

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE RIESGOS SOCIAL Y AMBIENTAL DE
GAS NATURAL/GAS LP TENIENDO COMO ESCENARIO UNA COLONIA
DE LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA**

*Molinar Ceseña Rafael; Ramírez Meda Walter;
Villalvazo Naranjo Juan*
Dpto. de Ingeniería de Proyectos,
Universidad de Guadalajara, México.
u3e@newton.dip.udg.mx;
wramirez@newton.dip.udg.mx;
jvillalv@newton.dip.udg.mx

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo presentar un estudio comparativo del uso de los combustibles principales utilizados en el país y en casi toda América latina, seleccionando una colonia de la zona metropolitana de Guadalajara, México la cual esta proyectada para la introducción del suministro de gas natural por tuberías domiciliarias y este trabajo pretende fundamentar y aclarar las dudas respecto a la resistencia social y a los beneficios que como producción limpia inducen cada uno de estos sistemas de suministro de energía, así como estudiar los riesgos reales del uso de cada uno de los sistemas energéticos. Concluyendo que en términos sustentables y de producción limpia para las condiciones de vida y desarrollo industrial, el uso del gas natural es menos riesgoso en términos sociales, induce producción limpia, disminuye las emisiones de contaminantes y gases invernadero

INTRODUCCIÓN

Los procesos de combustión tienen impactos ambientales principalmente asociados a la contaminación atmosférica. Dichos impactos se derivan de la generación de subproductos contaminantes ya que las combustiones nunca son perfectas, así como a la presencia de impurezas en el combustible, como pudiera ser el azufre. Otra fuente contaminante derivada del uso de combustibles no sólidos son las emisiones fugitivas a la atmósfera.

Así pues, el nivel de impacto ambiental de un combustible va a depender principalmente de su composición, la presencia de impurezas, la eficiencia de su combustión y la eficiencia de los equipos y prácticas para su transferencia. Asimismo, influye la capacidad térmica de los combustibles, ya que a mayor capacidad térmica, hará falta quemar una cantidad menor de combustible para generar la misma energía. Cabe señalar que la eficiencia de la combustión también dependerá de la relación combustible: oxígeno presente; así, una estufa o un motor en mal estado puede generar una combustión contaminante aun con los combustibles más limpios.

En este trabajo se hace una comparación de los impactos ambientales asociados a la combustión del gas natural y el GLP en usos domésticos. El análisis no se adentrará en las características y eficiencias de equipos de combustión (principalmente estufas y boilers domésticos), ya que estos parámetros no variarán según el tipo de combustible que se utilice.

GASES INVERNADERO

El subproducto más abundante de cualquier combustión es el dióxido de carbono (CO₂). Este producto no es nocivo para la salud, y se encuentra de forma natural. Sin embargo, el CO₂ (así como otros gases) tiene en la atmósfera un efecto invernadero; es decir, que tienen la propiedad de poder retener la radiación emitida por la tierra. Esta propiedad no sería de preocupación si no fuera por los aumentos indiscriminados en la combustión a nivel mundial que generan emisiones descomunales de dióxido de carbono, lo cual está causando un efecto conocido como el calentamiento global. El aumento en las temperaturas globales debidas al efecto invernadero puede tener serias consecuencias como son el descongelamiento de las capas polares, un aumento en los niveles del mar (inundando zonas bajas), variaciones en las corrientes atmosféricas y marítimas, aumento en la frecuencia de desastres naturales tales como las inundaciones, ciclones y huracanes, reducción en los rendimientos de cultivos, etc.

Actualmente existen esfuerzos para lograr compromisos por parte de la comunidad internacional (pe el Protocolo de Kyoto) con el fin de reducir las emisiones de gases invernadero. Dichos esfuerzos están orientados principalmente a las emisiones de la industria, así como a la minimización en la quema de combustibles más contaminantes, como son el carbón.

