado importante es que el coeficiente de demanda de calefacción no es significativo (no se puede rechazar la hipótesis nula de que el coeficiente es estadísticamente cero). Esto puede indicar que los usuarios residenciales, en general, demandan mayor acceso a entrega de gas natural a sus necesidades de calefacción. Una explicación alternativa es que la políticas públicas

para promover el acceso universal al gas natural son aplicadas sin tomar en cuenta las temperaturas promedio de cada estado.

La demanda de volumen de gas natural por usuarios residenciales se presentan en la tabla 3.3. Como se puede observar en dicha tabla, todos los coeficientes tienen el signo correcto y aquellos para el ingreso, el precio del gas natural, el precio del combustóleo y la demanda de calefacción son significativos (se rechaza la hipótesis nula de que dichos coeficientes son estadísticamente cero). La variable que tiene una  $t$  estadística calculada mayor es la demanda de calefacción. Esto implica que, si bien esta variable no es significativa para explicar el número de usuarios residenciales (demanda de acceso de usuarios residenciales), si tiene un fuerte impacto en la determinación del volumen de gas natural que es entregado una vez que se cuenta con el acceso.

Las ecuaciones de demanda de usuarios comerciales se presentan en las tablas 3.4 y 3.5. En la tabla que corresponde a la demanda de acceso se puede observar una vez mas que tienen el signo esperado, aunque sólo el número de familias y el precio del combustóleo son significativos. Asimismo, el factor que tiene el mayor impacto en la demanda de acceso de gas natural es el número de familias.

La demanda de volumen por parte de los usuarios comerciales se presentan en la tabla 3.5. Todos los coeficientes tienen el signo correcto, excepto el ingreso que además no es significativo. Los demás coeficientes son significativos excepto el del precio de la electricidad. Es importante mencionar que las magnitudes de las elasticidades en esta ecuación son mayores en valor absoluto que aquellas para los usuarios residenciales. Esto es normal, ya que las entregas de gas a usuarios comerciales son probablemente más sensibles a cambios en los precios que para aquellas a usuarios residenciales.

En la tabla 3.6 se presenta la estimación de la demanda de volúmenes de usuarios industriales. Se puede ver que todos los coeficientes tienen el signo correcto y que son significativos. Los coeficientes del trabajo y del capital son positivos y apenas significativos. Esto sugiere que hay algún efecto de sustitución de trabajo y capital por energía en el proceso de producción. Las magnitudes de las elasticidades de los precios de los combustibles son mayores en valor absoluto que aquellos para los usuarios tanto residenciales como comerciales. De nuevo, este resultado es el esperado, ya que la demanda de entrega de los usuarios industriales es más sensible a cambios en los precios que para otros usuarios.

En todas las estimaciones de las demandas se observa que las elasticidades son razonables y bien comportadas. Se concluye que estas ecuaciones pueden ser la base para proyectar las demandas de un mercado maduro de gas natural en México después de hacer algunas adaptaciones para las circunstancias especiales de este mercado.

### ***Etapa 3: Pronostico de las Demandas de Gas Natural en México para el Año 2010.***

En las dos etapas anteriores se han estimado las funciones tanto de costo del servicio de distribución de gas natural, así como las de demanda, basadas en datos del mercado de gas natural de los Estados Unidos. Los parámetros de la función de costo pueden ser utilizados para estimar los costos de atender a un mercado dado dentro de una determinada zona. Las funciones de demanda pueden ser utilizadas para estimar tanto el número de usuarios como el volumen del gas entregado que se espera en el futuro. Sin embargo, algunas modificaciones de estos modelos deben ser hechas para poder ser aplicados al mercado de gas natural en México.

El primer elemento a considerar es si las variables utilizadas por el modelo de demanda son pertinentes para el caso de México. Según lo planteado en la etapa anterior, todas las variables del modelo son apropiadas para capturar los factores que afectan la demanda de gas natural en México, salvo una excepción. En los Estados Unidos el principal producto petrolífero que compite con el gas natural para uso doméstico y comercial es el *distillate fuel*, mientras que en México la competencia sería con el gas LP. Por consiguiente, en la formulación de los modelos de demanda de usuarios residenciales y comerciales, se ha sustituido el precio del gas LP por el precio del *distillate fuel*.

El siguiente elemento a tomar en cuenta es la disponibilidad de los datos para aplicar los modelos de demanda estimados para el caso de México. Debido a que se intenta determinar las zonas geográficas con una visión a futuro (año 2010), lo ideal es poder contar con una *proyección* a futuro de los determinantes de la demanda. Pronósticos de estas variables rara vez están disponibles, así que se tuvieron que generar pronósticos de diversas maneras: vinculando los datos para México con proyecciones referenciales disponibles en los Estados Unidos, empleando tendencias de mas largo plazo para México, o elaborando distintos escenarios que parecen bastante razonables con base a experiencias recientes.

El pronóstico para el año 2010 de las variables que explican la demanda de gas se obtuvo de la manera siguiente.

#### ***Población y Hogares.***

- Crecimiento de la población: Como primer paso se obtuvieron proyecciones del crecimiento poblacional en las distintas delegaciones y municipios que constituyen el área metropolitana.
- Distrito Federal: Las proyecciones al año 2010 se tomaron del *Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal*, elaborado por las Comisiones Unidas

de Desarrollo Urbano y Establecimientos de Reserva Territoriales, de Desarrollo Metropolitano y de Desarrollo Rural.

- Las cifras corresponden al promedio aritmético de los cálculos de proyección hechos para los Escenarios Tendencial y Programático.
- Municipios conurbados del Estado de México: Debido a la falta de información similar para los municipios conurbados, se optó por elaborar cálculos tomando como base las tasas de crecimiento poblacional durante el periodo 1990-1995. Dichas tasas de crecimiento provienen de la información censal y de las estimaciones de población hechas por el INEGI. Con el objeto de obtener proyecciones más razonables, se requirió ajustar las tasas de crecimiento para un número reducido de municipios, debido a que las cifras originales mostraban un crecimiento negativo o una exagerada expansión del número de habitantes. Los cálculos que se obtuvieron para la población metropolitana en el año 2010 aparecen en el “*Cuadro Proyecciones Demográficas y Territorio Urbano*”.
- Número de hogares: Con la proyección de la población urbana, se obtuvo un calculo en cada delegación y municipio, utilizando información reciente del INEGI sobre el número de habitantes por hogar en cada lugar. También se consideró necesario realizar un ajuste adicional al número de hogares, de manera que se pudiera tomar en cuenta el acceso que tienen las familias a la infraestructura urbana moderna.
- Mercado potencial: Los hogares que no disponen de servicios básicos, tales como agua corriente y desagüe, difícilmente podrán constituirse en usuarios de gas natural. Es decir, no todos los hogares del ámbito metropolitano tienen el mismo potencial de convertirse en clientes de la red de distribución de gas natural.
- Acceso a agua entubada: Para hacer este ajuste al tamaño potencial del mercado, se tomó como referencia el porcentaje de viviendas con acceso a agua entubada en las distintas partes del área metropolitana.

El *Censo de Población y Vivienda de 1990* indican que la proporción de viviendas con agua fluctúa entre el 14% y 93%, notándose los siguientes promedios:

Distrito Federal	71%
Municipios Conurbados	54%
Zona Metropolitana de la Ciudad de México	62%

Los porcentajes atribuibles a cada zona fueron reajustados hacia arriba, debido a que se espera que la cobertura de viviendas con acceso a infraestructura básica aumentará progresivamente. De esta manera se proyectaron nuevos porcentajes de viviendas para el año 2010:

Distrito Federal	87%
Municipios Conurbados	68%
Zona Metropolitana de la Ciudad de México	77%

Luego de aplicar toda esta información de porcentajes al conjunto inicial de las cifras de hogares, se obtienen las proyecciones del número de hogares ajustado que se muestran en el “Cuadro Proyecciones Demográficas y Territorio Urbano”.

Tabla 3.8

**PROYECCIONES DEMOGRAFICAS Y DE TERRITORIO URBANO  
PARA LA CIUDAD DE MEXICO: 2010**

	<b>Poblacion (Miles)</b>	<b>Hogares Ajustado (Miles)</b>	<b>Territorio Urbano (Hectareas)</b>
<b>Delegaciones D.F.</b>	9,007.2	1,693.4	70,300
Azcapotzalco	444.3	94.6	3,351
Coyoacan	733.9	164.6	5,400
Cuajimalpa	180.2	23.7	2,122
Gustavo A. M.	1,205.8	233.8	8,709
Iztalco	414.7	83.9	2,312
Iztapalapa	1,813.3	273.1	11,115
Magdalena C.	247.1	37.8	3,200
Miapa Alta	89.8	7.8	1,565
Alvaro Obregon	714.5	136.1	6,194
Tlahuac	339.8	30.8	2,960
Tlalpan	667.7	105.1	5,923
Xochimilco	375.0	47.3	3,401
Benito Juarez	381.2	108.0	2,680
Cuauhtemoc	548.3	147.0	3,261
Miguel Hgo.	374.3	91.5	4,699
Venustiano C.	477.5	108.3	3,408
<b>Municipios Con.</b>	12,345.9	1,647.9	101,141
Acolman	94.0	8.5	942
Atenco	54.1	4.6	802
Atizapan de Zar.	887.2	139.4	8,647
Chalco	156.4	5.3	2,898
Chicoloapan	120.7	8.0	1,295
Coacalco	417.0	87.8	3,422
Cuautitlan	84.4	14.4	1,308
Cuaut. Izcalli	752.5	155.3	9,149
Chimalhuacan	1,140.6	58.1	4,956
Ecatepec	2,236.3	316.9	14,243
Huixquilucan	301.6	38.8	2,436
Ixtapaluca	396.4	32.4	5,452
Jaltenco	36.8	6.9	654
La Paz	350.8	33.6	2,661
Melchor Ocampo	60.1	6.8	486
Naucalpan	981.3	148.0	7,720
Nezahualcoyotl	1,227.0	159.5	5,104
Nextlalpan	33.1	2.4	638
Nicolas Romero	434.2	36.4	4,208
Tecamac	231.6	25.2	4,364
Teoloyucan	101.7	9.4	519
Tepetzotlan	115.9	11.2	574
Texcoco	286.2	38.4	2,536
Tlalnepantla	738.7	128.8	6,809
Tultepec	187.4	23.3	784
Tultitlan	753.3	130.4	5,488
Zumpango	166.6	18.1	3,046
<b>Total Zona Metropolitana</b>	21,353.1	3,341.3	171,441

### ***Territorio Urbano.***

Se establecieron proyecciones del territorio urbano disponible en la Ciudad de México. Esta variable permite estimar la densidad de población y los usuarios en un determinado espacio geográfico. Estos datos a su vez se utilizan para el cálculo de los costos unitarios de la red de distribución.

- Distrito Federal: La información disponible más reciente del área urbana en el Distrito Federal se obtuvo de cada *Programa Delegacional de Desarrollo Urbano*. Los números para cada delegación fueron proyectados al año 2010 con base en un análisis propuesto en el programa de desarrollo urbano del D.F. Este análisis indica una modesta expansión del territorio de uso urbano y un escaso aumento de la población en el D.F.. Esto es, se pronostica que la densidad de población permanecerá básicamente estable en el futuro.
- Municipios conurbados: Para efectuar las proyecciones, se utilizó la información existente en los planes de desarrollo y en las fuentes primarias. Se realizó un cálculo aproximado con base en datos del volumen y usos de la superficie total. Posteriormente, se elaboraron proyecciones al 2010 tomando en cuenta el crecimiento poblacional previsto y haciendo ajustes con el fin de no exceder el espacio físico asignado y evitar tasas de densidad poblacional poco realistas. Con base en los planes de desarrollo se obtuvo que la tasa de crecimiento de la población en los municipios va a exceder el aumento en el territorio urbano. Debido a ello, y en contraste a la situación del D.F., queda previsto un aumento moderado en la densidad de la población correspondiente a los municipios.

En el “*Cuadro Proyecciones Demográficas y Territorio Urbano*” se muestran las estimaciones que del territorio urbano para el año 2010.

### ***Ingreso de los Hogares.***

La información del ingreso por hogar en el área metropolitana se obtuvo de la *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares*, Tercer Trimestre 1994 del INEGI.

- Proyección del Ingreso: La cifra del ingreso corriente total trimestral por hogar se convirtió a un valor anual y después se tradujo a dólares constantes. Este monto se incrementó en función de la tendencia de largo plazo en el crecimiento del consumo privado de México. Debido a que no se encontraron datos de ingreso igualmente confiables, se optó por trabajar con la variable de consumo privado. Esta variable sigue el movimiento de los ingresos aún cuando se supone que el ahorro tiende a variar en una proporción similar.

- Consumo privado: De acuerdo con datos publicados en los *World Tables* del Banco Mundial, el consumo privado real per capita de México creció a una tasa promedio anual de 1.9% entre 1972-1992. Esta tendencia es similar a la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto per capita utilizada por la Comisión Federal de Electricidad para elaborar sus proyecciones de la demanda de electricidad<sup>15</sup>. Al aplicar esta tasa de crecimiento, y suponiendo que el número de hogares aumenta en forma paralela a la población, se obtuvo un ingreso real familiar en la Ciudad de México de US\$19,329 para el año 2010.

### ***Precio de los Energéticos.***

En los modelos se utilizan los precios de tres productos energéticos: gas natural, gas LP y electricidad. Para cada uno de ellos se proyectaron cifras de precios al año 2010.

