

***Informe de Investigación  
sobre la explosión e incendio  
ocurrido en la  
Refinería de Amuay  
El 25 de Agosto de 2012***

***Comité de Manufactura COENER***

***Caracas, 25 Agosto 2013***

# Contenido

	<b>Página</b>
<b>a) Resumen Ejecutivo</b> _____	5
<b>b) Día, fecha, hora y lugar del accidente</b> _____	10
<b>c) Lesionados</b> _____	10
<b>d) Daños y Costos (Materiales, Ambientales y A Terceros)</b> _____	10
1. Activos de la Corporación	
2. Pérdidas de productos	
3. Pérdidas económicas por menor procesamiento	
4. Control y extinción del incendio	
5. Daños a terceros (viviendas, comerciales, escuelas, Empresas industriales - PURAMIN y CHP-)	
6. Indemnización a víctimas	
7. Impacto ambiental	
8. Costos totales	
<b>e) Descripción del Proceso (Instalaciones/Equipos, Sitio del accidente Proceso/Operación)</b> _____	44
<b>f) Hechos anteriores al evento</b> _____	49
<b>g) El evento</b> _____	56
<b>h) Acciones posteriores</b> _____	56
<b>i) Hechos/ Información adicionales</b> _____	58
1. Antecedentes de Accidentalidad de PDVSA	
2. Condiciones climáticas cambiantes, el día del accidente y días anteriores	
3. Mantenimiento preventivo se cumplió solo en 20 %, de acuerdo al informe de gestión de PDVSA del año 2011	
4. Terceros establecidos en zona de seguridad	
5. Ignición de la nube de gas	
6. Prevención/combate de incendios	
7. Puntos a investigar	
<b>j) Análisis: ¿Qué pudo haber sucedido?</b> _____	87
<b>k) Conclusiones</b> _____	93
<b>l) Recomendaciones</b> _____	96

<b>m) Referencias</b>	<b>98</b>
<b>n) Glosario de Términos</b>	<b>101</b>

## **Anexos**

- 1. Vistas y Planos del área y sus instalaciones**
- 2. Descripción del Proceso**
- 3. Cronología de los hechos y esquema del sitio del accidente**
- 4. Fotos o gráficos del accidente: Áreas afectadas, equipos, estructuras y otros.**
- 5. Informes de expertos y análisis técnicos**
- 6. Testimonios, declaraciones, reportajes y comunicados**
- 7. Documentos soporte de los costos del accidente**

## a) Resumen Ejecutivo

El 25 de agosto de 2012, a la 01:10 de la madrugada, ocurrió una explosión y posterior incendio en la Refinería de Amuay del Complejo de Refinación Paraguaná (CRP). Este evento fue una de las tragedias de mayor magnitud registrada en las refinerías de petróleo a nivel mundial, en la que perdieron la vida 42 personas, 5 permanecen desaparecidas y más de 150 resultaron seriamente lesionadas –según cifras oficiales-. De igual manera se destruyeron instalaciones industriales, locales comerciales, escuelas y viviendas localizadas en las proximidades del área del siniestro.

Este informe es el resultado de la investigación realizada por un Equipo Técnico, integrado por profesionales del Comité de Manufactura del Centro de Orientación en Energía (COENER), con aportes de información y análisis de diversos especialistas vinculados a la actividad de Refinación de Petróleo, en sinergia con varias instituciones y ONG's que abordaron el tema inmediatamente que ocurrió la tragedia. Es importante destacar, que el contenido y estructura del informe cumple rigurosamente con la normativa del SIR-PDVSA <sup>(1)</sup> (Guía SI-S-22 sobre Investigación de Accidentes e Incidentes, versión 2001), lo que generó un voluminoso documento.

Se hizo un análisis del accidente, sus causas potenciales, su impacto de tipo material, económico y ambiental, para la corporación PDVSA y el país. Este informe fue enriquecido, con la incorporación de aproximadamente 500 páginas con información de soporte complementaria en 7 anexos que ahonda en detalles técnicos y referenciales sobre la investigación realizada, con evidencia fotográfica, que tienen un indiscutible valor documental.

Dada la ausencia de información oficial y las serias limitaciones en el levantamiento de la información de campo, se realizó un esfuerzo importante para establecer el estimado de costos del impacto ocasionado por la tragedia sobre el CRP, PDVSA y La Nación, cuya precisión pudiera considerarse del tipo *orden de magnitud*, ya que el principal interés del equipo investigador, fue dejar plasmados todos los elementos

afectados por este lamentable accidente, más que el de producir un monto preciso de los daños que pudiera ser posteriormente cuestionado.

Entre los resultados más relevantes de la investigación realizada, destacan los siguientes:

- 1) La explosión fue causada por la ignición de una nube de gas creada por un escape incontrolado de Olefinas (componentes inflamables producidos en el proceso de refinación), cuya causa más probable fue el colapso del sello mecánico de una o más de las bombas P-200 A/B/C, ubicadas al pie de las esferas TK 208 y 209, en el área de almacenamiento del Bloque B23 de la Refinería Amuay. La referida nube de gas se esparció en un área extensa, originando el fenómeno denominado ***“explosión de una nube de gas en un espacio no confinado”***.
- 2) De acuerdo a testimonios de vecinos de la zona, así como por mensajes y declaraciones de trabajadores y responsables de una de las empresas privadas afectadas por la explosión e incendio, se determinó la presencia de gas en el ambiente varias horas antes de la explosión. Según las declaraciones y los registros de actuación del personal de la Refinería, se confirmó la presencia de una fuga incontrolada de gas en el Bloque 23, aproximadamente a las 12 de la noche del día viernes 24 de agosto de 2012. Sin embargo, no se activaron alarmas ni se tiene conocimiento de acción alguna para llevar a cabo el desalojo de las áreas adyacentes. Entretanto, las únicas acciones que se tomaron consistieron en tratar de bloquear válvulas y equipos en forma manual en sitio de la fuga, resultando todas ellas infructuosas dada la magnitud del escape y las altas concentraciones de gas en el ambiente.
- 3) Existen antecedentes de escapes de gas e incendios en los equipos de bombeo antes mencionados. De igual modo, uno de los informes de la empresa aseguradora documenta la ocurrencia de aproximadamente 100

incendios en el CRP durante el año 2011, la mayoría de éstos aún pendientes por investigación. En general, los indicadores de accidentalidad de PDVSA durante los últimos años muestran una tendencia creciente, con cifras significativamente altas y muy superiores a los promedios internacionales. Esta situación evidencia la pérdida de la Cultura de Seguridad, Salud y Ambiente necesaria para operar, de manera responsable, instalaciones de la magnitud y complejidad de la industria petrolera.