Cuadro No. 1 - Propiedades generales del gas natural y del GLP

Propiedad	GLP		
	Gas Natural	Butano	Propano
Gas principal	Metano (80-95%)	Butano y propano (95%)	
BTU/ft ³	1012	3280	2516
ft ³ de aire para quemar 1 ft ³ de combustible	9.53	30.97	23.82

El cuadro No.2 presenta las emisiones típicas resultantes de la combustión de gas natural; la segunda columna presenta las emisiones referidas a la energía desprendida, lo que da una medida relacionada al consumo del combustible. Los cuadros se han adaptado del Compendio de Factores de Emisión de Contaminantes Atmosféricos (AP-42) de la Agencia Ambiental de los EEUU (Environmental Protection Agency, 1995).

Cuadro No. 2 - Factores de emisión debidos a la combustión del gas natural

Componente	Factor de emisión (kg/10⁶ m³)	Factor de emisión (kg/10⁹ BTU)
NO _x (expresado como NO ₂)	1 504 ^a / 1414 ^b	42.08 ^a / 39.56 ^b
CO	640 ^a / 305 ^b	17.91 ^a / 8.54 ^b
CO ₂	1 920 000	53 724
Plomo	0.008	0.0002238
N ₂ O	35.2	0.98
Partículas (totales)	122	3.41
SO ₂	9.6	0.269
Compuestos Orgánicos Totales	176	4.92
Metano	37	1.035
COVs	88	2.46

^a Para quemadores residenciales de <0.3 MMBtu/hr.

^b Para quemadores comerciales de 0.3-100 MMBty/hr.

EMISIONES DEL Gas LP

Emisiones derivadas de la combustión

Los contaminantes típicos de la combustión del GLP son los mismos que los del gas natural, por lo que no se repetirá la descripción de sus diferentes componentes y su origen.

Los factores de emisión para el propano y el butano (los principales componentes del GLP) se presentan a continuación, para el caso de boilers comerciales. Nótese que estos factores de emisión están referidos a un volumen en estado líquido; para poder hacer un análisis comparativo con las emisiones del gas natural es necesario referir los factores de emisión a un volumen en estado gaseoso.

Cuadro No. 3, Factores de emisión para la combustión de propano y butano referidos a volumen de gas y capacidad térmica.

Componente	Factor de emisión Butano (g) (kg/10 ⁶ m ³)	Factor de emisión Propano (g) (kg/10 ⁶ m ³)	Factor de emisión Butano (g) (kg/10 ⁹ BTU)	Factor de emisión Propano (g) (kg/10 ⁹ BTU)
NO _x (expresado como NO ₂)	8081	6994	69.77	78.72
CO	1131	949	9.77	10.68
CO ₂ ^b	7 704 023	6 244 845	66 510	70 284
N ₂ O	485	450	4.186	5.060
Partículas (filtrables)	269	200	2.325	2.249
SO ₂ ^a	48 S	50S	0.419S	0.562S
Compuestos Orgánicos Totales	323	250	2.791	2.811
Metano	108	100	0.930	1.124

^a S es el contenido de azufre en gr./100 ft³ de vapor de gas.

^b asumiendo una conversión del 99.5% del combustible a CO₂.

Emisiones fugitivas de GLP

Aparte de las emisiones que se obtienen de la combustión, el uso de combustibles gaseosos también da lugar a emisiones fugitivas a la atmósfera, pe de fugas en tanques estacionarios, fugas en los procesos de conexión y desconexión de mangueras en el suministro a tanques estacionarios, fugas en pilotos de estufas, etc.

El Instituto Nacional de Ecología (INE) va a llevar a cabo un *Proyecto de Revisión y Eliminación de Fugas Domésticas de Gas Licuado de Petróleo en la Zona Metropolitana del Valle de México*. Este proyecto ha surgido a raíz de la identificación de las fugas de GLP como una importante fuente contaminante en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), a partir de estudios del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y de la Universidad de California. Dichos estudios han identificado que en la ZMVM se emiten alrededor de 76400 toneladas de GLP; si bien esta cantidad no es realista para la ZMG, los porcentajes de emisión de GLP en diferentes fases de su distribución y uso sí lo son. El cuadro No.4 muestra dichos porcentajes de emisión de GLP.