- Gas Natural: Se consideró la metodología que aparece en la *Directiva Sobre la Determinación de Precios y Tarifas Para las Actividades Reguladas en Materia de Gas Natural*, publicada por la CRE. El procedimiento consiste en añadir márgenes a los servicios de comercialización, transmisión y distribución y, posteriormente, reconocer el nexo que existe entre el precio inicial del Houston Ship Channel (HSC) y el precio final en México. Se obtuvo una última cotización del precio del gas natural en el HSC y se proyectó al año 2010 utilizando los pronósticos de tasas de crecimiento de los precios en el mercado norteamericano que aparecen en el *Annual Energy Outlook 1995*, publicado por la Agencia Internacional de Energía (AIE). Se utilizó este precio en la fórmula que aparece en la mencionada directiva de la CRE en donde se establece el precio máximo de venta de primera mano en Ciudad Pemex. Por último, se incluyó un monto adicional con el propósito de reflejar los costos de transmisión y distribución --suponiendo que permanecen estables a lo largo de todo el periodo de proyección-- además de añadir un 15% correspondiente de IVA. Calculando el costo de transportar el gas de la Ciudad Pemex a la capital en 1.5 US\$/Gcal, equivalentes a un promedio de costos entre Venta de Carpio y el Valle de México, se obtiene un estimado del precio real del gas natural en año 2010 de 19.4 US\$/Gcal o de 4.9 US\$/mmBTU (incluyendo un IVA de 15%).
- Gas LP: Para calcular el precio del gas LP se aplicó una metodología similar realizando algunos ajustes previos. Se corrigió la distorsión de precios generada por el subsidio otorgado a este combustible. De acuerdo con ciertos cálculos este

<sup>15</sup> Según la *Prospectiva del Sector Eléctrico, 1995-2004* publicada por CFE, las tasas de crecimiento esperadas del Producto Interno Bruto y el número de hogares son de 4.2% y 2.4% por año, respectivamente, para el periodo 1995-2004.

subsidio ascendió a un 15% del precio de venta al público durante el tercer trimestre de 1996. Una vez reajustado el precio de venta doméstico, se tomó como referencia internacional la cotización en Mont Belvieu de un precio spot, cuya composición es 80% propano y 20 % butano normal. Al erradicarse el subsidio presente en la serie de precios, también fue posible estimar un margen implícito de distribución y transporte del gas licuado a la Ciudad de México. Finalmente se aplicó este margen, suponiendo su estabilidad en los próximos años, junto con un precio futuro de Mont Belvieu calculado con base en los pronósticos de precios efectuado por AIE para el mercado norteamericano. Se obtuvo que, para el año 2010, el precio de venta del gas LP en la Ciudad de México será de 33 US\$/barril o 8 US\$/mmBTU.

- Electricidad: No se encontraron proyecciones del precio de la electricidad en México y, a diferencia de los casos previos, el precio de esta fuente de energía no está vinculado a algún precio de referencia internacional. Se espera que el precio de la electricidad va a continuar siendo controlado por la CFE, lo que hace difícil predecir su evolución futura. Se partió de un escenario base donde el precio de electricidad al minorista, tal como aparece en los cuadros de tarifas de la CFE, va a permanecer constante en términos reales durante el periodo 1995-2010. Se consideraron escenarios alternativos en los cuales este precio aumenta o disminuye acumulativamente en un 20% durante el mismo horizonte temporal. Todos estos escenarios de precios se ubican dentro del ámbito de experiencia de los Estados Unidos y parecen ciertos, dadas las proyecciones hechas por la CFE acerca de los incrementos planeados de capacidad y la demanda de electricidad.

### ***Temperatura Ambiental***

En los modelos de demanda se utiliza la variable *heating degree days* para controlar el efecto que pueda tener el factor climatológico en el comportamiento de los mercados. Lamentablemente no existe información sobre esta variable en México. Sin embargo, se puede lograr una buena aproximación utilizando datos de la temperatura promedio mensual en la ZMCM.

La forma de construir dicha variable es la siguiente: 1) A 65 grados Fahrenheit se le resta la temperatura promedio mensual. Si el resultado es positivo se multiplica por el número de días en el mes. En caso contrario, la observación mensual equivale a cero. Y 2) se repite el procedimiento para cada mes del año de forma que la sumatoria de estos resultados aporta la aproximación deseada.

Este procedimiento fue utilizado conjuntamente con datos de la temperatura promedio mensual de la zona metropolitana, recogidos por el INEGI, para obtener la variable de temperatura ambiental. Finalmente, se asume que la variable *heating degree days* se mantiene constante en el futuro.

### ***Precio del Capital y de la Mano de Obra.***

La ecuación del modelo de la demanda industrial requiere información acerca de los precios del capital y del trabajo. Debido a que los parámetros del modelo han sido estimados con base en la demanda de los Estados Unidos, se puede aplicar la ecuación para México utilizando información sobre la relación que existe entre el precio de los insumos en México y en los Estados Unidos.

- **Precio del trabajo:** Se desarrolló un cálculo del precio del trabajo mediante una comparación de los salarios promedios en industrias afines entre México y Estados Unidos. El nivel remunerativo en 1994 de los trabajadores norteamericanos empleados en la distribución del gas fue calculado directamente de una base de datos USR. Se utilizó información del INEGI para obtener el mismo tipo de información para México, especialmente su encuesta sobre salarios y nivel de compensaciones en las industrias química, productos del petróleo, caucho y plásticos. Estos datos muestran que el salario promedio en México es alrededor de un 25% del que rige en EE.UU. Se tomó este dato como base para establecer el precio del trabajo en México.
- **Precio de los servicios del capital:** La función de costos utiliza un precio para los servicios del capital. Un componente de este precio de servicios es la tasa de depreciación del capital utilizado para distribuir gas natural. Se asumió que México y Estados Unidos tienen la misma tasa de depreciación, razón por la cual no se efectuó ningún ajuste a este elemento del precio de los servicios del capital.
- **Costo de usar el capital:** Debido a que el capital es más escaso en México, se supone que el costo de usarlo es más alto. La forma como se mide el costo del capital empleado por las empresas de distribución en los Estados Unidos se basa en el costo de oportunidad del capital para toda la economía norteamericana. Se estimó el costo de oportunidad del capital en México utilizando la información relevante de su sistema de cuentas nacionales y datos suplementarios sobre el acervo de capital y compensación laboral. Se encontró que el costo de usar capital en México es 6% más alto que en los Estados Unidos. Este cálculo parece razonable y, por consiguiente, se añadió un 6% al monto norteamericano para obtener una cifra base para el costo de uso del capital.
- **Costos de construcción:** Los salarios en México son más bajos que en los Estados Unidos y, si esto no se toma en cuenta, podrían sobre-estimarse los costos de construcción en México. Para derivar el precio de los servicios del capital se ha utilizado el índice Handy-Whitman de los costos de construcción de capital de una empresa proveedora de gas. El propósito es: 1) controlar los efectos de la inflación en el precio de los insumos sobre los aumentos en el acervo de capital y 2) traducir los componentes del tipo de cambio del precio del capital en el nivel de precios de los servicios del capital. El índice Handy-Whitman mide la

inflación en los costos tanto de los materiales de construcción como de la mano de obra de construcción, pero no especifica el peso relativo de ambos insumos en la preparación del índice. Se asume que los costos de construir el servicio de gas se reparten equitativamente entre los costos de construcción y los de la mano de obra. Se plantea que los costos (excluyendo la mano de obra) son idénticos en ambos países, pero que los salarios de construcción en México son un 25% de los existentes en EE.UU. El índice Handy-Whitman se modificó en función de este conjunto de supuestos.

- Impuestos: Constituyen otro componente del precio de los servicios del capital. Se supuso que la proporción atribuible a impuestos en los costos globales de capital son idénticos en México y los Estados Unidos.

### ***Combustóleo.***

Además de obtener proyecciones para las variables independientes usadas en los modelos de demanda, se tomaron en cuenta otros factores que pueden incidir en la demanda potencial del gas natural en México. Un factor es la política pública en torno a la utilización del combustóleo en el área metropolitana. Se optó por cuantificar el impacto de esta política mediante la aplicación de una ecuación de demanda para el combustóleo de uso industrial en los Estados Unidos.

Empleando las mismas fuentes de datos y técnicas descritas en la sección anterior, se estimó la elasticidad precio del combustóleo. Posteriormente, se calculó la variación de precios que sería necesaria para provocar una reducción en la demanda de combustóleo en un 80%. Se consideró que esta cifra es una buena aproximación al tipo de declive que efectivamente se podría producir a raíz las políticas gubernamentales en relación a este combustible.

El precio del combustóleo obtenido con base en este ajuste fue introducido en las ecuaciones de demanda del gas industrial.

### ***Escenarios de Demanda***

#### ***A. Escenario Base***

Los procedimientos descritos en la etapa 2 se emplearon para desarrollar un “Escenario Base” del mercado de gas natural en la ZMCM en el año 2010. Este escenario considera las proyecciones hechas por el modelo con respecto al acceso y los volúmenes de demanda de los usuarios, tanto residenciales, comerciales e industriales. Además del “Escenario Base”, se realizó un ejercicio de pronósticos de demanda para diferentes escenarios.

El propósito de este ejercicio es evaluar la sensibilidad de los resultados iniciales ante cambios en las condiciones demográficas y económicas. A pesar de

que el “Escenario Base” fue cuidadosamente construido y representa el pronóstico más probable, se reconoce que muchas de las tendencias demográficas y económicas, que afectan al mercado de gas, son difíciles de predecir. Así, al analizar los resultados de estos escenarios alternativos de demanda se logra elevar la consistencia del análisis de las zonas geográficas.

Se simularon 12 escenarios de demanda alternativos. En todos los casos se partió del escenario base y se procedió a ajustar de forma individual algunos de los factores que inciden en la demanda. A continuación se describen los escenarios alternativos:

1. *Rápido Crecimiento Poblacional*: Se supone que la tasa de crecimiento de la población se eleva de tal manera que la población de la Ciudad de México en el año 2010 es 25% mayor que en el escenario base. *Ceteris Paribus*, una mayor población debería incrementar la demanda del gas natural.
2. *Rápido Crecimiento Económico*: Este escenario asume que la tasa de crecimiento del ingreso anual *per capita* (hogar) en el área metropolitana va a ser 1% mayor que la tasa de crecimiento que se aplica al escenario base. Este cambio debería igualmente aumentar la demanda de gas.
3. *Estancamiento Económico*: Se parte de la noción que, en promedio, el crecimiento económico de la Ciudad de México va a ser nulo durante el periodo 1995-2010. Dado que ello significa un menor crecimiento que el caso inicial, se espera que este cambio resulte en una reducción de la demanda de gas.
4. *Caída de los Precios del Gas Natural*: Este escenario asume que en el año 2010 todos los precios minoristas del gas natural se fijan, en términos reales, un 20% por debajo de los precios proyectados en el escenario base. Esta reducción de precios debería motivar un incremento en la demanda de gas natural.
5. *Caída de los Precios del Gas LP*: En lugar de una caída en el precio del gas natural, este escenario asume que el precio minorista del gas LP se reduce un 20% en términos reales con respecto al precio vigente en el escenario base. Dado que el gas LP es un sustituto del gas natural, se supone que una disminución del precio del gas LP debe implicar una reducción en la demanda de gas natural.
6. *Caída de las Tarifas de Electricidad*: Este escenario es equivalente al anterior excepto que el precio de la electricidad es el que se reduce en un 20%. Nuevamente, esto debe reducir la demanda del gas natural.
7. *Aumento de los Precios del Gas Natural*: En este escenario los precios del gas natural aumentan 20% en términos reales con relación al caso básico. Se espera una reducción en la demanda de este energético.
8. *Aumento de los Precios del Gas LP*: Los precios reales de este combustible aumentan en un 20%. Debido a ello la demanda del gas natural debería aumentar.

9. *Aumento de las Tarifas de Electricidad:* Bajo este escenario las tarifas de electricidad aumentan en un 20%, lo que motivaría un incremento en la demanda del gas natural.
10. *Precio del Combustóleo Constante:* Como se mencionó anteriormente, se espera una disminución de la demanda de combustóleo debido a las políticas que desincentivan el uso de este combustible. La manera en que se capturar lo anterior es calculando el incremento de precios del combustóleo necesario para reducir su consumo en 80%. Sin embargo, no hay plena seguridad que el consumo de combustóleo vaya a reducirse en esa forma. De hecho PEMEX va a continuar refinando el combustóleo y podría adoptar una vigorosa estrategia de precios y mercadeo que logren contrarrestar los efectos esperados de la política sobre los niveles de consumo. Por lo tanto, este escenario refleja la posibilidad que el consumo de combustóleo permanezca constante debido a esfuerzos de comercialización. La manera como se aplica este caso es suponiendo que el precio del combustóleo permanece constante --en términos reales-- a lo largo del periodo 1995-2010. Debido a que el combustóleo es un competidor del gas natural, esto implica que la demanda de este último hidrocarburo debería reducirse.
11. *Incremento "Moderado" del Precio del Combustóleo:* En este escenario se supone que el consumo de este combustible se reduce en la mitad de lo planeado. Siguiendo el método de cálculo anterior, se encontró el aumento de precios que llevaría a una caída en el consumo de 40% en lugar de 80%. Comparado con el caso inicial, esto debería asimismo reducir la demanda del gas.
12. *Convergencia de los Costos de Capital:* Debido a que el capital es más escaso en México que en los Estados Unidos, el escenario base supone que el costo de utilización es mayor en México. En cambio, en este escenario se supone que los crecientes vínculos económicos entre México y Estados Unidos van a promover una convergencia del precio del capital en ambos países. Ello debe traducirse en una menor demanda de energía, ya que el modelo de demanda industrial muestra que la energía y el capital son insumos que se sustituyen entre si.