- 4) El incendio se extendió hacia varios de los tanques de hidrocarburos líquidos del área del Bloque 23 y 24. Esto probablemente se debió a una fuga de gases, producidos por la vaporización de parte de los hidrocarburos allí contenidos, a través de los sellos mecánicos defectuosos de los techos flotantes y a la falta de enfriamiento oportuno de los tanques que se encontraban en los alrededores del área afectada.
- 5) Inadecuado manejo de la contingencia en cuanto a las acciones y medidas tomadas en la zona por parte de PDVSA y los cuerpos de atención de emergencias, durante la operación de detección de la fuga de gas antes de la explosión, posterior control y extinción del incendio y atención de las personas afectadas.
- 6) Las fallas detectadas en el plan de evacuación probablemente hayan incidido en el incremento del número de víctimas.
- 7) Se evidenció incumplimiento de la LOPCYMAT, normas PDVSA y prácticas de control de contingencias en el manejo deficiente del operativo durante el combate del incendio en los tanques de hidrocarburos líquidos.
- 8) El **costo total estimado de los daños** ocasionados por la explosión e incendio se calculó en el orden de **1.835 millones de US\$**, discriminados en los siguientes aspectos:

**Millones de US\$**

✓ Activos de la Corporación	173,8
✓ Pérdidas de Inventario en Refinería Amuay	170,9
✓ Lucro cesante en Refinería Amuay (por pérdidas en producción)	1.200,0
✓ Control y Extinción del Incendio	10,3
✓ Daños a Terceros	234,7
✓ Indemnización a Víctimas	35,2
✓ Daños Ambientales	10,0

- 9) Los registros de los accidentes que se han podido documentar, ocurridos en PDVSA posteriormente al 25 de Agosto de 2012, evidencian que en esta empresa no se han tomado medidas efectivas a fin de reducir los niveles de riesgo y accidentalidad en sus operaciones.

Este informe establece finalmente una serie de recomendaciones, de las cuales se destacan las siguientes:

- 1) Exigir a PDVSA y a la Fiscalía General de la Republica la publicación de los resultados de las investigaciones, los correspondientes informes en los cuales se indiquen las causas, las consecuencias y las responsabilidades de esta lamentable tragedia.
- 2) Reforzar el nivel de autoridad del personal de operaciones presente en las instalaciones, factor de fundamental importancia, especialmente en situaciones de emergencia
- 3) Cumplir con el programa de Mantenimiento Preventivo de equipos y materiales.
- 4) Acelerar la capacitación al personal que efectúa el control de las emergencias.



- 5) Acatar las medidas relativas a las zonas de seguridad en los alrededores de las instalaciones petroleras en el país.
- 6) Establecer los juicios penales a los responsables de esta tragedia.
- 7) Llevar a cabo auditorías técnicas y de evaluación de riesgos en todas las instalaciones de PDVSA, en especial aquéllas adyacentes a centros poblados. Estas auditorías deben ser llevadas a cabo por entidades independientes y debidamente calificadas a nivel internacional.
- 8) Dar estricto cumplimiento a las normas de Confiabilidad Operacional, Mantenimiento Continuo, y en especial a los procedimientos de Seguridad, Salud y Ambiente existentes para preservar la vida de los trabajadores y de terceros, así como “prevenir la ocurrencia de accidentes, incidentes, enfermedades ocupacionales y afectación al ambiente en los trabajos a ser ejecutados” <sup>(2)</sup>.
- 9) Mantener la operatividad de los diferentes sistemas de alarmas instalados en el parque industrial de PDVSA.
- 10) Tomar acciones oportunas, en todas las instalaciones de PDVSA, a nivel nacional, para evitar otra tragedia como la ocurrida en la Refinería de Amuay.

**b) Día, fecha, hora y lugar del accidente**

Sábado 25 de Agosto del 2012 a las 1:10 A.M.

Explosión e Incendio en las adyacencias de las Esferas de Gases Licuados de Petróleo (GLP) ubicadas en el Patio de Almacenamiento de Combustibles del Bloque 23 de la Refinería de Amuay, Centro de Refinación de Paraguaná (CRP), Judibana, Municipio Los Taques, Edo. Falcón, Venezuela.

**c) Lesionados**

Según la última información proporcionada por el Gobierno Nacional, fallecieron 42 personas (41 identificados y 1 sin identificar), 5 aún permanecen desaparecidas, más de 150 personas resultaron heridas y 1.330 víctimas recibieron atención psicosocial.

Aunque la cifra oficial indica que son 42 personas fallecidas, diferentes fuentes y testimonios en Paraguaná indican extraoficialmente que el número de víctimas fatales pudiera ser mucho mayor <sup>(3)</sup>. Algunas fuentes de la zona, como el gremio que agrupa el sector comercial del Estado Falcón, citaron una cifra mayor a 95 fallecidos <sup>(4)</sup>. De igual modo, a través de estas fuentes se pudo precisar que el número de viviendas y locales comerciales afectados resultó ser superior. Por otra parte, una fuente de la Iglesia también se pronunció al respecto asegurando que el número de víctimas era mucho mayor a lo informado de manera oficial <sup>(5)</sup>.

Familiares de desaparecidos en la tragedia han venido exigiendo de manera reiterada se les dé respuesta sobre el paradero de sus seres queridos <sup>(6)</sup>.

**d) Daños y Costos ( Materiales, Ambientales y a Terceros)**

Uno de los elementos más complejos de estimar, lo constituyó lo concerniente a la determinación de los Daños Materiales ocasionados por este lamentable evento, especialmente los relacionados con los daños ocasionados a las instalaciones dentro del perímetro de la Refinería y que no fueron fácilmente observables y menos

cuantificables desde las zonas de acceso público. El nivel de dificultad estuvo asociado a la imprecisión y/o ausencia de información oficial sobre estos daños.

No obstante, el equipo de trabajo logró consolidar información suficiente para poder hacer una estimación del orden de magnitud de lo que pudiera ser el costo asociado a los Daños Materiales verificados, tanto fuera como dentro del área de la Refinería.

En lo que respecta al área exterior aledaña a la Refinería, se utilizó buena parte de la información reportada en los medios de comunicación social que realizaron extensos trabajos de campo para la recolección de los datos.

En los párrafos que siguen, se presenta la información base considerada en el establecimiento de estos estimados de los costos del accidente, la cual incluye:

1. Activos de la Corporación
2. Pérdidas de Inventarios en Amuay
3. Lucro Cesante en Amuay
4. Control y extinción del incendio
5. Daños a terceros (viviendas, locales comerciales, escuelas, Empresas Industriales: PURAMIN y CHP)
6. Indemnización a víctimas
7. Impacto Ambiental
8. Costos Totales

#### **d.1) Activos de la Corporación**

La consolidación de la información revela que las instalaciones propias de La Refinería con mayor impacto fueron las ubicadas en las áreas conocidas como Bloque 23 y Bloque 24. El siguiente Diagrama d.1.1 muestra la ubicación de estos Bloques en una vista de planta de la Refinería de Amuay, las cuales se detallan en el Diagrama d.1.2 subsiguiente.