Cuadro No. 4 - Porcentajes de emisión de GLP

Punto de Emisión	% del total emitido
Centro de embarque PEMEX	0.05%
Carga de semirremolques	0.56%
Descarga de semirremolques	0.38%
Almacenamiento en plantas	0.30%
Carga de autotanques	0.64%
Suministro de tanques estacionarios	0.64%
Llenado para carburación	0.73%
Llenado de recipientes portátiles	0.73%
Distribución de recipientes portátiles	10.05%
Fugas en instalaciones industriales	0.02%
Fugas en instalaciones comerciales	0.18%
Fugas en instalaciones domésticas	4.06%
Consumo doméstico	70.57%
Consumo industrial	1.37%
Consumo comercial	3.82%
Consumo agrícola	3.00%
Consumo carburación	2.91%
Total	100.00%

Fuente: Instituto Nacional de Ecología (2002)

Del cuadro No.4 se puede observar que la mayor parte de las emisiones fugitivas se dan en el consumo doméstico (70.57%), mientras que la distribución de recipientes portátiles también representa un porcentaje considerable (10.05%). El informe del INE pasa a desglosar el origen de las emisiones fugitivas en el consumo doméstico, el cual se muestra en el CuadroNo.5.

Cuadro No. 5 - Emisiones fugitivas de GLP en uso doméstico

Punto de Emisión	% del total emitido
Encendido de estufas	1.78%
Encendido de calentadores	0.002%
Pilotos de estufas	50.70%
Pilotos de calentadores	0.002%
Hidrocarburos no quemados en estufas	37.60%
Hidrocarburos no quemados en calentadores	9.92%
Total	100.00%

Fuente: Instituto Nacional de Ecología (2002)

Los estudios llevados a cabo por el IMP y la Universidad de California identifican dichas fugas como un componente importante de hidrocarburos para la generación de ozono, especialmente debido a los altos niveles de butano, isobutano, propileno y butilenos que se manejan en las mezclas en México.

Si bien la distribución de gas natural también conlleva fugas, debido a su composición (principalmente metano), éste no representa un riesgo a la salud como contaminante. Por otro lado las emisiones de metano sí contribuyen al efecto invernadero y pueden representar un riesgo de explosión.

COMPARATIVO DE EMISIONES CONTAMINANTES DE GLP Y GAS NATURAL

En el cuadro No.6 se presenta un comparativo de las emisiones obtenidas con la combustión de gas natural y GLP respectivamente, referidas a las calorías emitidas. Se han tomado los datos referentes a boilers comerciales para ambos combustibles, y para las emisiones de GLP se ha tomado una media entre las emisiones de propano y butano, considerando una mezcla en proporción 60:40.

Cuadro No. 6 - Comparativo de emisiones debidas a la combustión del gas natural y del GLP

Componente	GLP Factor de emisión (kg/10⁹ BTU)	Gas Natural Factor de emisión (kg/10⁹ BTU)
NO _x (expresado como NO ₂)	75.14	39.56
CO	10.32	8.54
CO ₂	68 774	53 724
N ₂ O	4.71	0.98
Compuestos Orgánicos Totales	2.80	4.92
Metano	1.05	1.035

Respecto a las emisiones atmosféricas fugitivas, el GLP hace una contribución importante a la generación de ozono, mientras que el gas natural no contribuye a ello.

CONCLUSIONES REFERENTES A LA CONTAMINACIÓN GENERADA

En términos de generación de contaminantes por unidad de volumen quemada (en fase gaseosa) el GLP tiene emisiones más contaminantes que el gas natural. Sin embargo, el gas natural tiene una

capacidad térmica más baja que el GLP, lo que reduce su eficiencia; esto quiere decir que hará falta quemar mayores cantidades de gas natural para obtener los mismos resultados que con la quema de GLP (hervir agua, por ejemplo). Para ello los factores de emisión se refirieron a las unidades de calor producidas.