Una vez definidos los doce escenarios, se utilizaron las ecuaciones del modelo para pronosticar la demanda agregada de gas natural para cada uno de ellos. Los resultados del pronóstico aparecen en el siguiente cuadro:

Tabla 3.9

**PROYECCIONES DE DEMANDA PARA LA CIUDAD DE MEXICO:  
ESCENARIOS ALTERNATIVOS EN 2010**

	Usuarios	Cambio % Esc. Base	Volumenes (Millones - MC Anual)	Cambio % Esc. Base
<b>Escenario Base</b>	1,965,526		6,980	
<b>Escenarios Alternativos</b>				
1 Rapido Crecimiento Poblacional	2,635,320	34.1%	7,131	2.2%
2 Rapido Crecimiento Economico	1,965,526	0.0%	7,415	6.2%
3 Estancamiento Economico	1,965,526	0.0%	6,437	-7.8%
4 Caída de 20% en los Precios del Gas Natural	1,992,651	1.4%	7,890	13.0%
5 Caída de 20% en los Precios del Gas LP	1,917,140	-2.5%	6,932	-0.7%
6 Caída de 20% en las Tarifas de Electricidad	1,894,425	-3.6%	6,379	-8.6%
7 Aumento de 20% en los Precios del Gas Natural	1,939,496	-1.3%	6,230	-10.7%
8 Aumento de 20% en los Precios del Gas LP	2,008,602	2.2%	7,025	0.6%
9 Aumento de 20% en las Tarifas de Electricidad	2,051,169	4.4%	7,617	9.1%
10 Precios del Combustoleo Constantes	1,965,526	0.0%	5,691	-18.5%
11 Incremento Moderado en los Precios del Combustoleo	1,965,526	0.0%	6,357	-8.9%
12 Convergencia de los Precios del Capital	1,965,526	0.0%	6,134	-12.1%

Analizando el cuadro se puede resaltar lo siguiente. El Escenario Base presenta aproximadamente dos millones de usuarios y un volumen despachado de siete mil millones de metros cúbicos al año. Salvo el primer escenario, la magnitud de los cambios en la demanda en cada escenario es moderada y en general se manifiesta una cierta inelasticidad. Esto se aprecia en que el cambio porcentual de

una variable explicativa (aumento de 20% en los precios, por ejemplo) se traduce en un cambio proporcionalmente menor de la demanda. Este comportamiento inelástico sugiere que los resultados de las ecuaciones de demanda no son sensibles a cualquier falta de precisión que pudiera existir al fijar la cifra de una variable explicativa. Es decir, se pueden tomar los resultados iniciales del modelo con un mayor grado de confianza.

Con relación a la dirección esperada de los movimientos de la demanda, se observa que un cambio en el ingreso de los hogares no afecta la cantidad de usuarios pero sí los volúmenes demandados de gas natural. Ello se debe a que en el diseño del modelo de demanda se supone que la variable ingreso tiene una clara influencia en las cifras de volumen, pero no así en la decisión de convertirse en usuario de la red. Una inspección en los demás casos, especialmente en el comportamiento de los volúmenes, muestra que la demanda responde según lo esperado teóricamente. Este resultado indica que el modelo de demanda está bien calibrado y operando en la forma debida.

Un aspecto importante de resaltar es el hecho de que en el Escenario de Rápido Crecimiento Poblacional el número de usuarios aumenta en 34% mientras que el volumen demandado solo crece en un 2%. La razón de lo anterior es que la mayor proporción de usuarios son residenciales y son los usuarios industriales los que dan cuenta del grueso de los volúmenes demandados. Así, un mayor crecimiento de la población (hogares) puede elevar la cantidad de usuarios de tipo doméstico pero esta clase de usuarios se caracteriza por consumir una pequeña parte del volumen total demandado. Por esta razón, no se observa un crecimiento paralelo del número de usuarios y el volumen de gas natural demandado.

## **B. ESCENARIOS CONSERVADOR Y OPTIMISTA**

Una vez que se corroboró que el Escenario Base es robusto, se consideró una segunda posibilidad de estimación de la demanda con base en criterios realistas con respecto a las características técnicas y de evolución del mercado. A este segundo escenario se le denomina *Escenario Optimista (E-OP)* mientras que al Escenario Base, resultado de los cálculos del modelo econométrico, se le denomina *Escenario Conservador (E-CO)*. Como veremos más adelante, la razón para estas denominaciones es que *E-OP* predice un consumo promedio diario para la ZMCM más alto que *E-CO*.

Los resultados de las proyecciones optimista y conservadora aparecen en la primera parte del Cuadro “*Gas Natural en la Ciudad de México. Demanda y Costos de Distribución*”. Como se puede apreciar, las estimaciones obtenidas bajo *E-CO* para el volumen y número de usuarios son más bajas que los logrados por *E-OP*. No solo son menores los volúmenes despachados y el número de usuarios, sino que el consumo promedio es más bajo salvo en el caso de los usuarios industriales.

Esta diferencia se debe en parte al ajuste hecho en relación al tamaño del mercado en el *E-CO* con el propósito de tomar en cuenta solo aquellos hogares que tienen acceso a la infraestructura básica. El modelo econométrico en el que se sustenta el *E-CO* pronostica que una cierta proporción del total de usuarios domésticos, con acceso potencial a la infraestructura de distribución, puede optar por utilizar otro producto energético (tal como el gas licuado) en lugar del gas natural. Esta divergencia de resultados también refleja ciertas diferencias claves en la metodología de cálculo a pesar de que ambas fuentes utilizan datos en común tales como población, territorio urbano, etc. Un ejemplo de ello son los estimados de la demanda promedio de un usuario residencial.

El modelo econométrico de demanda *E-CO* arroja cálculos tanto del número de usuarios como del volumen total despachado. La razón entre ambas variables permite establecer un consumo promedio equivalente a 1.85 metros cúbicos por día. En cambio, bajo el método de análisis descriptivo del mercado *E-OP* se hace una proyección del total de usuarios residenciales utilizando información demográfica y de ingeniería. Posteriormente, con base en los datos y observaciones hechas se propone un consumo esperado de 2.0 metros cúbicos por día, monto que después se multiplica por el número de usuarios a fin de obtener una cifra del volumen total.

A pesar de las diferencias existentes entre los métodos *E-CO* y *E-OP*, los resultados obtenidos en cada caso son enteramente factibles. Estos escenarios además reflejan todo un rango de posibilidades en el comportamiento de los mercados, lo que es propio en todo ejercicio de pronósticos. En síntesis, cada uno de los dos enfoques ofrece una lectura ligeramente distinta de la situación del mercado del gas natural en la ZMCM en el año 2010, una es evidentemente moderada y la otra es claramente más optimista acerca del comportamiento esperado de la demanda.

#### ***Etapa 4: Pronóstico de los Costos Unitarios del Servicio para la ZMCM.***

##### ***Zonas Simétricas***

Una vez logradas las estimaciones de demanda para cada tipo de mercado se alimentó dicha información al conjunto de ecuaciones que permiten estimar los costos de distribución del gas natural. Con el propósito de establecer una base de referencia, primero se hizo un cálculo de costos promedio para un número de zonas hipotéticas en la ZMCM. Aparte de considerar al total de usuarios, volumen de gas despachado y territorio urbano dentro de una sola zona de servicio, también se dividió el total del territorio urbano en forma equitativa de manera tal que se establecieran de 2 a 5 zonas simétricas. Cada una de estas áreas tiene el mismo número de clientes, volumen de gas despachado y territorio urbano.

Los resultados de costos obtenidos para cada una de las particiones a partir de los estimados de demanda de E-CO y E-OP se presentan en la tabla “Gas Natural en la Ciudad de México. Demanda y Costos de Distribución”.

**Tabla 3.10**  
**GAS NATURAL EN LA CIUDAD DE MEXICO:**  
**DEMANDA Y COSTOS DE DISTRIBUCION**

**A) Demanda de Gas Natural en 2010: Proyecciones de E-CO y E-OP**

Mercado	Volumenes (MC/día)		Usuarios		Consumo Promedio (MCdiario/Usuario)	
	E-CO	E-OP	E-CO	E-OP	E-CO	E-OP
Residencial	3,323,906	5,307,775	1,754,949	2,653,888	1.89	2.00
Comercial	1,396,554	1,576,064	195,577	78,803	7.14	20.00
Industrial	14,403,696	26,799,751	15,000	31,716	960.25	844.99
Total	19,124,157	33,683,590	1,965,526	2,764,407	9.73	12.18

**B) Costos de Distribucion Anual: Zonas Simetricas**

Zonas	Costo Promedio Anual			
	Volumen (US\$/MC)		Usuarios (US\$/Usuario)	
	E-CO	E-OP	E-CO	E-OP
Unica	82.51	66.29	293.04	294.81
Multiples				
2	87.46	68.09	310.59	302.84
3	95.54	73.04	339.28	324.82
4	104.22	78.65	370.13	349.78
5	113.06	84.46	401.52	375.64

**E-CO: Escenario Conservador**  
**E-OP: Escenario Optimista**

La tabla presenta información sobre del costo promedio anual de distribución del gas natural para un distinto número de zonas en la ZMCM. Los costos promedios más bajos se obtienen cuando toda la ZMCM forma parte de una sola zona geográfica. Este resultado es valido para las dos dimensiones consideradas: volúmenes despachados y usuarios de la red.

En general, los costos promedios estimados a partir de las proyecciones de demanda de E-OP son menores. Esto se debe en parte a que E-OP pronostica un tamaño de mercado relativamente más grande, lo que tiende a deprimir el nivel de costos.

Si se establecen dos zonas geográficas perfectamente simétricas, ello implicaría un costo adicional de entre 3% y 6% aproximadamente. En cambio si se forman 5 zonas simétricas existe un costo adicional de aproximadamente 27% o

37% , dependiendo de si el calculo de costos parte de las proyecciones de demanda de E-CO o E-OP. En realidad, cada partición adicional del área metropolitana eleva los costos promedios de manera exponencial. Esto se explicaría por el comportamiento de las economías de escala. A medida que se añaden mas zonas geográficas, la escala de operaciones, que se puede tener en cada territorio de servicio, se reduce. Lo anterior tiende a elevar progresivamente los costos de la red distribución. La diferencia se hace rápidamente mayor a medida que nos alejamos del punto de operación de costo mínimo unitario, el cual básicamente corresponde a una sola zona geográfica aunque el caso de dos zonas no parece estar demasiado lejos.

### ***Zonas No-Simétricas***

El ejercicio anterior es sumamente útil, ya que permite detectar el hecho estilizado que los costos promedios de distribución se elevan progresivamente a medida que se aumenta el numero de zonas geográficas. Sin embargo, el supuesto que dichas zonas son enteramente simétricas no solo es poco realista sino que impide evaluar otros aspectos importantes en relación a las zonas geográficas. En particular, el supuesto de simetría supone que los usuarios el territorio urbano y las demás variables se distribuyen de manera uniforme en el espacio físico. Es evidente que este supuesto no se cumple dado que en la realidad se presentan concentraciones de población, actividad económica o de uso del suelo urbano en determinadas partes de una ciudad.

Nuestro siguiente paso es tomar en cuenta esta heterogeneidad del espacio urbano a fin de poder evaluar propuestas específicas de zonificación en la ZMCM. Los dos enfoques de demanda que hemos considerado para incorporar el elemento de heterogeneidad son:

- *Agregación de pronósticos de demanda:* E-OP obtiene sus proyecciones de demanda para la toda la ZMCM en el año 2010 mediante una agregación de sus pronósticos de demanda en cada una de las delegaciones y municipios del área metropolitana. Dichos cálculos toman en cuenta diversos supuestos acerca de la localización de los hogares con acceso a infraestructura básica y la ubicación observada de los negocios de tipo comercial e industrial. E-OP parte de una información desagregada que de por sí ya contiene una determinada proposición sobre la distribución espacial del mercado potencial.
- *Distribución de la demanda:* E-CO optó por un método que consiste en distribuir la demanda total de los tres tipos de mercado entre cada una de las delegaciones y municipios que conforman la ciudad. Se utilizaron distintas variables para poder realizar esta asignación espacial del mercado del gas natural.

Las cifras de usuarios residenciales y sus volúmenes de demanda se repartieron con base en la proyección hecha al año 2010 de los hogares con acceso a infraestructura básica. El procedimiento para el cálculo de dicha proyección ya fue descrito en la etapa anterior. La ubicación territorial de la industria manufacturera es a su vez una variable clave dada su importancia en la determinación de los volúmenes de gas despachados. Al momento de repartir las cifras de demanda de cada delegación y municipio se utilizó como indicador de actividad la variable Valor Bruto de la Producción Industrial.

En el caso del mercado de gas de uso comercial se tomo como criterio básico para la localización de la demanda el Valor Total de Ventas de los restaurantes, hoteles, hospitales y otras entidades comerciales afines. Para realizar esta distribución de la actividad económica metropolitana se obtuvo la información detallada del *Censo Económico de 1993*. Cabe mencionar una importante diferencia en la forma como *E-CO* y *E-OP* miden estos indicadores de actividad económica: *E-CO* utiliza valores de producción o venta mientras que *E-OP* trabaja con el numero de establecimientos.

Los datos originales de la actividad manufacturera fueron ajustados a fin de tomar en cuenta cambios esperados en la localización espacial de la industria. La información censal disponible describe la estructura vigente en periodos recientes, pero hay un cierto consenso que esta va sufrir importantes modificaciones en los próximos años. En particular, se supone un crecimiento industrial heterogéneo en el área metropolitana: un modesto crecimiento en el D.F. y rápida expansión en los municipios conurbados. Se procedió a realizar varios ajustes a las cifras originales, con el resultado que en el año 2010 se tiene que un mayor porcentaje de la industria se localiza en el Estado de México y no en el D.F.