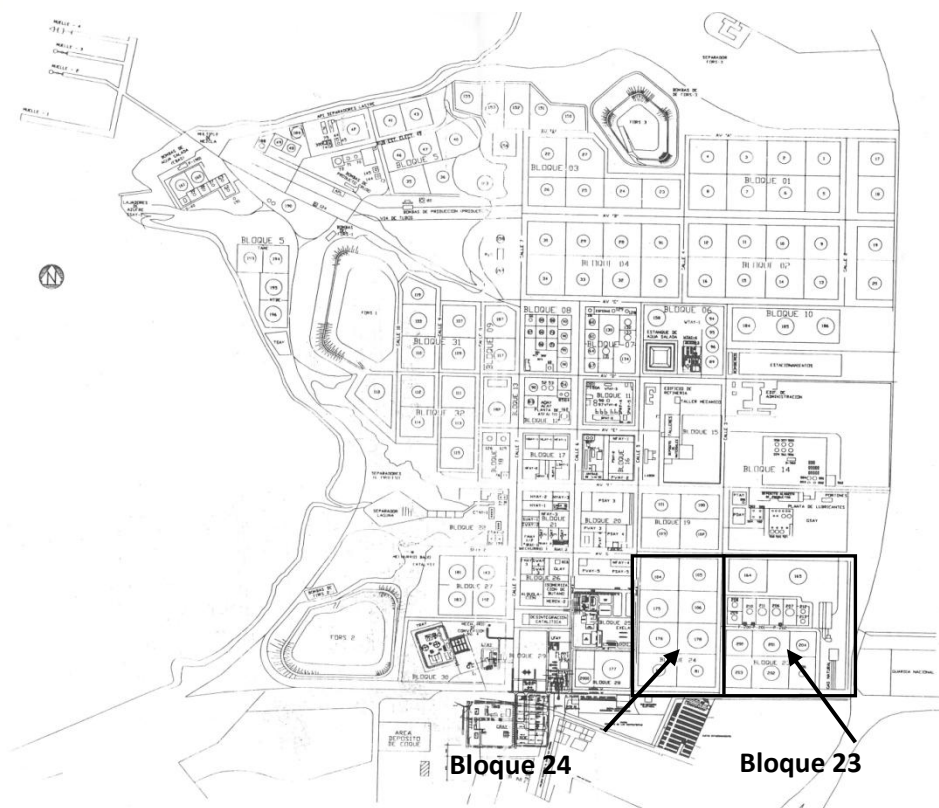


Diagrama d.1.1: Vista de Planta de la Refinería Amuay

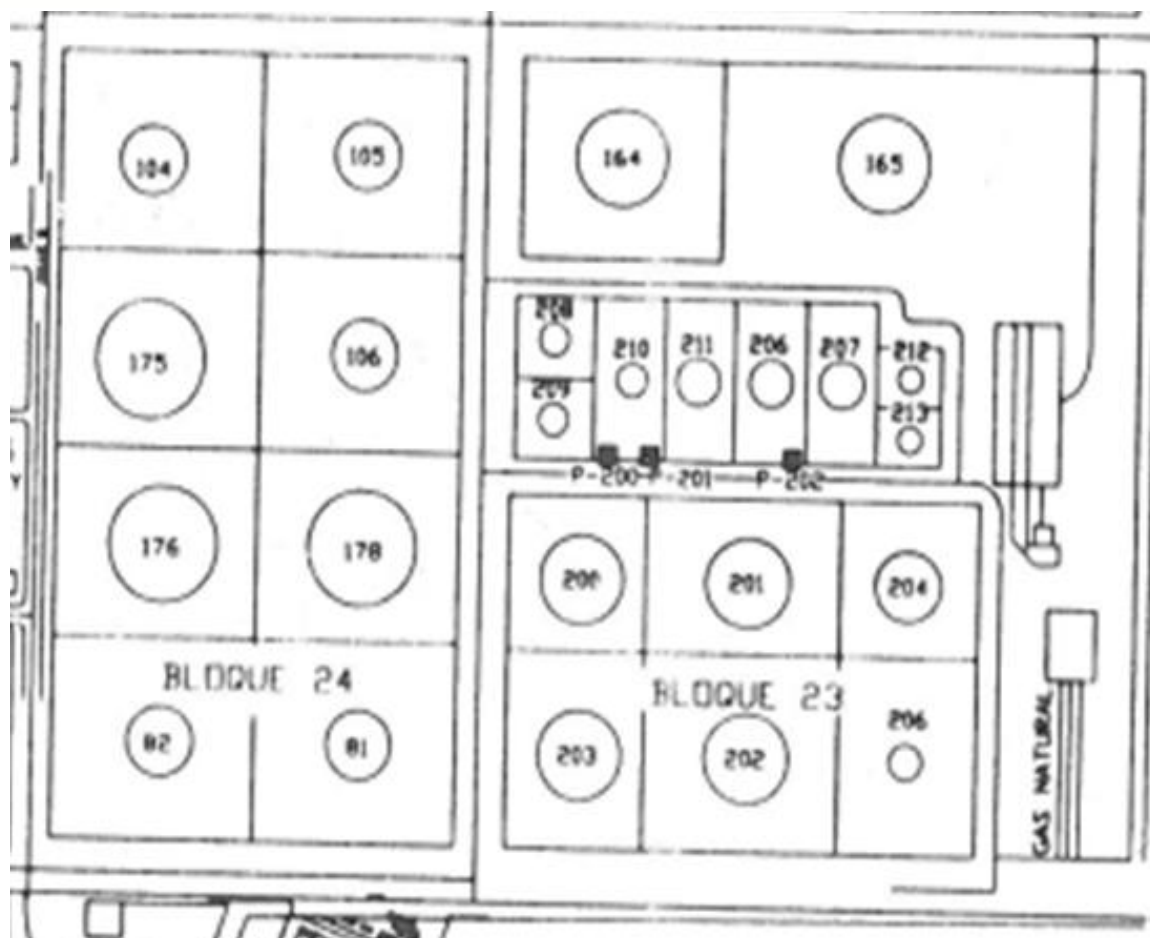


Diagrama d.1.2: Vista de Planta de la Refinería Amuay detalle Bloques 23 y 24.