Haciendo un sencillo análisis comparativo se ve que el GLP se mantiene con emisiones más elevadas a pesar de su mayor capacidad térmica, principalmente en lo que se refiere a la emisión de compuestos de nitrógeno (NO₂ y N₂O).

En términos generales se podría decir que el gas natural es un combustible menos contaminante que el GLP. Sin embargo, las emisiones de GLP tampoco resultan ser muy elevadas, e incluso menores en algunos parámetros (pe metano, compuestos orgánicos totales), por lo que no se puede hablar de una gran diferencia entre los índices de contaminación generados por cada tipo de combustible.

Independientemente de las emisiones obtenidas de la combustión del gas natural y el GLP, también hay que tomar en cuenta el proceso de distribución de los combustibles. El gas natural se distribuye por medio de tubería de forma continua, mientras que el GLP se ha de cargar periódicamente. Los procesos de distribución y uso del GLP permiten la fuga de grandes cantidades de gas, las cuales se emiten directamente a la atmósfera y actúan como precursores para la formación de ozono (a través de una reacción fotoquímica), lo cual no se da en la distribución de gas natural.

ESTUDIO COMPARATIVO DE RIESGO SOCIAL

CANTIDAD DE ENERGÍA EN UNA COLONIA CON GAS NATURAL

Midiendo la red proyectada de gas natural en la colonia El Colli y calculando el volumen que podría almacenar, se determina la cantidad de energía que significa el gas natural en la colonia referida.

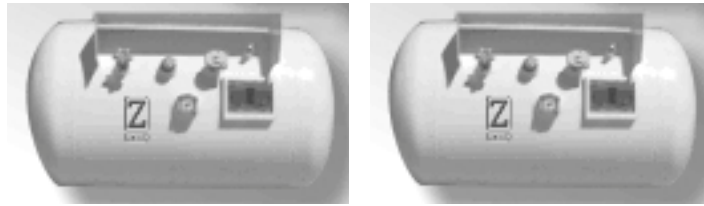
¿A cuánta energía equivale el gas natural de la red proyectada en el Colli?

La red general de gas natural proyectada para esta colonia, contendría aproximadamente 370m³ del combustible. Esa cantidad almacenada de gas natural representa **3,852Mcal**.

- Equivale a la energía contenida en 11 tanques de 30kg de GLP



- Equivale a la energía contenida en 2 tanques estacionarios de 300L



CANTIDAD DE ENERGÍA EN CAMIONES REPARTIDORES DE CILINDROS DE GLP Y PIPAS EN CIUDAD

En la colonia ingresan camiones y pipas repartidores de gas. Se estima que a la colonia mencionada entran cada día de 15 a 20 camiones repartidores de cilindros de 30kg (cada camión puede transportar hasta 47 cilindros) y de 4 a 6 pipas de 5,500L cada una.

Lo anterior significa que la cantidad de energía almacenada en dichos vehículos puede ser de hasta 336,626Mcal en camiones con cilindros de 30kg y 209,550Mcal en pipas, haciendo un total de **546,176Mcal** por día.

CANTIDAD DE ENERGÍA EN UNA PLANTA DE ALMACÉN DE GLP

En el caso de la colonia El Colli, no existe una planta de almacenamiento de GLP. Pero por ejemplo, en la ciudad de Guadalajara hay plantas de almacenamiento de 49'500,000 litros, que equivale a **314'325,000Mcal**.

RADIO DE INFLUENCIA DE UN INCIDENTE DE UNA PIPA DE GAS L.P. Y UN CAMIÓN CON CILINDROS

Especificación del escenario

Para este efecto se utilizó el escenario delimitado por la zona de distribución 019 del proyecto ZAP-RPE-03-019 denominado "019 EL Colli, red de distribución de gas natural media presión". Delimitado por las confluencias de las avenidas López Mateos Sur, Mariano Otero avenida Patria, avenida Tepeyac y avenida de las rosas.