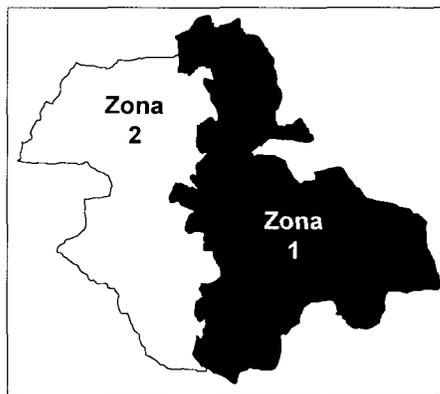
Aunque parten de distintas premisas al realizar sus proyecciones de demanda, los enfoques *E-CO* y *E-OP* logran construir cifras del número de usuarios y volúmenes despachados dentro cada uno de las divisiones políticas de la ciudad. El siguiente paso consiste en agregar los datos de demanda correspondientes a cada zona geográfica propuesta para posteriormente aplicar esta información a los modelos de costos.

Sólo con fines descriptivos se presenta la gráfica de la opción A. Esta corresponde a una zona única.



*Dos zonas geográficas:* Primero se evalúa la posibilidad de crear dos zonas geográficas, y en particular se contemplan tres casos:

Opción B: Aquí se plantea dividir la ZMCM en dos zonas Oeste y Este:



Opción C: Se divide la zona en D.F. y municipios conurbados del Estado de México.



Opción D: Zona 1 Sureste: conformada por el D.F. y los municipios de Chalco, Chicoloapan, Chimalhuacan, Iztapaluca, La Paz, Nezahualcóyotl, Texcoco y Valle de Chalco-Solidaridad; Zona 2 Noroeste: conformada por el resto de los municipios conurbados.



En la tabla 3.11, “Zonas Geográficas para la distribución del Gas Natural en la Ciudad de México”, se muestra, para cada opción, el costo promedio anual por volumen y usuario a partir de las proyecciones de demanda de *E-CO* y *E-OP*. También se incluye la variación porcentual de estas cifras con relación a los costos de servicio de una zona única los que se utilizan como base de referencia. Asimismo, se indica la participación de cada zona en la demanda total del mercado residencial, comercial e industrial, al igual que el porcentaje que tiene de todo el territorio urbano. Esta última cifra es idéntica para *E-CO* y *E-OP* dado que ambas fuentes de demanda utilizan la misma información de base sobre el área urbana.

Los datos correspondientes a la opción B muestran que pueden surgir algunas diferencias de costos entre las zonas, cosa que no sucede cuando se supone que las zonas son enteramente simétricas. Los costos promedios, especialmente por usuario, son ligeramente menores en la Zona Oeste. En parte, esto refleja que *E-CO* y *E-OP* suponen que esta zona contiene algo más del 50% del mercado de consumidores domésticos y comerciales. En cambio ambas fuentes *E-CO* y *E-OP* difieren en cuanto al lugar donde se concentra el grueso de la actividad industrial. Debido a que el sector manufacturero suele demandar una gran parte del volumen de gas despachado, esto también permitiría explicar la diferencia observada en los costos promedio por volumen. Asimismo, los datos muestran que los costos por volumen pueden ser mayores o menores al costo referencial, no así el costo por usuario que siempre se ubica por encima del costo correspondiente a la zona única.

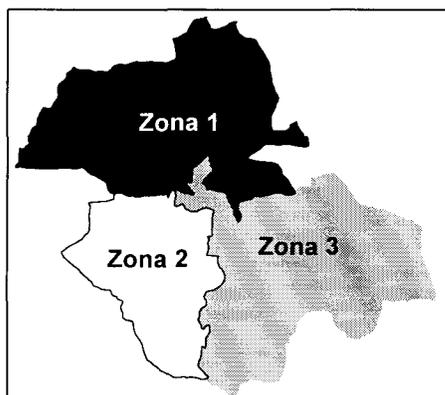
El análisis de los casos C y D arrojan resultados de costos similares, aunque todas las opciones de dividir la ciudad tienen un distinto patrón de distribución espacial. En todas las zonas seleccionadas el costo por usuario varía

aproximadamente entre 2% y 9% más que el costo referencial. A su vez el costo por volumen puede ser mayor o menor y su rango de variación es visiblemente mas grande.

*E-CO* pronostica costos por usuario ligeramente más altos que los que se obtiene a partir de las proyecciones de demanda de *E-OP*. Los datos también sugieren que bajo esta división el costo de servir a un usuario en el D.F. sería relativamente mayor mientras que el costo por volumen sería menor que en el Estado de México.

*Tres zonas geográficas:* En la siguiente parte del ejercicio se procede a evaluar dos alternativas de dividir la ZMCM en 3 zonas.

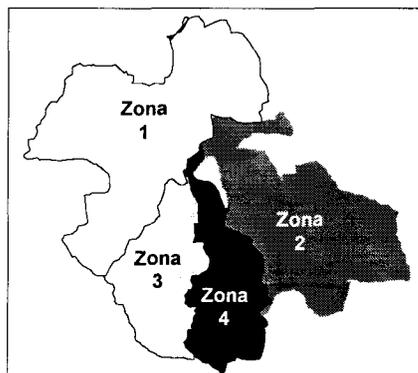
Opción E.: Conformada por 1) norte de los municipios conurbados; 2) Suroeste de los municipios conurbados y Oeste del D.F., y 3) Sureste de los municipios conurbados y Este del D.F.



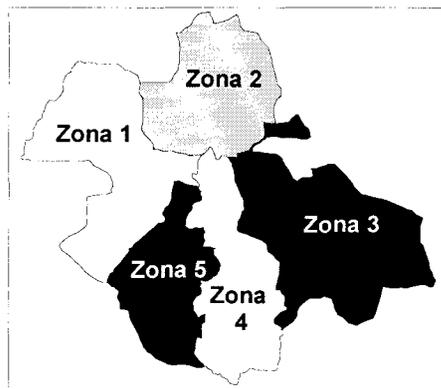
Al igual que en el caso de zonas simétricas, aquí el costo por usuario es más alto que bajo la división de dos zonas y también se nota un mayor rango de variación, de 8% a 27% a partir de la proyecciones de E-CO (véase tabla 3.11).

*Cuatro y cinco zonas geográficas:*

Opción F: Para cuatro zonas se toma la división D.F.-Estado de México y se subdivide cada una de ellas en una zona Oeste y Este.



Opción G: El planteamiento de cinco zonas es similar excepto que el Estado de México se divide en tres zonas: Oeste, Norte y Este.



Los resultados de ambos ejercicios son cualitativamente similares. Tales resultados muestran que los costos promedios de distribuir gas natural en cada zona tienden a ser aún mayores, lo que ya fue notado en el análisis de las zonas simétricas. Se observa que a medida que aumenta el número de zonas es factible que se produzcan desequilibrios en la localización de los distintos tipos de consumidores. Ello tiende a verse reflejado en una cierta disparidad de los costos promedios a través de las distintas zonas.

En la tabla 3.11, “Zonas Geográficas para la distribución del Gas Natural en la Ciudad de México”, se presentan los estimados del costo promedio anual - por usuario y volumen - para el conjunto de zonas geográficas propuestas. En conjunto, las cifras de costos que aparecen en dicha tabla indican que, con excepción de la opción de un sólo territorio de servicio, la mejor de las alternativas propuestas es un sistema de distribución basado en dos zonas geográficas.

**Tabla 3.11**

**ZONAS GEOGRAFICAS PARA LA DISTRIBUCION DEL GAS  
NATURAL EN LA ZMCM.**

**Costos Promedio con Base en los cálculos de Demanda de E-CO y E-OP**

**2 ZONAS GEOGRÁFICAS**

Opción B:

	Zonas			
	Oeste		Este	
	E-CO	E-OP	E-CO	E-OP
<u>Costo promedio</u>				
Volumen	67.12	77.95	146.25	59.32
Usuario	305.19	299.65	314.68	308.67
% Vol Zona Unica	-18.7%	17.6%	77.2%	10.5%
% Usuario Z. Unica	4.1%	1.6%	7.4%	4.7%
<u>Participación Zonal</u>				
Residencial	57%	56%	43%	44%
Comercial	79%	55%	21%	45%
Industrial	73%	46%	27%	54%
Area Urbana	57%	57%	43%	43%

Zona Oeste: A. Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacan, Cuajimalpa, Cuauhtémoc, M. Contreras, M. Hidalgo, Tlalpan, Atizapan de Zaragoza, Coacalco, Cuatitlan, C. Izcali, Huixquilucan, Jaltenco, Melchor Ocampo, Naucalpan, Nextlalpan, N. Romero, Tecamac, Teoloyucan, Tepotzotlan, Tlalnepantla, Tultepec, Tultitlan, Zumpango.

Zona Este: G. A. Madero, Iztacalco, Iztapalapa, Milpa Alta, Tlahuac, V. Carranza, Xochimilco, Acolman, Atenco, Chalco, Chicoloapan, Chimalhaucan, Ecatepec, Ixtapaluca, La Paz, Nezahualcoyotl, Texcoco.

continuación...

Opción C:

	Zonas			
	D. F.		Edo. De México	
	E-CO	E-OP	E-CO	E-OP
<u>Costo Promedio</u>				
Volumen	59.03	65.87	179.89	70.69
Usuario	318.52	306.79	302.18	299.83
% Vol Zona Unica	-28.5%	-0.6%	118.0%	6.6%
% Us Zona Unica	8.7%0	4.1%	3.1%	1.7%
<u>Participación Zonal</u>				
Residencial	51%	49%	49%	51%
Comercial	86%	70%	14%	30%
Industrial	45%	51%	55%	49%
Area Urbana	41%	41%	59%	59%

La Zona D. F. incluye todas las delegaciones del Distrito Federal.

La Zona Estado de México sólo incluye los municipios conurbados al área metropolitana.

continuación...

**Opción D:**

	Zonas			
	D. F.		Edo. De México	
	E-CO	E-OP	E-CO	E-OP
<b><u>Costo Promedio</u></b>				
Volumen	62.64	64.77	185.42	71.74
Usuario	307.08	301.66	309.69	304.29
% Vol Zona Unica	-24.1%	-2.3%	124.7%	8.2%
% Us Zona Unica	4.8%0	2.3%	5.7%	3.2%
<b><u>Participación Zonal</u></b>				
Residencial	59%	60%	41%	40%
Comercial	88%	80%	12%	20%
Industrial	49%	67%	51%	33%
Area Urbana	53%	54%	47%	46%

La Zona D. F. incluye todas las delegaciones del Distrito Federal, además de los siguientes municipios: Chalco, Chicoloapan, Ixtapaluca, La Paz, Nezahualcoyotl, Texcoco.

La Zona Estado de México incluye los demás municipios conurbados al área metropolitana.

### 3 ZONAS GEOGRÁFICAS

#### Opción E:

	Zonas					
	Oeste		Norte		Este	
	E-CO	E-OP	E-CO	E-OP	E-CO	E-OP
<u>Costo Promedio</u>						
Volumen	51.41	58.66	227.63	128.47	134.73	63.33
Usuario	372.93	340.55	318.01	317.29	327.05	318.52
% Vol Zona Unica	-37.7%	-11.25%	175.9%	93.8%	63.3%	-4.5%
% Us Zona Unica	27.3%	15.5%	8.5%	7.6%	11.6%	8.0%
<u>Participación Zonal</u>						
Residencial	30%	31%	34%	32%	36%	37%
Comercial	73%	43%	6%	14%	21%	43%
Industrial	33%	27%	40%	25%	28%	48%
Area Urbana	25%	25%	39%	38%	36%	37%

Zona Oeste: A. Obregón, B. Juárez, Coyoacan, Cuauhtémoc, M. Contreras, M. Hidalgo, Tlalpan, Huixquilucan, Naucalpan.

Zona Norte: A. de Zaragoza, C. Izcali, N. Romero, Tepotzotlan, Tlanapantla, Coacalco, Cuatitlan, Ecatepec, Jaltenco, M. Ocampo, Nextlalpan, Tecamac, Teoloyucan, Tutltepec, Tultitlan, Zumpango, Acolman, Atenco.

Zona Este: Azcapotzalco, G. A. Madero, Iztacalco, Iztapalapa, Tlahuac, V. Carranza, Xochinilco, Chalco, Chichiloapan, Chimalhuacan, Ixtapaluca, La Paz, Nezahualcoyotl, Texcoco.

## 4 ZONAS GEOGRÁFICAS

### Opción F:

	Zonas							
	1. D. F. -Oeste		2. D. F. -Este		3. Edo. Mex. - Oeste		4. Edo. Mex. - Este	
	E-CO	E-OP	E-CO	E-OP	E-CO	E-OP	E-CO	E-OP
<u>Costo Promedio</u>								
Volumen	51.94	55.71	138.44	69.15	179.55	130.75	251.89	95.69
Usuario	389.41	357.71	382.61	370.67	328.90	322.69	362.43	356.84
% Vol Z. Unica	-37.1%	-16.0%	67.8%	4.3%	117.6%	97.2%	205.3%	44.3%
% Us Z. Unica	32.9%	21.3%	30.6%	25.7%	12.2%	9.5%	23.7%	21%
<u>Participación Zonal</u>								
Residencial	27%	26%	23%	22%	29%	29%	20%	22%
Lcomercial	69%	41%	16%	28%	10%	13%	4%	17%
Industrial	32%	25%	13%	26%	41%	21%	14%	28%
Area Urbana	21%	21%	20%	19%	35%	35%	24%	24%

Zona DF-Oeste: A. Obregón, Azcapotzalco, B. Juárez, Coyoacan, Cuajimalpa, Cuauhtémoc, M. Contreras, M. Hidalgo, Tlalpan.