Foto d.1.1: Zona afectada por el incendio en Bloques 23 y 24, Refinería Amuay

Las siguientes tablas, listan los equipos e instalaciones ubicadas en los Bloques anteriormente identificados, así como el estimado de afectación a causa del evento:

Bloque 23			
Esferas			
Id.	Capacidad (KBbl)	Servicio	Afectación (%)
206	42,6	Isobutano/Butano	20%
207	42,6	Isobutano/Butano	20%
208	30,6	Olefinas	20%
209	30,6	Olefinas	20%
210	30,6	Butano/Isobutano	20%
211	42,6	Butano	20%
212	16,4	Propano	20%
213	16,4	Propano	20%



Bloque 23			
Tanques			
Id.	Capacidad (KBbl)	Servicio	Afectación (%)
200	326,6	Nafta Catalítica	100%
201	326,6	Nafta Catalítica	100%
202	326,6	Nafta Catalítica	100%
203	326,6	Nafta Catalítica	100%
204	206,8	Alquilato	75%
205	206,8	Alquilato	50%

Bloque 23			
Bombas			
Id.	Capacidad (GPM)	Servicio	Afectación (%)
P-200 A	N/A	Olefinas	100%
P-200 B	N/A	Olefinas	100%
P-200 C	N/A	Olefinas	100%
P-201 A	N/A	Butano/Isobutano/Propano	50%
P-201 B	N/A	Butano/Isobutano/Propano	50%
P-201 C	N/A	Butano/Isobutano/Propano	50%
P-202 A	N/A	Butano/Isobutano/Propano	50%
P-202 B	N/A	Butano/Isobutano/Propano	50%
P-202 C	N/A	Butano/Isobutano/Propano	50%

Bloque 23			
Tuberías y Estructuras			
Id.	Capacidad (GPM)	Servicio	Afectación (%)
<b>Estructuras</b>	N/A	Varios	100%
<b>Tuberías</b>	N/A	Varios	100%
Bloque 24			
Tanques			
Id.	Capacidad (kBbl)	Servicio	Afectación (%)
<b>81</b>	200	Crudo	100%
<b>82</b>	200	Crudo	50%
<b>105</b>	200	Crudo	0%
<b>106</b>	200	Crudo	0%
<b>175</b>	350	VGO	50%
<b>176</b>	350	VGO	50%
<b>178</b>	350	Agua	100%

En ausencia de información oficial, el equipo de trabajo procedió a realizar una estimación del costo asociado a los daños reportados; para ello utilizó información propia del mercado interno venezolano relacionado con las actividades de Ingeniería y Construcción de instalaciones, como las afectadas. Por lo tanto, el resultado de estas estimaciones puede ser considerado tipo Orden de Magnitud.

En el Anexo 7 se detalla la información utilizada como base para los estimados.

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos:



RESUMEN		
ELEMENTO	%	Impacto (KUS\$)
Bq.23-Esferas	10,36%	18.000
BQ.23-Tanques	49,64%	86.250
Bq.23-Bombas	0,86%	1.500
Bq.23-Tub. y Estruct.	8,63%	15.000
Bq.24-Tanques	30,50%	53.000
	<b>Total:</b>	<b>173.750</b>

Este estimado de **US\$ 173,75 Millones**, tal como se muestra en la tabla anterior, se refiere exclusivamente a los Daños Materiales a instalaciones físicas de la Refinería.

Las cifras mostradas no incluyen eventuales costos asociados a otros daños, muy probablemente relacionados con el evento, tales como los que se reportaron como causas de los retardos en la puesta en servicio, posterior al siniestro, de la Unidad de Destilación No. 5, así como las recurrentes fallas de las Unidades de Ter-Amil-Metil-Eter (TAME) y Flexicoquer durante los subsiguientes intentos de arranque y operación reportados por la Refinería. Sin el acceso a los datos operacionales reales, resulta altamente complicado realizar estimaciones, incluso orden de magnitud, de daños materiales y en consecuencia, y se correría el riesgo de caer en estimaciones fuera de orden sobre el impacto monetario de la explosión.

#### **d.2) Pérdidas de Inventarios en Refinería de Amuay**

Para la determinación del impacto económico por este concepto, sería necesario disponer de la información relativa a los volúmenes de productos contenidos en los diferentes recipientes afectados por este evento, así como el precio de venta de esos productos en su mercado de destino.

De nuevo, para nuestro equipo, fue imposible conseguir información oficial sobre estos datos; por lo cual se procedió a utilizar información disponible en reportes públicos, en lo relativo a los precios, y algunas asunciones en cuanto a los volúmenes de productos contenidos en los diferentes recipientes. Por supuesto, la confiabilidad de la estimación estaría afectada por el nivel de certidumbre de los datos utilizados, especialmente en lo relativo a los volúmenes existentes en los recipientes. Para el ejercicio realizado, se asumió que, en promedio, los recipientes se encontraban a nivel de un 50% de su capacidad total. Los precios utilizados para cada uno de los productos mencionados fueron los correspondientes a la información pública reportados para Agosto de 2012.

La tabla que sigue muestra un resumen de los resultados obtenidos:

RESUMEN		
ELEMENTO	%	Impacto (KUS\$)
Bq.23-Esferas	7,77%	13.283
BQ.23-Tanques	57,86%	98.900
Bq.24-Tanques	34,37%	58.750
	<b>Total:</b>	<b>170.933</b>

Como puede ser visto, se estima un impacto de **US\$ 171 Millones** por causa de la pérdida de productos almacenados al momento de la ocurrencia de este evento.

### **d.3) Lucro Cesante en Refinería de Amuay**

La pérdida económica, por reducción de la capacidad de procesamiento en la Refinería Amuay, se estimó considerando las instalaciones dañadas y fuera de

servicio como consecuencia del incendio, no así unidades que estaban antes o después del incendio fuera de servicio por razones ajenas al siniestro.

#### **d.3.1. Consideraciones operacionales:**

- **Previo al evento**

La Refinería de Amuay estaba procesando unos 480 mil barriles diarios de crudo (KBD) con todas las plantas operando, con la excepción de la Unidad de Coquización Retardada (CRAY) que estaba en mantenimiento (ver Figura e.1 del diagrama de proceso incluido en la sección Descripción del Proceso).

Para este escenario se asumieron las siguientes condiciones:

- ✓ La gasolina y destilados son manufacturados con destino al mercado local.
- ✓ Se exporta gasolina de aviación, residuales y asfalto.
- ✓ Se importan componentes de alto octanaje para mezclar en la refinería y/o gasolinas terminadas, ya que PDVSA es deficitaria en componentes de alto octanaje para cubrir la demanda de gasolinas al mercado local. La importación de gasolina terminada, en lugar de componentes de alto octanaje, en oportunidades conlleva a exportar los componentes de gasolina de menor octanaje para mezclas.
- ✓ Adicionalmente, en la Refinería de Amuay se produce un volumen de gasóleos de destilación de vacío (VGO) que se suministra a las otras refinerías del sistema para completar la carga a las plantas de Desintegración Catalítica y manufacturar gasolinas y destilados.