Modelo utilizado y condiciones del escenario

Para el modelado del radio de influencia se utilizó el programa CAMEO (computer aided management of emergency operations) elaborado por USEPA (agencia norteamericana de protección al medio ambiente) para apoyar a los usuarios en respuestas de emergencias ocasionadas por fugas y derrames químicas. Especialmente se utilizó el apartado de software denominado Aloha 5.2.3 (Areal locations of Hazardous Atmospheres) dadas las facilidades que brinda este programa para el modelado de radio de influencia de fugas.

Para las condiciones del escenario se utilizó el criterio de las peores condiciones climáticas y de velocidad del viento, así como el criterio de delimitación de la pluma fue el umbral toxicológico para cada material en particular como se describe en el resumen de condiciones.

Consideraciones generales sobre el riesgo social por sismo.

El Riesgo por la Amenaza de sismo tiene dos componentes; la sola probabilidad de ocurrencia del sismo en un tiempo dado a lo cual se le llama Riesgo de Sismo ó Peligro Potencial Sísmico, y el Riesgo por Sismo, que representa la probabilidad que el sismo produzca un Evento Destructivo.

Sí el Evento Destructivo causa daño a las personas, a las edificaciones, ó al Medio Ambiente, el Riesgo adquiere la clasificación de Social.

El Riesgo Social por Sismo depende fuertemente de la cantidad y tipo de asentamiento humano localizado en el lugar.

DAÑOS CAUSADOS POR EL EVENTO DESTRUCTIVO.

En la eventualidad de la ocurrencia de un **Macro sismo** el daño más frecuente al sistema de **GN** es por los edificios y por el equipo consumidor. Los factores que más influyen son la mala calidad tanto en la construcción de los edificios, como en las instalaciones de los equipos que usan el GN en un proceso térmico.

Por la experiencia con Macro sismos en otros países, como es el caso de los que afectaron a California, USA, ha sido evidente que el movimiento brusco de equipo tal como, estufas, calentadores de agua, hornos y calderas son la causa principal de los accidentes, sobretodo después del sismo, 17% en el terremoto de Northridge en ese Estado, California Seismic Safety Commission, 2002.

También por efecto de un Macro sismo pueden ocurrir fugas de GN en la red de distribución. A pesar de que operan a baja presión pueden producir diferentes tipos de daño a las personas y el medio ambiente, entre otros por efecto térmico, por explosión o por asfixia.

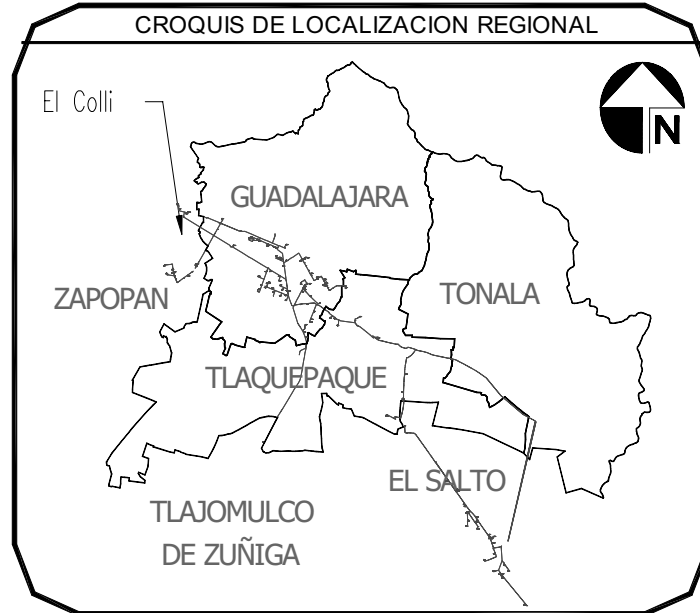


Figura No. 1 - Croquis de localización regional

DESARROLLO DEL ANALISIS CUANTITATIVO DE RIESGO SOCIAL POR MACRO SISMO.

El Peligro Potencial Sísmico se determina usando el valor del Tiempo de Retorno estimado, mientras que el Riesgo por Sismo es obtenido a partir de la Vulnerabilidad para cada uno de los escenarios y los incidentes estudiados.