Zona DF-Este: G. A. Madero, Iztacalco, Iztapalapa, Milpa Alta, Tlahuac, V. Carranza, Xochimilco.

E. M.-Oeste: A. de Zaragoza, Coacalco, Cuatitlan, C. Izcalli, Huixquilucan, Jaltenco, M. Ocampo, Naucalpan, Nextlalpan, N. Romero, Tecamac, Teoloyucan, Tepotzotlan, Tlalnepantla, Tultepec, Tultitlan, Zumpango.

E. M.-Este: Acolman, Atenco, Chalco, Chicoloapan, Chimalhuacan, Ecatepec, Ixtapaluca, LaPaz, Nezahualcoyotl, Texcoco.

## 5 ZONAS GEOGRÁFICAS

### Opción G:

	Zonas									
	1. DF – Oeste		2. DF - Este		3. Edo. Mex. - Oeste		4. Edo. Mex. - Norte		5. Edo. Mex. - Este	
	E-CO	E-OP	E-CO	E-OP	E-CO	E-OP	E-CO	E-OP	E-CO	E-OP
<u>Costo Promedio</u>										
Volumen	51.94	55.71	138.44	69.15	169.38	134.90	317.46	146.88	292.64	100.39
Usuario	389.41	357.71	382.61	370.67	370.73	357.37	365.63	367.09	459.14	438.87
% Vol Z. Unica	-37.1%	-16%	67.8%	4.3%	105.3%	103.5%	284.7%	121.6%	254.7%	51.4%
% Us Z. Unica	32.9%	21.3%	30.6%	25.7%	26.5%	21.2%	24.8%	24.5%	56.7%	48.9%
<u>Participación</u>										
<u>Zonal</u>										
Residencial	27%	26%	23%	22%	20%	21%	19%	18%	10%	12%
Comercial	69%	41%	16%	28%	9%	11%	2%	8%	3%	12%
Industrial	32%	25%	13%	26%	37%	16%	13%	14%	5%	19%
Area Urbana	21%	21%	20%	19%	23%	21%	20%	21%	16%	17%

Zona DF-Oeste: A. Obregón, Azcapotzalco, B. Juárez, Coyoacan, Cuajimalpa, Cuauhtémoc, M. Contreras, M. Hidalgo, Tlalpan.

Zona DF-Este: G. A. Madero, Iztacalco, Iztapalapa, Tlahuac, V. Carranza, Xochimilco.

E. M.-Oeste: A. de Zaragoza, C. Izcalñili, Huixquilucan, Naucalpan, N. Romero, Tepotzotlan, Tlanapantla.

E. M.-Norte: Coacalco, Cuautitlan, Ecatepec, Jaltenco, M. Ocampo, Nextlalpan, Tecamac, Teoloyucan, Tultepec, Tultitlan, Zumpango.

E. M.-Este: Acolman, Atenco, Chalco, Chicoloapan, Chimalhuacan, Ixtapaluca, La Paz, Nezahualcoyotl, Texcoco.

## 4. Conclusiones

### 4.1 Análisis de Costos Unitarios

Los resultados obtenidos en la estimación del costo unitario promedio para cada una de las opciones de zonificación, se pueden resumir en las siguientes tablas:

CONCEPTO	OPCIÓN A
Costo Promedio Unitario (usd/m <sup>3</sup> )	66.29

CONCEPTO	OPCIÓN B	
	Este	Oeste
Costo Promedio Unitario (usd/m <sup>3</sup> )	59.32	77.95
Diferencia con respecto a la opción A	-10.5%	17.6%
Diferencia con respecto a la zona con el menor costo	0.0%	31.4%

CONCEPTO	OPCIÓN C	
	D.F.	Municipios Conurbados
Costo Promedio Unitario (usd/m <sup>3</sup> )	65.87	70.69
Diferencia con respecto a la opción A	-0.6%	6.6%
Diferencia con respecto a la zona con el menor costo	0.0%	7.3%

CONCEPTO	OPCIÓN D	
	Noroeste	Sureste
Costo Promedio Unitario (usd/m <sup>3</sup> )	59.7	86.31
Diferencia con respecto a la opción A	-9.9%	30.2%
Diferencia con respecto a la zona con el menor costo	0.0%	44.6%

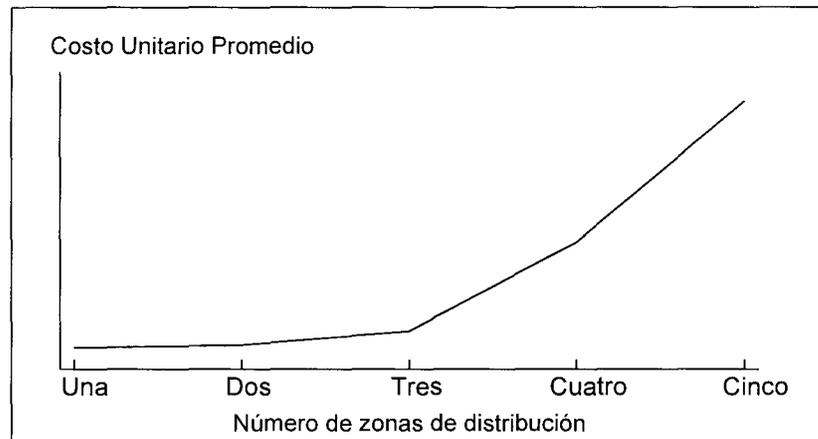
CONCEPTO	OPCIÓN		
	Oeste	Norte	Esta
Costo Promedio Unitario (usd/m <sup>3</sup> )	58.66	128.47	63.33
Diferencia con respecto a la opción A	-11.5%	93.8%	-4.5%
Diferencia con respecto a la zona con el menor costo	0.0%	119.0%	8.0%

CONCEPTO	OPCIÓN F			
	D.F Este	D.F. Oeste	Edo. Mex. Este	Edo. Mex. Oeste
Costo Promedio Unitario (usd/m <sup>3</sup> )	69.15	55.71	95.69	130.75
Diferencia con respecto a la opción A	4.3%	-16.0%	44.4%	97.2%
Diferencia con respecto a la zona con el menor costo	24.1%	0.0%	71.8%	134.7

CONCEPTO	OPCIÓN G				
	D.F Oeste	D.F. Este	Edo. Mex. Oeste	Edo. Mex. Norte	Edo. Mex. Este
Costo Promedio Unitario (usd/m <sup>3</sup> )	55.71	69.15	134.90	146.88	100.39
Diferencia con respecto a la opción A	-16.0%	4.3%	103.5%	121.6%	51.4%
Diferencia con respecto a la zona con el menor costo	0.0%	24.21%	142.1%	163.7	80.2

Analizando los resultados de la estimación econométrica, se puede observar que para todos los escenarios se presenta una relación directa entre el costo unitario promedio y el número de zonas establecidas en la ZMCM. Es decir, entre menos zonas de distribución existan menor será el costo unitario promedio de cada zona. Lo anterior puede ser observado mas claramente en la gráfica siguiente que muestra que el menor costo se obtiene al definir una sola zona.

#### VARIACION DEL COSTO UNITARIO PROMEDIO CON RELACION AL NUMERO DE ZONAS DE DISTRIBUCION



En caso de definir mas de una zona, se puede concluir lo siguiente a partir de las estimaciones d el modelo:

- Conforme se definen más zonas, los costos unitarios promedio varían significativamente, a pesar de que en cada zona se definió un volumen estimado de operación similar, y
- El diseño de las zonas es un factor importante en los costos unitarios de operación. De las opciones consideradas, la que corresponde a D.F. mas municipios conurbados presenta: 1) las menores diferencias de costo con respecto

a las demás zonas definidas, y 2) la menor diferencia con respecto al costo de establecer una zona única

Sin embargo, es importante resaltar que estos resultados surgen de la dificultad de establecer zonas homogéneas con relación a las tres principales variables que definen el costo unitario promedio: volumen a manejar en el sistema, área de cobertura y mezcla de usuarios.

#### **4.2 Competencia en la Prestación de Servicios**

La tercera variable que se debe tomar en cuenta en el proceso de zonificación de la ZMCM, son las consideraciones de competencia en la prestación de los servicios. Como vimos, dichas consideraciones de competencia para la prestación del servicio son las siguientes:

- Flujos de información: el conocimiento de las compañías que estarán involucradas en la prestación de los servicios de gas natural permitirá que la CRE pueda aplicar las regulaciones de manera más eficiente. La disponibilidad de información y el potencial de aprendizaje se incrementará conforme el número de distribuidores sea mayor, facilitando, entre otros aspectos, la definición de marcos de referencia para la regulación de las operaciones (*benchmarking*);
- Riesgo financiero: la zonificación debe ser diseñada para reducir el riesgo financiero de la operación de los sistemas de distribución. Un menor riesgo incrementa el interés de los inversionistas y genera menores tarifas para los usuarios. Establecer zonas de gran tamaño y con una mezcla adecuada de clientes disminuye los riesgos financieros de la operación de los sistemas de distribución;
- Servicios relacionados: considerando que los distribuidores de gas natural tienen una amplia experiencia en la prestación de diversos servicios relacionados como conexiones, lectura de medidores, facturación, cobro a los usuarios y reparación de equipos, es posible que, en la medida que existan más distribuidores, se genere mayor competencia en la prestación de estos servicios.
- Velocidad de desarrollo: tomando en cuenta que cada uno de los distribuidores potenciales tiene un objetivo de cobertura en el corto plazo debido a la necesidad de generar una rentabilidad del sistema, es de esperarse que, mientras más distribuidores participen, se logre una cobertura más acelerada.

En conjunto, estas consideraciones de competencia apoyan el establecimiento de más de una zona geográfica de distribución en la ZMCM.

### **4.3 Infraestructura Existente**

Como se argumentó en 2.4 y 3.4, otro aspecto importante adicional que se debe tomar en cuenta en la decisión de zonificación son las restricciones en cuanto al aprovechamiento de la infraestructura existente de distribución de gas. La infraestructura actual está constituida por dos anillos principales: uno abastece principalmente a los usuarios de los municipios conurbados y el otro presta el servicio a los usuarios del D.F.

La infraestructura existente tendrá un mayor valor para los distribuidores en la medida en que se mantenga el diseño de los anillos, ya que se conserva la integridad del sistema e incrementa la seguridad de abasto a los usuarios y la flexibilidad en el diseño y operación del sistema a desarrollar. Las opciones que permiten conservar la estructura de anillos son las opciones: “Zona Única”, “D.F. y municipios conurbados” y “Noroeste y Sureste”. Cualquier otra división implicaría romper la integridad de la infraestructura actual, lo que llevaría a la disminución del valor de la misma, o forzaría a que Pemex mantuviera esta infraestructura como ductos de transporte, estableciendo una infinidad de puntos de entrega para los distribuidores.

### **4.4 Consultas Públicas**

La Comisión Reguladora de Energía (CRE) organizó consultas públicas para discutir con los interesados los puntos relevantes del análisis. Con los resultados de los estudios realizados, la CRE elaboró un documento con las conclusiones del análisis y lo sometió a consulta con las instituciones gubernamentales y empresas del sector directamente implicados en este proceso.

Se invitó a 16 empresas e instituciones. Once acudieron a la invitación entre el 10 y 13 de diciembre de 1996, las cuales fueron:

- Asociación Mexicana de Gas Natural (AMGN)
- Controladora Comercial e Industrial
- Gaz de France
- Gaz Metropolitan
- Gobierno del Distrito Federal
- Gobierno del Estado de México
- Gutsa-Noram-Transcanada Pipelines
- Pacific Enterprises International
- Pemex Gas y Petroquímica Básica
- Repsol México
- Tribasa

Las consultas se centraron en tres temas: 1) la viabilidad de cada una de las opciones de zonificación, 2) la necesidad de promover la competencia en las actividades relacionadas y 3) la mejor manera de aprovechar la infraestructura actual.

Entre los participantes hubo consenso en que la opción “D.F. y municipios conurbados” de zonificación es la mejor, ya que permite aprovechar las economías a escala en la construcción y operación del sistema, y su desarrollo eficiente y rentable. En opinión de los participantes, las dos zonas son igualmente atractivas y cada una de ellas presentan condiciones particulares para su desarrollo, es decir:

- El Distrito Federal presenta un menor potencial de crecimiento y una mayor complejidad de desarrollo. Sin embargo, tiene una mayor concentración de usuarios y mejores posibilidades de generar un flujo efectivo en el corto plazo.
- Por otro lado, el área conurbada presenta un mayor potencial de crecimiento y una menor dificultad de construcción, pero tiene un área mayor de cobertura.

Estos factores tienden a equilibrarse y permiten que cada zona tenga sus propias posibilidades de desarrollo. Por esta razón los inversionistas no tienen una preferencia inicial hacia una zona en particular.

Por otro lado, los participantes establecieron su preferencia por que la infraestructura actual se divida conforme a los anillos existentes y, además, que cada anillo se transfiera al distribuidor resultante.

Cuando la infraestructura de un distribuidor se encuentre en el área del otro distribuidor, los participantes mencionaron que se deberán negociar acuerdos particulares de interconexión. Además, se mencionó que este tipo de acuerdos serán necesarios durante el crecimiento del sistema.