Con base en lo anterior, una disminución en el procesamiento de crudos en la Refinería de Amuay no solamente conlleva una reducción en las exportaciones de productos, sino que genera una mayor dependencia de compras al exterior para abastecer el mercado local.

- **Posterior al evento**

A partir del 25 de Agosto de 2012 y hasta el 31 de Agosto 2012, la Refinería de Amuay queda fuera de operación; las plantas destiladoras paradas y unidades aguas abajo en condición de recirculación.

Durante el mes de Septiembre de 2012 se inicia el arranque de plantas, con la excepción de la unidad de Alquilación (ALAY), la cual procesa las Olefinas, y con la excepción de Planta la Destiladora No 5, la cual se mantuvo fuera de servicio para reparar el horno dañado, que se presume fue a consecuencia de la explosión e incendio.

En el período Octubre 2012 a Abril 2013, la Refinería de Amuay procesó unos 350 KBD de crudo debido principalmente a no estar disponible la Planta Destiladora No 5. La unidad de Desintegración Catalítica (DCAY) y la unidad de Alquilación (ALAY) se encontraron operando por debajo de su capacidad, a 75 vs 108 KBD y 5 vs 20 KBD respectivamente, ambas limitadas por el manejo de Olefinas, y el Flexicoquer (FKAY) limitado a 55 vs 60 KBD, por la baja corrida de crudo.

El 29 de Abril de 2013 se inicia el arranque de todas las plantas afectadas por el incendio, y para Mayo, se logra restablecer el nivel de corrida de crudo típica en la Refinería de Amuay.

Es de resaltar que durante el período analizado se presentaron varios problemas operaciones que conllevaron paradas de plantas pero que no estuvieron relacionadas con el evento del 25 de Agosto de 2012, y es por ello que no han sido tomadas en cuenta para esta estimación de lucro cesante.

### **d.3.2. Estimación pérdida volumen de productos**

Basado en las consideraciones operacionales descritas anteriormente, el nivel promedio de procesamiento de crudo en la Refinería de Amuay para el período desde el 25 de agosto 2012 a 30 de Abril de 2013, se estima en unos 310 KBD lo cual representa una pérdida en el volumen productos manufacturados de unos 170 KBD en comparación con la corrida típica de 480 KBD. Es de destacar que esto ocurre en un momento en el que los precios de productos refinados en los mercados tienden a ser los más altos del año.

Adicionalmente, como consecuencia de limitaciones en el esquema de procesamiento de Amuay en el período, los productos manufacturados resultaron de menor calidad:

- ✓ Las Olefinas se enviaron al sistema de gas y se redujo la disponibilidad de Alquilato, componente de alto octanaje necesario para la manufactura de gasolinas, reduciéndose su producción de unos 15 a 4 KBD.
- ✓ La carga a la planta de desintegración catalítica (DCAY) se limitó a 75 KBD vs 108 KBD, afectando la manufactura de nafta catalítica para mezclar gasolinas y de destilados.
- ✓ Adicionalmente, la capacidad de Hidrotratamiento estuvo limitada, resultando en que algunas corrientes de la Refinería (destilados craqueados) se degradaron, de destilados, a residuales.

Lo anterior se resume en una mayor exportación de componentes para mezcla de gasolinas, menor exportación de otros productos como gasolina de aviación, residuales y asfaltos y una mayor importación de gasolina terminada y destilados para suministrar al mercado local.

Se estima que la importación de productos se incrementó en unos 200 KBD:

- ✓ Gasolinas (130 KBD) y destilados (40 KBD), para cubrir demanda del mercado local.
- ✓ VGO (30 KBD), para completar cargas a las plantas catalíticas del sistema, a fin de mantener el balance del resto del sistema de refinación.

### **d.3.3. Estimación pérdida económica (detalles en el Anexo 7)**

La pérdida estimada es de 1.200 millones de dólares, la cual contempla la reducción de la disponibilidad/calidad de productos vs una mayor **exportación de crudos en un momento de márgenes de refinación** positivos y las importaciones adicionales de gasolinas, destilados y gasóleos de vacío (VGO). Adicionalmente, se consideró un ahorro en costos variables de refinación y en transporte del crudo que dejó de ser enviado a la refinería para ser procesado.

Los precios utilizados como referencia son precios SPOT de mercado promedio mes para los productos y crudos reportados por EIA (U.S Energy Information Administration) <sup>(7)</sup>

La siguiente tabla muestra un resumen de las pérdidas estimadas, discriminadas por los diferentes renglones identificados:

Resumen de Pérdidas		
Renglón	MUS\$	Observaciones
<b>Exportación de Productos</b>	373	Mayor exportación de componentes de gasolina y menor exportación de otros productos
<b>Exportación de Crudo</b>	4.103	Crudo no refinado a ventas
<b>Ahorros (refinación y fletes)</b>	79	Costo variable refinación y ahorro transporte de crudo a la refinería
<b>Importación de productos</b>	-5.758	Gasolina y Destilados para el mercado local y VGO para completar cargas a catalíticas
<b>Total Pérdidas</b>	<b>-1.203</b>	

#### **d.4) Extinción y control del incendio**

De acuerdo a declaraciones de fuentes autorizadas de PDVSA, (ver contenido de Anexos 5 y 6) se utilizaron 1500 tambores de concentrados de espuma (Costo aproximado de 10 millones de dólares), y al analizar la fotografía 4.1 se observa que la espuma fue usada en un solo tanque (TK-204); pero por la mala aplicación y uso, ésta se desbordó hacia las calles de la comunidad. Ver foto 4.2.



Foto d.4.1: Uso localizado e ineficiente de la espuma



Foto d.4.2: Presencia de espuma en las calles de la comunidad

Adicionalmente, el día 28 de agosto de 2012 los medios de comunicación reseñan comentarios provenientes de fuentes del Ministerio de Petróleo y Minería, señalando que unos 222 bomberos se encontraban en el sitio trabajando por turnos <sup>(8)</sup>.

La tabla a continuación resume los estimados de costos asociados a la estrategia de combate del incendio:

ITEM	Unidad	Cantidad	Referencia (US\$/Unidad)	Costo (KUS\$)
<b>Concentrado de Espuma</b>	Tambor	1.500	6.700	10.050
<b>Gastos de Personal de Apoyo</b>	Persona	222	1.000	222
			<b>Total:</b>	<b>10.272</b>

#### **d.5) Daños y compensaciones a terceros.**

**(Viviendas, escuelas, locales comerciales y empresas industriales)**

- **Daños a viviendas , escuelas y locales comerciales**
- Casi 1700 viviendas fueron reportadas como afectadas. Aproximadamente 800 de ellas con destrucción total. Un estimado promedio de los daños a resarcir por concepto de viviendas afectadas, para su reparación, es de BsF. 250 mil por vivienda afectada y BsF. 550 mil por las destruidas.