PARAMETROS PRINCIPALES DEL MACROSISMO.

En la ausencia de los estudios de **Zonificación** y de **Mecánica de suelos**, los parámetros principales que permiten seleccionarlas características de un Macro sismo que pueda afectar de manera fatal a las personas y causar un daño severo a las edificaciones en la Zona poblacional de El Colli, serán la Magnitud, la Aceleración Pico del suelo (**PGA**) y la Intensidad.

ANALISIS DE RESULTADOS.

Dadas las bases de diseño que contemplan poder resistir sismos de magnitudes de grado 7, es de esperarse que de la misma manera que han resistido los ramales principales que PEMEX instaló hace años, no se presente el Evento Destructivo en las redes de distribución del proyecto actual de DGJ asociado a una Intensidad Grado VII ó mayor.

En cuanto al Nivel de Riesgo

El Nivel de Riesgo está ubicado en una región de **NO TOLERABLE** debido de manera fundamental a que el valor de la Frecuencia Anual utilizada está concebido para proteger a las instalaciones.

La ubicación del Nivel de Riesgo puede mejorarse reduciendo al mínimo las fatalidades de la Vulnerabilidad, cualquier cantidad entre 1 y 10 ajustaría el valor en el rango de ALARP.

En cuanto al daño por incendios

Los valores de área que pudiese dañarse por incendio después del terremoto, se obtuvieron para los edificios ubicados en los corredores de mayor peligro, sin embargo no puede descartarse que aunque de una menor proporción, los incendios en usuarios con líneas de servicio menores de 4" pudieran presentarse.

La cantidad de incendios provocados por el Macro sismo puede reducirse de manera drástica por medio de una relación estrecha entre DGJ y los usuarios.

El uso de sistemas shut off y los demás dispositivos y arreglos incide directamente en los daños por incendios post terremoto, la California Seismic Commission hace énfasis en la posible reducción hasta un nivel insignificante de accidentes por incendio cuando se usan los equipos y arreglos mencionados.

Por otro lado, de acuerdo a las experiencias en California, el restablecimiento del servicio de **GN** a los usuarios podría tardar hasta un mes, sin embargo las estimaciones sugieren que pueden reducirse con una colaboración estrecha y permanente.

Para el porcentaje de incendios estimado con la ocurrencia del Macro sismo en El Colli, y por la capacidad de respuesta de la empresa operadora, se podría suponer que el tiempo se reduce a 5 ó 10 días máximo.

En cuanto a la Vulnerabilidad por Radiación Térmica sobre las personas

Estudios internacionales sobre emisiones a la Atmósfera de GN indican que **50 por ciento** de emisiones de tipo moderado, como en el caso de la red de distribución de El Colli, no encienden sino crean una nube tóxica; **40 por ciento** encienden **después** de ser liberados, y crean fuego tipo antorcha; el **10 por ciento** encienden **inmediatamente** al emitirse con un fuego de antorcha (J.B. Cornwell and W.E. Martinsen, 1999)

Por las experiencias de Macro sismo en California, se ha concluido que el daño a las redes de distribución modernas generalmente presentan un impacto muy bajo sobre las personas, es más alto en redes de distribución que tienen muchos años de estar operando y que fueron construidas con otros materiales diferentes al polietileno que ofrece mayor flexibilidad y seguridad. Son más altos los efectos en los edificios viejos y mal construidos.

El Radio de influencia es de casi 40 metros, sin embargo la Radiación de calor es relativamente baja, la protección que ofrecen los edificios y los vehículos reducen a un valor poco significativo la posibilidad de daño fatal.

La densidad demográfica varía a lo largo de cada sección de la tubería, y muchas de las secciones no tienen ningunas viviendas o población permanentes bastante cercana a la tubería como para que se vean afectados fatalmente.

En la cuantificación aparecen 9 personas ubicadas en automóviles, en realidad esa cantidad podría eliminarse, con lo cual la cantidad de personas con daño fatal se reduciría a 6 en las áreas exteriores sin protección.