Por último, es de radical importancia separar la infraestructura actual, ya que de esta manera cada distribuidor tomará sus propias decisiones de ampliación de la infraestructura de acuerdo con sus propios planes de expansión y expectativas de mercado potencial.

#### ***4.5 Decision Final***

Para llegar a una decisión final se deben de evaluar las distintas opciones de zonificación para la ZMCM con base en tres criterios:

1. Eficiencia económica: Costos unitarios promedio y mezcla de clientes;
2. Eficiencia técnica: Aprovechamiento de la infraestructura existente de distribución; y,

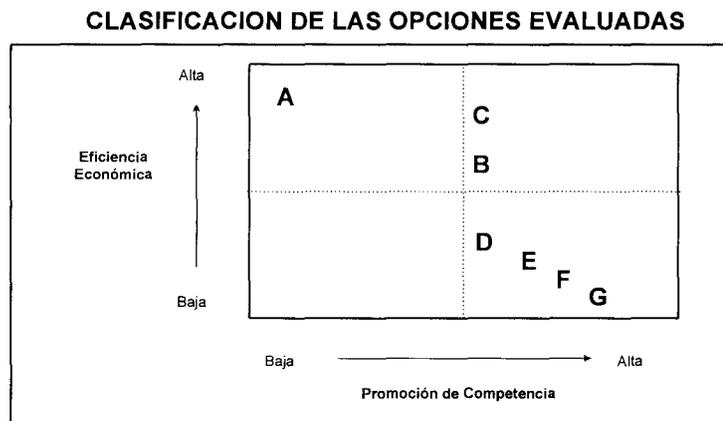
3. Promoción de la competencia: Rapidez en el desarrollo del sistema, comparación de parámetros entre los distribuidores y competencia en servicios relacionados.

Los dos primeros criterios implican menores costos de operación y, en consecuencia, generan menores tarifas para los usuarios. El criterio de promoción de competencia lleva beneficios a los usuarios en cuanto a la rapidez en el inicio de la prestación del servicio y la existencia de opciones en la prestación de servicios relacionados.

Por lo tanto, la decisión última para determinar el número de zonas geográficas de distribución debe balancear los criterios de eficiencia económica y técnica incorporando criterios de promoción de competencia.

Analizando tres opciones tenemos lo siguiente: 1) si se establece una única zona geográfica de distribución se aprovecha al máximo los criterios de eficiencia económica y técnica pero no permite desarrollar ninguno de los criterios de promoción de competencia; 2) si se establecen dos zonas geográficas de distribución se incorporan los criterios de competencia, se incrementan marginalmente los costos unitarios promedio y se permite, bajo ciertas condiciones, la transferencia de la infraestructura de distribución existente; y 3) si se establecen tres o más zonas geográficas se incrementan significativamente los costos unitarios promedio, se dificulta la homogeneización de usuarios para cada zona y se complica la transferencia de la infraestructura de Pemex, pero se introduce elementos de competencia.

El análisis anterior es más claro si se observa la siguiente gráfica:



Por todo el análisis anterior, se considera la zonificación geográfica que establece dos zonas de distribución D.F. y Municipios conurbados (opción C) como la más adecuada.



La decisión final se justifica por las siguientes razones:

- Los costos unitarios promedio de operación estimados para cada zona se encuentran cerca del mínimo, lo cual redundará en una tarifa menor beneficiando directamente al usuario;
- Se establecen zonas geográficas homogéneas, tanto en la mezcla de usuarios (residenciales, comerciales e industriales) como en el volumen potencial de operación. Lo anterior permite que cada zona tenga economías de escala y de alcance suficientes para mantener el interés de los inversionistas;
- Es posible definir para cada zona geográfica los activos de distribución que serán transferidos a cada permisionario;
- Se generan patrones de comparación entre ambos distribuidores (*benchmarking*) lo que permite una regulación más eficiente;
- Se obtiene un desarrollo más rápido del sistema con relación al establecimiento de una sola zona geográfica de distribución;
- Los participantes en las consultas validaron esta opción como la más adecuada;
- Cada zona geográfica se encuentra definida en una entidad federativa específica; y,
- Se abre la posibilidad de generar competencia en la prestación de servicios relacionados.

## *Anexo 1*

### **El Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal**

La distribución de la población prevista en el Programa de Desarrollo Urbano para el D.F. en sus delegaciones, contempla una subdivisión del área geográfica basada en las de tipo histórico, ecológico, de infraestructura de servicios y la disponibilidad de reservas territoriales potenciales. Esta subdivisión considera cinco sectores básicos:

**1. El primer sector o sector norte:** Está conformado por las delegaciones Azcapotzalco y Gustavo A. Madero. Con una población de 437,011 y 1'212,200 habitantes, respectivamente. Representa el 14.7% de la población total. Este sector ha experimentando disminución en el ritmo de crecimiento a partir de la década de los ochenta. Este fenómeno de expulsión, se presenta como consecuencia de los cambios de usos de suelo de habitacionales a comerciales y de oficinas. En cuanto al uso industrial, la delegación de Azcapotzalco se distingue por concentrar el 37.4% del total del D.F.

**2. El segundo sector o sector central:** Está conformado por las delegaciones Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Venustiano Carranza y Benito Juárez.. En este sector se concentra el 21% de la población total del D.F. con 1 millón 743 mil 900 habitantes. De manera semejante al sector norte, presenta un fenómeno de expulsión de su población. Por otro lado, los servicios urbanos y su infraestructura se consideran como los mejores de la ciudad.

**3. El tercer sector:** Las delegaciones Cuajimalpa, Alvaro Obregón, Coyoacán, Iztacalco e Iztapalapa conforman este sector, el cual presenta una tasa de crecimiento poblacional positivo, (con excepción de la delegación Iztacalco que afronta el fenómeno de expulsión). En este sector se encuentra el 42.8% de la población total. Debido a su ubicación geográfica, Cuajimalpa y Alvaro Obregón enfrentan una limitación en su desarrollo habitacional, ya que comparten la zona de reserva ecológica conocida como el Desierto de los Leones, dejando únicamente como suelo urbano el 21% y 78%, respectivamente. En los últimos años se han desarrollado en la zona poniente (Santa Fe), comercios y viviendas de ingresos medios y altos, enfocados al desarrollo comercial y de oficinas.

**4. El cuarto sector o sector metropolitano Sur:** Está conformado por las delegaciones Magdalena Contreras, Tlalpan, Xochimilco y Tláhuac. Este sector es importante en términos ecológicos, ya que es parte esencial del sistema hidrológico del Valle de México. El crecimiento urbano se limita por consideraciones geográficas (sierra del Ajusco y lagos de Tláhuac y Xochimilco), ya que más de la mitad de su territorio es considerado suelo de conservación. Esta superficie está limitada por una línea de conservación que corre de poniente a oriente. La población del sector (1 millón 379 mil 800 habitantes) representa el 16.3% del D.F., presentando una tasa de crecimiento que varía del 2.5% al 3.97%.

**5. El quinto sector:** Este lo compone la delegación Milpa Alta. Se considera en su totalidad como área de reserva ecológica. Se encuentra al sur de la línea de conservación. Las características de las actividades económicas de su población se enfocan al sector agropecuario.

Del análisis de esta división se derivan los siguientes comentarios:

- La división sectorial es consecuencia de las necesidades de proporcionar servicios públicos y de atención a las demandas habitacionales. Se toma en cuenta el crecimiento histórico que se ha dado en forma de franjas en sentido oriente-poniente y estas hacia el norte y sur a partir del eje que forma la Av. Paseo de la Reforma.
- Los servicios públicos se desarrollan siguiendo esta misma división. Desde sus inicios, la distribución del agua en la ciudad, se proporcionó en sentido poniente-oriente, a través de un acueducto que pasaba sobre la actual Avenida Chapultepec (de los manantiales de Chapultepec hasta el sitio conocido como Salto del Agua). Posteriormente las fuentes de abastecimiento del Lerma y del Cutzamala entraron también a la ciudad por el poniente, originando que el desarrollo de la red fuera en el sentido indicado. En cuanto a la distribución de hidrocarburos se origina en Venta de Carpio, Ecatepec, Estado de México, al norte del D.F. y concluye en lo que fue la refinería de Azcapotzalco, a través de una infraestructura de ductos de Pemex. Para la distribución de gas natural existen cuatro anillos de tuberías de diferentes diámetros, que suministran el gas a industrias y unidades habitacionales.

### ***Estructura Urbana***

La estructura urbana del D.F. se ha definido a lo largo de su historia a partir del Centro Histórico. A partir de la década de los cuarenta se inicia un desplazamiento del área urbana central hacia el poniente sobre el Paseo de la Reforma y al sur sobre la avenida de los Insurgentes.

En la actualidad, las zonas de uso habitacional ocupan la mayor parte de la red urbana. Los desarrollos residenciales ocupan áreas ubicadas al poniente y al sur poniente. Cuentan con la mayor dotación de servicios. Hacia el oriente y sur-oriente han proliferado los usos habitacionales de los grupos de menores recursos, ocupando áreas del lago de Texcoco y traspasando los límites del D.F. hacia áreas del Estado de México.

Se estima que en 1995 la superficie de la ciudad se incrementó en 132 mil 576 hectáreas, con una densidad media de 129 habitantes por hectárea. Asimismo, los municipios conurbados cuentan con el 50.4% de la población y con el 51% de la superficie de la ZMCM presentando una densidad media de 127 habitantes por hectárea.

### ***Servicios y Equipamiento***

En cuanto a servicios y equipamiento, se puede afirmar que la red de distribución de agua de las delegaciones Benito Juárez, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Venustiano Carranza tienen una cobertura mayor al 80%. Las de Cuajimalpa, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco registran el rango más bajo de cobertura ubicada entre el 30% y el 60%.

En la evaluación de la infraestructura de drenaje, se detectaron altas carencias en las delegaciones Cuajimalpa, Iztapalapa, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco. En estas delegaciones el porcentaje de viviendas sin drenaje se ubica en un rango del 10% al 35%, mientras que en las delegaciones Azcapotzalco, Gustavo A. Madero, Iztacalco, Alvaro Obregón, Benito Juárez, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Venustiano Carranza, alcanzan un rango superior al 85%.

### ***Sectores de la Economía***

En el análisis de los sectores económicos, se observa que las delegaciones que aún conservan una importante rentabilidad en su actividad primaria son Milpa Alta, Xochimilco, Tláhuac y Tlalpan.

En cuanto a la actividad industrial, hubo un importante desarrollo entre 1940 y 1970. A partir de 1980, se inicia el cambio estructural hacia el sector servicios, concentrándose este fenómeno en las delegaciones Venustiano Carranza, Benito Juárez y Miguel Hidalgo. En esa misma época, se inician grandes proyectos comerciales en las delegaciones Cuajimalpa, Alvaro Obregón, Coyoacán, Azcapotzalco, Gustavo A. Madero e Iztapalapa.

En la década de los 90's, se acelera el proceso de especialización hacia el sector servicios del D.F. Los municipios mexiquenses se convierten en territorio de la industria y de asentamientos de trabajadores. Mientras tanto, en el D.F. se asientan estratos medios y altos de los servicios y comercio.

- **Sector Servicios.** En el área del D.F. existen 108 mil 054 establecimientos de servicios. La delegación Cuauhtémoc la que registra el mayor número de ellos con 21.4%, en segundo lugar se encuentra la delegación Gustavo A. Madero con el 12.6%.

- **Sector comercio.** El número de establecimientos registrados como comerciales es de 168, 067. Destacan las delegaciones Cuauhtémoc e Iztapalapa con el 18.5 % y 17%, respectivamente.

- **Sector industrial.** En cuanto a la industria de manufacturas, la ciudad cuenta con 28,059 establecimientos. La delegación Cuauhtémoc es la que cuenta con el mayor número de ellos, pero Azcapotzalco es la que tiene el mayor peso en cuanto al ingreso y empleos generados.

En síntesis, el D.F. concentra el 49% del área urbanizada de la ZMCM, el 47% del área habitacional, el 36.1% del uso industrial y el 81% de usos mixtos (es decir, comerciales, de equipamiento y servicios).

### **Análisis del Plan de Desarrollo del Estado de México 1993-1999**

El Estado de México presenta marcados contrastes económicos, sociales y geográficos entre sus municipios y regiones.

En los últimos diez años las regiones metropolitanas de los Valles de Cuautitlán-Texcoco (VCT) y Toluca, se han articulado aún más, dando origen a un proceso de megalopolización.

A pesar de que dicho proceso se ha acentuado con el paso de los años, no existen planes de desarrollo conjunto.

El proceso de integración de los municipios del Estado de México con el D.F. se inicia en la década de los 60's cuando el crecimiento de la Ciudad de México traspasa las fronteras del D.F. invadiendo los municipios adyacentes. El proceso mencionado anteriormente, se puede resumir de la siguiente manera:

A finales de 1960 en el Valle de Cuautitlán-Texcoco, se presenta el fenómeno de conurbación en sus municipios de Ecatepec, Naucalpan y Tlanepantla y se inicia el mismo proceso en algunas partes de Chimalhuacán y La Paz. Entre 1960 y 1970 se agregaron a la zona conurbada Atizapán de Zaragoza, Coacalco, Cuautitlán de Romero Rubio, Huixquilucan, Tultitlán, Nezahualcóyotl, Chimalhuacán y La Paz.. Entre 1970 y 1980 se sumaron Cuautitlán Izcalli, Nicolás Romero, Tecamac, Chicoloapan, Ixtapaluca y Chalco, a los cuales se les considera en proceso de consolidación. Entre 1980 y 1990 se agregaron Tepotzotlán, Texcoco, Acolman, Atenco, Jaltenco, Nextlalpan, Melchor Ocampo, Teoloyucan, Zumpango y Tultepec, mismos que se encuentran en transición respecto del proceso central de urbanización.