Foto d.5.1: Destrucción de viviendas en sector El Campito.



Foto d.5.2: Destrucción de viviendas en sector El Campito.



Foto d.5.3: Numerosas pérdidas materiales en las viviendas afectadas en el sector La Pastora.



Foto d.5.4: Destrucción de viviendas en sector San Rafael.





Foto d.5.5: Destrucción de viviendas entrada Urb. Don Antonino.



Foto d.5.6: Daños a viviendas detrás zona comercial La Pastora

- 2.100 familias afectadas de las cuales 1.100 familias han sido atendidas y reubicadas en Jayana y Ciudad Federación. 1.000 familias afectadas faltan por

reubicar, de las cuales 70 familias continúan refugiadas esperando la adjudicación de viviendas <sup>(9)</sup>.



Foto d.5.7: Damnificados de la tragedia de Amuay



Foto d.5.8: Destrucción general en el sector Alí Primera en la zona sur a la Refinería.

- 135 Comerciantes fueron afectados por esta tragedia. El costo promedio de los daños a comercios se estima en 500 mil BsF por cada local.
- 17 escuelas fueron afectadas por el accidente. El costo promedio de los daños a cada una de estas instalaciones se estima en BsF 600 mil.



Foto d.5.9: Vista de los daños en el área comercial del sector La Pastora.

Fecha: 26-08-2012





Foto d.5.10: Vista de los daños en el área comercial del sector La Pastora.

Fecha: 26-08-2012

## - Daños a Empresas Industriales

### • PURAMIN

La fuerte explosión ocurrida durante el accidente del día 25/08/2012 en la Refinería de Amuay del Complejo Refinador Paraguaná, trajo como consecuencia la destrucción total o parcial de las instalaciones ubicadas en los alrededores del complejo refinador, una de estas instalaciones fue la empresa PURAMIN. Se puede decir que la referida empresa quedó totalmente destruida.

**PURAMIN C.A.** está ubicada en la antigua vía Fluor, al lado de la Refinería de Amuay (CRP AMUAY), a cien (100) metros de la Avenida Intercomunal Alí Primera, en la Península de Paraguaná. Fue fundada en el año 1974.



Foto d.5.11: Vista de la ubicación planta PURAMIN frente a Bloques 23 y 24 de la Refinería Amuay

**PURAMIN** es una empresa dedicada a la producción y comercialización de aceite dieléctrico para transformadores e interruptores de potencia bajo la marca de calidad FONDONORMA 1128 y las certificaciones ISO 9001-2008. También tiene una larga trayectoria en el proceso de mezcla y envasado de aceites lubricantes para motor y uso industrial.

De igual forma, **PURAMIN C.A.** es productor de Mejoradores Poliméricos de Índice de Viscosidad utilizados en la mezcla de aceites lubricantes y fabricante de químicos para perforación de pozos en forma de suspensiones fluidizadas. Adicionalmente, presta el servicio de Logística y Almacenamiento de Aditivos y Análisis de Laboratorio a terceros y cuenta además con la representación exclusiva de aditivos Chevron-Oronite en Venezuela.

Esta empresa contaba con una infraestructura compuesta por 4 galpones, en los cuales funcionaban las líneas de envasado de aceites lubricantes, así como también el llenado de aceite dieléctrico AD-66, en tambores y a granel.

Almacenes de insumos y productos terminados, laboratorio, talleres de mantenimiento y almacenes de repuestos, consultorio de servicios médicos y áreas para oficinas.

Salas de calderas, salas para 02 plantas eléctricas de emergencia, una edificación de 02 plantas donde estaban ubicadas las oficinas de Seguridad y Salud Laboral.

Tanques con una capacidad total de 4.210.861 litros para el almacenamiento y manejo de productos.

Vehículos propios y alquilados: vehículos pesados, livianos y montacargas.





Foto d.5.12: Vista daños área producción y almacenaje  
de la Planta de PURAMIN. Fecha: 29-08-12

Para la estimación del impacto monetario de este evento sobre PURAMIN, se discriminó en tres renglones: **infraestructura física**, estimada en US\$ 73 Millones; la **pérdida de inventarios** (propios y de terceros), del orden de los US\$ 2 Millones y el **lucro cesante** asociado al tiempo sin actividad de producción, comercial y de venta, que ha sido estimado en US\$ 5 Millones.



Foto d.5.13: Vista del área de laboratorio de la Planta PURAMIN

- **Compañía De Hidrógeno De Paraguaná LTDA (CHP)**

Otra de las instalaciones industriales afectadas fue la Compañía de Hidrógeno de Paraguaná, Ltda. (**CHP**).



Foto d.5.14: Vista General de la Planta CHP

**CHP** está ubicada en el lado sur de la Refinería Amuay (CRP AMUAY) siguiendo la antigua vía Fluor, a unos doscientos (200) metros de la Avenida Intercomunal Alí Primera. Inició operaciones en el año 1996.



Foto d.5.15: Vista de la ubicación planta CHP frente a la Refinería Amuay

**CHP** es una empresa dedicada a la producción y comercialización de Hidrógeno. La planta utiliza la tecnología de reformación con vapor, en presencia de un catalizador, y remoción de  $\text{CO}_2$  remanente por medio del uso de tamices moleculares (tecnología PSA), para producir 50 MPCSD (Millones de pies cúbicos a condiciones normales por día) de hidrógeno de alta pureza (99.5%) y alrededor de 400 psig. El producto es comprimido para llevarlo hasta 970 psig para ser entregado a la Refinería de Amuay.

Dentro del esquema de negocio vigente entre las partes, la Refinería de Amuay realiza el suministro de gas natural y de agua de alimentación para la generación de vapor. A su vez, se tiene establecido un contrato tipo “take or pay”, para la disposición del 100% de la producción de hidrógeno de la planta de CHP.

Esta planta cuenta con una infraestructura compuesta por equipos (tambores, torres, intercambiadores, bombas), calderas para la generación de vapor, un horno reformador de alta tecnología, un sistema de remoción de  $\text{H}_2\text{S}$ , un sistema de compresión, una avanzada estructura de instrumentación, supervisión y control



de proceso, así como una sala de control a partir de la cual se lleva a cabo la supervisión de la operación.

Almacenes de insumos, laboratorio, talleres de mantenimiento, almacenes de repuestos, plantas eléctricas de emergencia y áreas para oficinas. Vehículos propios y alquilados: vehículos pesados, livianos y montacargas.



Foto d.5.16: Vista daños Instalaciones (CHP). Fecha: 25-08-2012

Para la estimación del impacto monetario de este evento sobre CHP, se consideraron solamente el daño a la infraestructura física, estimado en US\$ 30 Millones.