De manera consecuente, la Vulnerabilidad (V_T) por concepto de efecto de la Radiación Térmica se reduciría a un valor probable de **6 / 14 420**, ó sea $V_T = 0.41 \times 10^{-3}$

En cuanto a la Vulnerabilidad por Explosión sobre las personas

El Radio de influencia es de casi 200 metros, sin embargo la onda de sobrepresión es relativamente baja, de igual manera que con la Radiación de Calor, la protección que ofrecen los edificios y los vehículos reducen a un valor poco significativo la posibilidad de daño fatal.

La Vulnerabilidad (V_E) por concepto de efecto de la Onda Explosiva se reduce a un valor probable de **7 / 14 420**, ó sea $V_E = 0.485 \times 10^{-3}$

En cuanto al daño por desplazamiento del Oxígeno

El gas lanzado se incorpora a la atmósfera muy rápido, dando por resultado que se mezcla fácilmente con el aire cerca del punto del lanzamiento.

El número de personas probables de recibir lesiones fatales debido a la exposición al efecto asfixiante por el desplazamiento del Oxígeno, para cada uno de las zonas de riesgo aún en e condiciones adversas de estabilidad en las condiciones atmosféricas, no es significativo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las Conclusiones y Recomendaciones proporcionan las empresas distribuidoras y a la sociedad en general una idea de las posibilidades de daño y medidas que se podrían tomar para mitigar el efecto del Evento Destructivo sobre las personas y las edificaciones.

Siendo estas atribuibles principalmente para el uso de Gas Natural las inducidas por sismo que afecta directamente a los ductos de conducción por acción del sismo sobre las edificaciones y la infraestructura

En cuanto al daño por incendios:

Las afirmaciones que hace la California Seismic Safety Commission en el documento "Improving Natural Gas Safety in Earthquakes", - sobre las probabilidades de tener una relación de 0.33 de incendios por cada 100 000 m² de área de edificios, es de 1X10⁶ ó sea 1 en 1 millón -, indican que la probabilidad de incendios por terremoto es menor que la probabilidad en ausencia del mismo.

La misma institución, en el mismo documento afirma que; el promedio anual per capita de incidentes de incendio en los Estados Unidos de Norteamérica, según el "Fire Protection Handbook,1996" es de 0.008 veces, es decir que basándose en las estadísticas promedio anteriores, la probabilidad de que una persona sea dañada por incendio como consecuencia de terremoto, es 8000 veces menor que en ausencia del mismo.

Es recomendable buscar la información sobre este punto para la ZMG para establecer una comparación y aportar material de soporte a la opinión pública.

Recomendaciones de tipo genera para manejo de redes de gas natural.

- Proporcionar información al público por medio de Radio, Televisión, Periódicos, Internet etc.
- Proporcionara los usuarios recomendaciones y entrenamiento sobre uso adecuado de las válvulas manuales tipo shut off.

- Proveer información a los usuarios sobre medidas de seguridad como el uso de sujetadores para sujetar los calentadores de agua.
- Preparar lineamientos sobre como reaccionar en caso de sismo, plan de contingencia.
- Desarrollar y promocionar un plan de respuesta por el sismo; autoridades, empresas, escuelas, iglesias etc.

BIBLIOGRAFÍA

- D.J.Ball, et. al., 2000. "*Societal Risk, a Final Report*". Health and Safety Executive, UK.
- R.J. Harris, M.R. Acton, 2001. "*Development and Implementation of Risk Assessment Methods for Natural Gas Pipelines*". Advantica Technologies Ltd. UK.
- The Office of Gas Safety Standards, Australila Committee, 2002. "*Guide to Quantitative Risk Assessment, QRA*". Risk & Reliability Associates Pty Ltd.
- HSE-Health and Safety Executive Risk Assessment, UK-. "*Report on Study of international Pipeline Accidents"2000*". HSE Books.
- Quest consultants Inc. "*The Significance of Hazard End Points in Quantitative Risk Analysis*". HSE Books.