#### ***Dinámica Demográfica***

El Estado de México es la entidad más poblada del país. Según el censo de 1990, contaba con 9.8 millones de habitantes. En la actualidad se estima la población en 10.7 millones. El Estado también tiene la mayor densidad de población, 457 habitantes por km<sup>2</sup>, después del D. F.

En el período 1980-1990 la tasa de crecimiento promedio anual demográfica fue de 2.7%. Esto se debió en gran medida a la migración. La mayor parte de dicha

inmigración provino de entidades del centro del país: Michoacán, Guanajuato, Puebla, Hidalgo y D.F..

El D.F. es la entidad que aporta los mayores flujos, ya que gran parte de los inmigrantes solo cambia de residencia dentro de la ZMCM. Los municipios que reciben una mayor inmigración son: Ecatepec, Nezahualcóyotl, Naucalpan y Tlanepantla.

### **Sectores de la Economía**

En 1991 el Estado de México aportó el 10.4% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional, ocupando el segundo lugar, después del D.F. Sin embargo, su tasa de crecimiento promedio anual en el período de 1980 a 1991 fue de 1.6%, menor al 1.8% de la tasa nacional.

Los sectores de actividad más importante son el industrial y el de servicios. Ambos aportan el 47.4% y 48% del PIB estatal, respectivamente. El sector agropecuario aporta el 4.6% de la producción de la entidad.

Con estas cifras, se puede afirmar que el Estado de México es predominantemente industrial, siendo la industria de manufactura la principal actividad de la entidad.

- **Sector agropecuario.** En 1990 este sector generó el 4.6% del PIB estatal. Se destacan problemas la irregularidad de la tenencia de la tierra, la existencia del minifundismo y la preponderancia del maíz como cultivo. En el Estado se siembran seis cultivos principales. Ocupan una superficie de entre 800 mil y 900 mil hectáreas, mismas que representan aproximadamente el 40% de la superficie de la entidad. La actividad agrícola presenta problemas de baja productividad, esto se debe a que únicamente el 42% de la superficie agrícola está mecanizada y el 85% es de temporal.
- **Sector Industrial.** Al inicio de los años noventa, la industria de la transformación (manufacturas) aportaba el 99.5% de la producción industrial, y el resto lo hacía la extractiva.

De las manufacturas, la industria de alimentos es la que genera mayor producción (22.1% del sector), le siguen en importancia:

Fabricación de equipo de transporte	17.4%
Industria química	14.3%
Industria Textil	6.1%
Equipo electrónico	5.6%
Industria del papel	5.6%

El total del personal que labora en la actividad manufacturera representa el 13.9% del total del país.

Existe una alta concentración de la industria en dos zonas de la entidad; el Valle Cuautitlán-Texcoco, integrado por los 27 municipios conurbados de la ZMCM, donde se localiza el 70% de la planta industrial, y el valle de Toluca-Lerma donde se asienta el 10%.

En algunos sectores, el estado ha venido perdiendo competitividad respecto a otras entidades o regiones. La maquinaria y el equipo de la planta industrial del Estado tiene una antigüedad promedio de 15 años, lo que genera una desventaja relativa frente a empresas extranjeras. Adicionalmente, se presentan factores que agudizan dicho problema: remuneración a trabajadores ligeramente superiores, restricciones en materia de agua y ecología en los municipios de la ZMCM y la distancia respecto a la frontera norte.

Uno de los signos de esa pérdida de competitividad, se presenta en el hecho de que empresas que tienen plantas en el estado han realizado sus ampliaciones de capacidad en otras entidades.

• **Sector servicios y comercio.** Durante la última década, el comercio, en especial el de ventas al por mayor, fue la actividad más dinámica. El empleo creció a una tasa promedio anual de 5.4%. Se estima que el sector comercio genera 22% del PIB estatal y 27% del empleo no agrícola. La rama más importante es el comercio de productos alimenticios, bebidas y tabaco que aporta 38% del empleo y 56% de las unidades económicas.

La rama más importante de los servicios es la de restaurantes y bares, la cual genera el 22% del empleo y el 20% de los ingresos del sector. Le siguen en importancia la rama de reparaciones y mantenimiento profesionales y técnicos, y educativos privados.

### *Servicios y Equipamiento*

En la última década, la cobertura del servicio de agua potable y de drenaje en viviendas particulares habitadas aumentó al 85% y 74%, respectivamente. Estos promedios son superiores a los nacionales.

En materia de agua potable, en 1992 la demanda total ascendió a 38 m<sup>3</sup>/seg. Sin embargo, el caudal disponible era de 32, el déficit fue de 6 m<sup>3</sup>/seg. La Comisión Nacional del Agua (CNA) provee 9.7 m<sup>3</sup>/seg, el gobierno estatal 5.7 y los municipios y particulares los 16.6 restantes.

En los municipios de la ZMVCT se abastece 71% del suministro total del estado, persistiendo un déficit de 3.5 m<sup>3</sup>/seg. El agua es proporcionada por el acuífero del Valle de México, el sistema Cutzamala, el sistema Lerma y aprovechamientos superficiales.

Actualmente cerca del 86% de la población es servida en toma domiciliaria por redes de distribución, con dotaciones que varían entre 100 y 410 litros por habitantes por día (L/H/D). El 7% de los habitantes tienen accesos al líquido mediante hidrantes públicos con dotación de 70 a 90 L/H/D. Otro 6% de la población se abastece por medio de carros-tanque con dotaciones de 60 a 80 L/H/D. Por último, el 1% restante obtiene el agua directamente de pozos, manantiales, escurrimientos y norias.

En cuanto al alcantarillado, el 65% de la población cuenta con ese servicio (drenaje conectado al de la calle). La distribución en la entidad es desigual, ya que favorece a las zonas urbanas, donde 85% de la población dispone del servicio, contra 24% en las áreas rurales. El déficit de alcantarillado en la zona conurbada del Valle Cuautitlán-Texcoco es de 22%.

### ***Dinámica Económica***

La economía del Estado de México ha presentado un ritmo bajo de crecimiento en los tres sectores, de los cuales el agropecuario es el más rezagado.

El ritmo de captación de inversiones industriales ha disminuido. Las menores tasas de crecimiento tanto de la economía en su totalidad como de la industria manufacturera, comparadas con las nacionales, revelan que en términos relativos ha perdido competitividad.

Como en todo el país, el sector del comercio y servicios es objeto de una rápida transformación, la cual se refleja tanto en un aumento de su participación en el empleo y en el producto interno como en la generación de nuevas actividades. Por su cercanía al D.F. su conurbación es receptora de numerosas empresas de servicios.

### ***Urbanización***

La situación económica de los últimos años ha repercutido en el aumento de los rezagos en materia de dotación de servicios. Lo anterior, se refleja en una urbanización acelerada y desordenada, deterioro de los servicios públicos y una afectación ecológica.

En 1990, el 84.4% de la población del estado habitaba en zonas urbanas, porcentaje superior, al nacional (71.3%). Asimismo, 70 de cada 100 habitantes vivían en la zona conurbada del Valle Cuautitlán-Texcoco.

La inmigración anual, de casi 200 mil personas en promedio durante la década de los años setenta y ochenta, ha rebasado a los programas y planes de desarrollo urbanos. Los gobiernos estatal y municipal no han contado con los

recursos suficientes para satisfacer todos los requerimientos asociados a la urbanización. Ciudad Nezahualcóyotl y Chalco son dos ejemplos claros.

Durante 1990, el crecimiento regulado en la entidad se realizó sobre una superficie de 1,600 hectáreas, principalmente en los municipios conurbados del Valle Cuautitlán-Texcoco.

En algunos municipios la densidad de la población es muy elevada, como el de Nezahualcóyotl, con 18,31 habitantes por km<sup>2</sup>, la de Tlanepantla con 9,975 y la de Ecatepec con 6,521 habitantes por km<sup>2</sup>.

En el período de 1980 a 1990, la tasa de crecimiento promedio anual de viviendas con drenaje fue de 5.5%, con agua entubada de 4.3 y 4.8% con electricidad. Por municipio, las disparidades entre las características de la vivienda son sustanciales. En Chalco, el 21.4% de las viviendas tienen piso de tierra, el 70% no cuentan con agua potable y el 75% carecen de drenaje.

## *Anexo 2*

### **Localización de las Principales Zonas de Riesgo de las Delegaciones del Distrito Federal y de los Municipios Conurbados del Estado De México**

#### ***Distrito Federal***

En el D.F. se presentan seis tipos de zonas de riesgo, abarcando varias delegaciones. Debido al tipo de riesgo que representan cada una de ellas, se deben estudiar y evaluar de manera particular:

#### ***Fallas Geológicas***

En el D.F. se han detectado varias fallas geológicas. Cuatro de ellas se consideran como las más importantes y siguen una orientación poniente-nor-orientado atravesando la totalidad del D.F. de manera paralela.

Dos de las principales fallas afectan de manera importante al D.F., ya que atraviesa las zonas más pobladas de la Ciudad. Lo anterior, se comprueba por los daños considerables que han provocado los sismos. Dicha fallas son:

- La falla que atraviesa las delegaciones de Cuajimalpa, Alvaro Obregón, Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc y Gustavo A. Madero,
- La otra se localiza al sur de la primera y siendo paralela en su desarrollo a esta. Cruza las delegaciones de Magdalena Contreras, Coyoacán, Benito Juárez, Iztacalco y Venustiano Carranza.

Las otras dos fallas se localizan al sur de la Ciudad, atravesando las delegaciones de Tlalpan, Xochimilco y Tláhuac. Aunque dichas fallas atraviesan zonas de menor concentración poblacional, no dejan de tener su importancia.

#### ***Zonas Inundables***

En la zona sur-orientado de la Ciudad se presentan áreas inundables en la región circundante de los lagos de Xochimilco y Tláhuac, así como en la parte de Iztapalapa que colinda con el Estado de México. Asimismo, la delegación Gustavo A. Madero presenta dos zonas inundables por su baja cota. Dichas zonas se localizan al norte y orientado de dicha delegación.

### ***Zonas de Pendientes***

La zona poniente y sur-poniente de la Ciudad presenta áreas con pendientes superiores al 15%. En los últimos 25 años, se han dado asentamientos y la prestación de servicios se dificulta por lo accidentado del terreno. Esta zona comprende las delegaciones de Miguel Hidalgo, Cuajimalpa, Alvaro Obregón, Magdalena Contreras y Tlalpan.

### ***Zonas Minadas***

Una de las zonas de riesgo más críticas que presenta la Ciudad de México, es la localizada al poniente. Se ubican en las delegaciones Miguel Hidalgo, Cuajimalpa y Alvaro Obregón.

En esta zona se explotaban minas de arena a través de túneles con múltiples ramificaciones. Una vez agotados los recursos minerales se abandonaron y con ello se perdió la información sobre el desarrollo de sus túneles. Al originarse el desarrollo urbano sobre el área y edificar sobre las cavernas, se presentaron las fallas en el terreno por hundimientos que provocaron la fractura y colapso. Lo anterior ocurrió en algunos casos en construcciones ya hechas.

Actualmente, las autoridades del D.F. han llevado a cabo una serie de trabajos para rellenar las cavernas detectadas y darle estabilidad al suelo. Estos trabajos se basan en estudios del Instituto de Ingeniería de la UNAM por encargo de las autoridades del D.F.. Sin embargo, se considera que en la zona aún existen minas que no se han detectado.

### ***Zonas de rellenos***

Otra zona de riesgo que se presenta en la Ciudad, es la de rellenos de barrancas que realizan grupos de personas para asentar sus viviendas. En estos sitios los accidentes se dan con mayor frecuencia en la época de lluvias, ya que al reblandecerse el subsuelo este cede ante el peso de las construcciones deslizándose hacia las partes bajas. Estas zonas se localizan en el poniente de la Ciudad en áreas de barrancas de las delegaciones de Miguel Hidalgo, Alvaro Obregón y Cuajimalpa.

### ***Zonas de mayor sensibilidad a los sismos.***

En cuanto a las zonas que presentan un mayor riesgo en eventos de tipo sísmico se tiene una delimitación que fue resultado de estudios realizados por el Departamento

del D.F. La vulnerabilidad que presenta el subsuelo al ser afectado por eventos sísmicos, varía de delegación a delegación, debido a la diversidad de tipos de suelo que presenta la Ciudad.

De esta forma existen zonas en donde antiguamente había lagos y que al pasar el tiempo fueron desecados, constituyendo suelos de sedimentos lacustres de alta compresibilidad. Otros fueron originados por la actividad volcánica, constituyendo suelos de rocas basálticas poco compresibles, de alta permeabilidad. Como consecuencia de esta diversidad, se presenta una diferencia sustancial en cuanto a la capacidad de carga del suelo y comportamiento ante sismos que se tiene en cada zona.

A fin de prever daños a las edificaciones, derivados de las características físicas del subsuelo, el Reglamento de Construcciones para el D.F. presenta una división de la Ciudad que considera tres zonas básicas:

1. Zona que presenta un estrato de material compresible con un espesor menor a los 3 metros;
2. Zona cuyo espesor de material compresible varía de los 3 a los 20 metros; y,
3. Zona en donde el espesor del material compresible es mayor a los 20 metros.

La zona 1 se localiza al poniente y sur de la Ciudad en la parte de la serranía que rodea el Valle de México, zona que comprende a las delegaciones Miguel Hidalgo, Cuajimalpa, Alvaro Obregón, Magdalena Contreras, Tlalpan y Xochimilco.