Foto d.5.17: Vista de daños en la subestación eléctrica de CHP. Fecha: 25-08-2012.

## TOTAL DAÑOS A TERCEROS

Comunidades Externas					
Instalaciones Varias					
ITEM	Afectadas	Destruídas (# / %)	Costo Referencial (KUS\$)		Impacto (KUS\$)
Viviendas	1691	800	40	87	105.198
Comercios		135	79		10.714
Escuelas		17	95		1.619
CHP		20%	150.000		30.000
PURAMIN					80.000
Infraestructura		100%	73.000		73.000
Lucro Cesante		100%	5.000		5.000
Inventario		100%	2.000		2.000
Pasarela		100%	40		40
Comando GN		100%	7.143		7.143
Subtotal:					234.714

#### **d.6) Indemnización y Costos de Atención a víctimas**

Para realizar estas estimaciones se revisaron dictámenes del Tribunal Supremo de Justicia, los cuales han constituido jurisprudencia en esta materia (ver Anexo 5). Este renglón no incluye costos de alojamiento y sostén temporal a damnificados que, de acuerdo a información de prensa, se han extendido hasta la presente fecha.

Tres (3) renglones fueron considerados:

- ✓ Personas atendidas en razón de suministrarle asistencia psicológica y médica básica. En este renglón se reportaron unas 1300 personas, estimándose un promedio de US\$ 500 por cada una para cubrir esta actividad.
- ✓ Atención médica de los lesionados hasta su recuperación definitiva. En este renglón aplicarían, aparte de los costos de atención médica ampliada y dependiendo de cada caso, diversos tipos de indemnización, correspondientes a conceptos que pueden abarcar: Gastos Emergentes (costos de traslados, insumos y gastos de los familiares), Lucro Cesante (indemnización por incapacidad física permanente) y Daño Moral (daño por afectación física, de la vida privada, etc.). Se estimó en un promedio BsF. 200.000 por herido, especialmente aquéllos que fueron afectados con daños físicos permanentes.
- ✓ Indemnización a familiares de fallecidos y desaparecidos. En este renglón igualmente aplican los conceptos previamente mencionados en cuanto a Gastos Emergentes (costos de traslados, insumos, gastos de los familiares y costos de sepelio), Lucro Cesante (en función de la edad y potencialidad productiva de la víctima) y Daño Moral (daño por afectación psicológica a familiares dependientes, de la vida privada, etc.).

Las indemnizaciones por fallecimientos y desaparecidos, se pueden estimar en un promedio de 4 millones de Bs. por fallecido y desaparecido que según jurisprudencia del Tribunal Supremo de Justicia de fecha 07 de marzo de 2002 (ver Anexo 5).

La tabla que continúa resume el resultado de las estimaciones realizadas.

<b>Indemnizaciones y Costos de Atención</b>			
<b>Renglón</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Referencia (KUS\$/Persona)</b>	<b>Impacto (KUS\$)</b>
<b>Atendidos</b>	1330	0,5	633
<b>Lesionados</b>	150	32	4.762
<b>Fallecidos</b>	47	635	29.841
<b>Total:</b>			<b>35.237</b>

#### **d.7) Ambientales**

Un accidente de las características y dimensiones del ocurrido en la Refinería de Amuay ocasiona diversos impactos ambientales de corto y largo plazo, que ameritan ser evaluados a objeto de establecer las penalizaciones del caso, las medidas de control pertinentes para proteger a los ecosistemas y a las personas, y generar el conocimiento que permita atenuar tales impactos en caso de futuros accidentes similares.

Los impactos ambientales ocurrieron en las distintas fases del accidente: explosión de la nube de gas, incendio de los tanques de hidrocarburos y control del incendio. Seguidamente se describen estos impactos.

La explosión de la nube de gas ocasiona el impacto ambiental más visible, que consiste en la gran cantidad de escombros a que quedaron reducidas las

infraestructuras afectadas por la onda expansiva, la vegetación localizada dentro de la onda expansiva y de radiación calórica del incendio posterior, también resulta destruida en el área de impacto. Normalmente los escombros pueden ser considerados desechos sólidos no peligrosos; sin embargo, si en el área de la deflagración se encuentra algún depósito de sustancias químicas, se produce la diseminación ambiental de las mismas, algunas de las cuales pudieran ser de naturaleza tóxica. En algunas de las fotografías tomadas luego del accidente, se observan tambores deformados (Foto d.7.1), lo cual hace necesario establecer qué tipo de sustancia se encontraba almacenada en dichos tambores, para determinar si la diseminación de las mismas representa un riesgo para el ambiente y la salud de las personas o no.



Foto d.7.1: Fuente: El Nacional

Durante el incendio se produjeron otros tipos de impactos ambientales. En primer término, ocurrió una contaminación del aire debido a la combustión incontrolada de los hidrocarburos líquidos, que hizo que se levantase una gruesa nube oscura de los tanques en llamas. Los contaminantes presentes en esta nube dependen de la naturaleza del hidrocarburo: siempre hay presencia de partículas de hollín (carbono pulverizado), alquitrán y cenizas (material inorgánico pulverizado no quemado), estas partículas son las que oscurecen la nube y su contenido



usualmente es 20 a 400 veces mayor que el contenido de partículas de la combustión controlada de un hidrocarburo, vapores de compuestos orgánicos volátiles (COV), y por último, carbonilos tales como aldehídos y cetonas en niveles que generalmente no revisten riesgos de salud. Entre los hidrocarburos presentes en las partículas, se encuentran los hidrocarburos poli-aromáticos (PAH en inglés) muchos de los cuales se consideran tóxicos para el ser humano y para el ambiente.

Todos estos componentes de la nube se dispersan en un área considerable, porque debido a su elevada temperatura, la nube tiende a alzarse verticalmente a la vez que por la acción del viento se dispersa horizontalmente (Foto d.7.2)



Foto d.7.2 (Fuente: Reuters)

El impacto ambiental más relevante es el ocasionado por la deposición de las partículas emitidas, porque aparte de ocasionar problemas respiratorios y cardiopatías en las personas, altera los ciclos químicos y de nutrientes en los suelos y aguas superficiales.

En cuanto a la emisión de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$  - gas de efecto invernadero) el estimado de cálculo realizado a partir de la información de la combustión por el incendio de 200.000 Barriles de Crudo, 350.000 de VGO, 650.000 de Nafta

Catalítica, 96.000 de Butano, Isobutano y Propano, 30.000 de Olefinas y 210.000 de Alquilo, arroja una cifra de aproximadamente 500.000 toneladas de CO<sub>2</sub>. Para tener una idea de la magnitud de esta emisión localizada, comparativamente equivale a la cantidad de CO<sub>2</sub> que emite todo el tránsito automotor de Caracas durante dos semanas.