La zona 2 se puede considerar una zona intermedia ó de transición entre la 1 y la 3. Se localizan en las delegaciones Azcapotzalco, Miguel Hidalgo, Alvaro Obregón, Magdalena Contreras y Coyoacán.

La zona 3 es la más crítica. Así, se deben extremar los estudios del subsuelo y las medidas de seguridad al realizar cualquier tipo de construcción, ya las estructuras están sujetas a asentamientos y las redes de servicios municipales (agua y drenaje) se encuentran sometidas a esfuerzos que provocan roturas en las tuberías. Las delegaciones que presentan esta situación son la Cuauhtémoc, Venustiano Carranza parte de Benito Juárez, Iztacalco e Iztapalapa.

### ***Estado de México***

Los tipos de zonas de riesgo que se presentan en los municipios conurbados son las fallas geológicas, las zonas de minas y las zonas inundables.

A continuación se presenta una descripción de las zonas de riesgo localizadas en los municipios conurbados, enfocándose principalmente a señalar las que afectan las áreas urbanas de ellos.

### ***Atizapán de Zaragoza***

El municipio se encuentra localizado sobre la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transmexicano, área caracterizada por la presencia de grandes volcanes.

En el área norponiente sobre la sierra de Monte Alto, se presentan diversas fracturas del subsuelo con dirección sureste-noreste, coincidiendo una de ellas con la barranca que dividió los fraccionamientos Hacienda de Valle Escondido y Condado de Sayavedra.

Una de las actividades por las que se caracterizó el municipio fue por la explotación de minas de arena, la cual se realizó por medio de socavones, túneles y galerías, realizadas sin ningún control. Lo anterior, dio por resultado el que no existe registro de su localización. Inicialmente las minas se explotaron fuera del área urbana, pero al crecer esta se fue estableciendo sobre territorios de minas.

La explotación de las minas de arena se realizó a través de túneles y galerías, en el área de la serranía de las Cruces, Monte Alto, Monte Bajo y Tepozotlán, al oriente del área metropolitana. En el territorio se han descubierto 26 minas, localizadas bajo colonias de la porción oriental del municipio, sin embargo se considera que existen otras que aún no se han descubierto. Las que se tienen detectadas son las siguientes:

- |  |  |
|--|--|
| 1.- Alberto V. Bonfil                            | 14.- Col. Morelos                          |
| 2.- Calacoaya                                    | 15.- Col. San Martín.                      |
| 3.- Casa de la Juventud                          | 16.- Ejido de Tepalcapa                    |
| 4.- Cerro de la Cruz                             | 17.- Ex-Hacienda del Pedregal              |
| 5.- Col. 5 de Mayo                               | 18.- Fraccionamiento condado de Sayavedra  |
| 6.- Col. Ahuehuetes                              | 19.- Fraccionamiento Hogares de Atizapán   |
| 7.- Col. Amp. Adolfo López Mateos                | 20.- Fraccionamiento la Cañada             |
| 8.- Cristóbal Higuera                            | 21.- Fraccionamiento Real de Atizapán      |
| 9.- Col. Lomas de Guadalupe                      | 22.- Las Alamedas - Parte Alta R. Cárdenas |
| 10.- Lomas de Gpe.-Calacoaya, Prior Justo Sierra | 23.- Lomas Lindas                          |
| 11.- Col. Lomas de San Lorenzo                   | 24.- Monte María                           |
| 12.- Col. Los Olivos                             | 25.- San Juan Ixtacala (plano norte)       |
| 13.- Col. México Nuevo-Azul Piedra Grande        | 26.- Tierra de en medio                    |

Debido a la existencia de un gran número de túneles y socavones, se deberá supeditar la construcción de las redes de distribución (agua, gas, drenaje, etc.), a que se tengan los estudios detallados de mecánica de suelo del terreno donde se pretenda construir, principalmente en los siguientes sitios:

1. Lomas Lindas - La mina tiene galerías con más de 4 km.
2. Col. Cristóbal Higuera - Se ignora la localización de las galerías

3. Col. Cinco de Mayo - No se conoce la magnitud o la localización de las galerías
4. Col. Los Ahuehuetes - se detectó una mina muy extensa con galerías de unos dos kilómetros de longitud con túneles cruzados. Existen más galerías que no han sido localizadas.
5. Casa de la Juventud - Se tienen localizados los accesos a las cavernas sin que estén suficientemente exploradas. Se ignora su magnitud y sus características.

### ***Cuautitlán Izcalli***

La ciudad fue fundada sobre suelo agrícola, en terrenos que son más aptos para la recarga de acuíferos y actividades agropecuarias que para la construcción urbana. Por lo mismo, son áreas que presentan mayores probabilidades de hundimientos e inundaciones en época de lluvias al edificarse sobre ellas.

En cuanto a las zonas de riesgo de tipo geológico que presenta el municipio, se localizan tres fallas y una fractura. Las primeras se ubican en los cerros de la Quebrada y Barrientos y la fractura en el Fraccionamiento Bosques del Lago.

Los riesgos que se presentan principalmente son por inundaciones, erosión del suelo, coexistencia de actividades potencialmente riesgosas, fallas y fracturas geológicas. Para estas últimas se tendrá que estudiar su localización exacta previamente al proyecto de las redes de servicio (agua, drenaje, gas, etc.). Así, es indispensable realizar estudios de mecánica de suelos, sobre todo en fraccionamientos como los anteriormente mencionados y en el de Haciendas del Parque, localizado sobre una falla.

### ***Chalco***

El suelo del municipio es del tipo limoso-arcilloso y franco-arenoso, con alto contenido de sales y mal drenaje. Presenta una alta compresibilidad con una resistencia promedio de 2 ton/m<sup>2</sup>. Dado que su área se localiza en la zona más baja del Valle de México, presenta problemas severos de inundaciones.

### ***Chicoloapan***

La única zona detectada como de riesgo en esta área, es una grieta de aproximadamente un kilómetro de largo. Se encuentra sobre terrenos del ejido de Chicoloapan y sobre suelo habitacional de la colonia Sta. Rosa y el fraccionamiento de AURIS. Esta falla natural presenta anchuras y profundidades de hasta de 6 metros. Así, se recomienda efectuar estudios de mecánica de suelos en esta zona previos a la realización de cualquier construcción.

### ***Ecatepec***

El tipo de suelo del municipio es calizo, rico en carbonatos y cloruros de sodio. Esto es resultado de la desecación de la zona lacustre, localizándose el manto freático a menos de 1 metro de profundidad.

Este tipo de suelo, arcilloso y con poca porosidad, presenta un mal drenaje, volviéndose duro al secarse. Estas características provocan inundaciones en las zonas urbanas. Así, los suelos son expansibles, inestables y con poca capacidad de carga, situación que obliga a realizar estudios de mecánica de suelos previos a la realización de edificaciones.

Estos problemas se agravan entre la Av. Central y los límites con el municipio de Texcoco y Acolman hacia el Este.

### ***Ixtapaluca***

La parte norte del área urbana, misma que se ve limitada por el cerro “El Tejolote”, presenta fallas y fracturas del subsuelo que imposibilitan la construcción de vialidades bien estructuradas.

En esta zona se ha dado la proliferación de viviendas sin control. La mayoría están sobre las fallas del terreno y en sitios con pendientes inadecuadas (de más del 15%), lo cual imposibilita la dotación de servicios, infraestructura y vialidad.

### ***Naucalpan***

Respecto a las estructuras geológicas que presenta el suelo del municipio, se tienen detectadas 14 fracturas en el área urbana sur. Ahí, se ubican las colonias San Rafael Chamapa, Río Hondo, Los Cuartos y San Lorenzo Totolinga. Otras tres fallas se encuentran en la zona central poniente en el área del panteón Los Cipreses, Cerro El Ocotillo y el Arroyo Colmenares (Lomas Verdes).

En estas regiones es indispensable llevar a cabo estudios de mecánica de suelos previos a la construcción de cualquier tipo de edificación, incluyendo obras de infraestructura urbana.

### ***Nezahualcoyotl***

El desarrollo de las áreas urbanas se ha dado en terrenos que por su propia naturaleza no debieran ser usados para edificación, ya que son terrenos de origen lacustre, con poca resistencia, altamente compresibles, salitrosos e inundables. Dichas características deben contemplarse para el diseño de las redes de infraestructura urbana.

### ***Nicolas Romero***

Debido a su ubicación sobre una zona volcánica, se presentan varias fracturas. El más importante sistema de fracturas está por la carretera Atizapán de Zaragoza - Nicolás Romero y sigue rumbo al noreste por más de 50 kilómetros, atravesando gran parte de los poblados del municipio.

El segundo sistema de fracturas se localiza en el poblado de Barrón, y tiene una longitud de más de 10 kilómetros con rumbo noreste. Un tercer sistema se localiza en la zona oriental del municipio.

Como se deduce de lo anterior, el municipio se encuentra en una zona muy fracturada, lo cual en caso de sismos tiende a presentar desplazamientos tanto horizontales como verticales. Por lo tanto, se deberán tomar las medidas necesarias a fin de evitar daños a las edificaciones.

### ***Tultitlan***

En el área urbana de este municipio, se ubica una falla geológica localizada en la porción sur de la colonia Lomas de Cartagena, al poniente la zona. Aunque en la actualidad no hay asentamientos en dicha zona, es necesario estudiar la falla y evitar la construcción tanto de viviendas como de redes de servicios (agua, gas, teléfonos, etc.).

Por último, para el desarrollo de las redes de distribución de gas, además de tomar en cuenta las zonas de riesgo descritas, se deberá contar con la información precisa sobre la localización de la infraestructura especial existente en el subsuelo de la ZMCM, como son los gasoductos, oleoductos y demás ductos que transportan hidrocarburos, así como del cableado subterráneo de energía eléctrica, y cualquier sistema de ductos que se encuentre en el subsuelo.

## **Bibliografía**

- American Gas Assotiation, *Uniform Statistical Reports*, Estados Unidos. Varios números.
- Armstrong, Mark y Chris Doyle (1993), *Network Access Pricing*, Reprt to HM Trespure
- Armstrong, M., Simon Cowan y John Vickers (1994), *Regulatory Reform*, MIT Press.
- Auriol, M. y J.J. Laffont (1992), "Regulation by Duopoly". *Journal of Economics&Management Strategy*. Vol1, No. 3, fall.
- Bretingaum, Ronald y John Panzar (1989), Diversification Incentives Under 'Price-based' and 'Cost-base Regulation', *Rand Journal of Economics*, 20, pp.379-391.
- Bureau of Economic Analisys, Regional Projections, Departamento de Comercio de Estados Unidos. Varios númeors.
- Comisión Reguladora de Energía (1996), *Directive on the Determination of Prices and Rates for Natural Gas Regulated Activities*, México:CRE.
- Deparment of Commerce, *Census Bureau*, Estados Unidos.
- Deparment of Commerce, *National Climatic Data Center*, Estados Unidos.
- Department of Labor, *Monthly Labor Review*, Estados Unidos, Varios números.
- Energy Información Administration, *Natural Gas Annual*, Departamento de Energía de Estados Unidos. Varios números.
- Energy Información Administration, *State Energy Price and Expenditure Report*, Departamento de Energía de Estados Unidos. Varios números.
- Energy Información Administration, *Annual Energy Outlook 1995*, Departamento de Energía de Estados Unidos.
- Farber, Guillermo y Gabriel Martínez (1994), *Desregulación Económica en México*, Fondo de Cultura Económica.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1994) *Encuesta Nacional Ingreso-Gasto de los Hogares*, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1990) *Censo de Población y Vivienda*, México.
- International Energy Agency (1991), *Natural Gas. Prospects and Policies*, Paris: OECD/IEA.
- International Energy Agency (1994), *Natural Gas Transportation.Organisation and Regulation*, Paris: OECD/IEA.
- International Energy Agency (1996), *Regulatory Reform in Mexico's Gas Sector*, Paris: OECD/IEA.
- Klein M. (1996), *Competition in Network Industries*, Policy Research Working Paper 1551, Private Sector Development Department, The World Bank.
- Laffont, J.J. (1989), "Fundamentals of Public Economics", MIT Press.
- Laffont, J. J. and J. Tirole (1993), "A Theory of Incentives on Procurement and Regulation", MIT Press.
- Laffont, J.J. (1994), "The New Economics of Regulation: Ten Years After ", *Econometrica*.
- Laffont, J.J. (1994), Privatization, Regulation, and Incentives in Developing Countries, *Conference on Development Economics*, Manila, Octubre.
- Mansell, R.L. y J.R. Church (1995), *Traditional and Incentive Regulation: Applications to Natural Gas Pipelines in Canada*, The Van Horne Institute. Toronto, Canada.

- Rosellón, J. (1995). "Regulatory Reform in Mexico's Gas Industry", *Revista de Análisis Económico*, Vol. 10, No. 2, pp. 267-283.
- Rosellón, J. (1997). "Price and Rate Regulations for the Mexican Natural Gas Industry: Commentes on Policy Decisions", *Documento de Trabajo E-86*, CIDE.
- Sappington, D. (1991), Incentives in Principal Agent Relationships, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 5, No. 2, pp. 45-66
- Secretaría de Desarrollo Social (1995) *Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal*, México.
- Secretaría de Desarrollo Social (1995) *Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano*, México
- Schleifer, A. (1985) A Theory of Yardstick Competition, *Rand Journal of Economics*.
- Tirole, J., 1988, *The Theory of Industrial Organization*, Cambridge: MIT Press.
- World Bank (1995) *World Tables*.