Por último, durante el combate del incendio, se hizo uso de 1.500 tambores de espuma, lo cual es una enorme cantidad (Foto d.7.3). Esta espuma posee en su composición una sustancia bastante tóxica denominada Sulfonato de Perfluoro-Octano (PFOS) la cual es extremadamente persistente en todos los medios naturales (aguas, suelos, biota). No se dispone de información acerca de la concentración de PFOS en la espuma utilizada para controlar el incendio en la Refinería de Amuay.



Foto d.7.3 (Fuente: Reuters)

Aunque en Venezuela existen instrumentos como la Ley Penal del Ambiente (LPA) y la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente del Trabajo (LOPCYMAT), no se conoce jurisprudencia que permita de manera contundente asociarle impactos en costos a estos niveles de emisiones de

elementos contaminantes a la atmósfera y corrientes de aguas servidas y residuales de las comunidades.

No obstante, a riesgo de que se le cuestione el argumento, ha sido criterio del equipo investigador la necesidad de establecer un mecanismo para introducir un impacto monetario a las consecuencias hacia el ambiente (el cual es un activo internacional) asociado, por lo menos, al nivel de emisión de CO<sub>2</sub> equivalente, como producto de la combustión de los volúmenes estimados de crudos y productos reportados como pérdidas de inventario.

Para lograr este objetivo se ha hecho uso de algunos de los conceptos internacionalmente elaborados y que se basan en lo establecido en el protocolo de Kyoto, y consideraciones económicas utilizadas en instituciones que participan en el mercado de los Créditos por Reducción de Emisiones y/o en el Sistema de Transacciones de Emisiones de CO<sub>2</sub> <sup>(10)</sup>. La aplicación de estos conceptos, ubica este impacto en el orden de los US\$ 10 Millones.

#### **d.8) Costos Totales**

La tabla que continúa muestra un resumen del impacto monetario del siniestro analizado. De nuevo, este estimado es considerado orden de magnitud dada la dificultad experimentada para conseguir información oficial acerca de este aspecto.

El monto total estimado estaría en el orden de US\$ 1.835 Millones.

En todo caso, el interés del equipo de análisis ha sido proveer elementos, razonablemente soportados, para transmitir el mensaje de que este evento ocasionó a la nación y, más específicamente, a las comunidades aledañas (familias, comercios, empresas industriales y comunidad en general), un impacto de magnitud importante, que amerita esfuerzos adicionales, por parte de la

instancias del Estado, para determinar con mayor precisión estos montos y establecer las responsabilidades, desde el plano personal hasta el nivel más alto de los entes involucrados, para que puedan ser aplicadas las leyes que rigen la materia y se castigue, ajustado a derecho, a los responsables. De igual modo, que se establezcan las debidas indemnizaciones y reconocimiento de los daños causados a las víctimas

RESUMEN		
COMPONENTE	Impacto (KUS\$)	%
Activos de la Corporación	173.750	9,47%
Pérdidas de Inventario en Amuay	170.933	9,32%
Lucro Cesante en Amuay	1.200.000	65,40%
Control y Extinción del Incendio	10.272	0,56%
Daños a Terceros	234.714	12,79%
Indemnización a Víctimas	35.237	1,92%
Ambientales	10.002	0,55%
<b>Total:</b>	<b>1.834.907</b>	<b>100%</b>

**e) Descripción del Proceso (Instalaciones/equipos, Sitio del accidente, Proceso/Operación) <sup>(11)</sup>.**

Como se observa en la Foto e.1 y en el diagrama simplificado de la Figura e.1 en la Refinería de Amuay el crudo se procesa en la unidades de Destilación Atmosférica y de Vacío, donde se obtienen las principales corrientes intermedias y/o componentes de los productos finales de refinación.



Foto e.1: Vista General Refinería Amuay

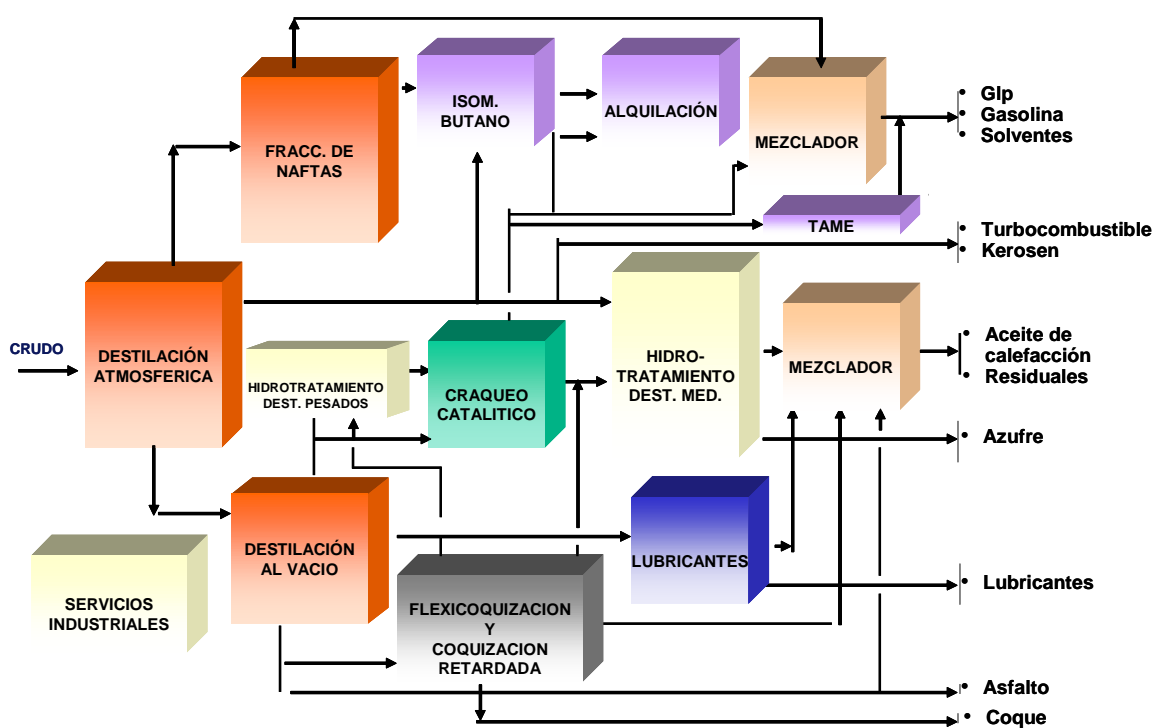


Figura e.1: Diagrama simplificado Refinería de Amuay

De estas corrientes intermedias, los destilados y fondos de destilación al vacío se procesan en las unidades de Desintegración Catalítica (DCAY), Flexicoquización (FKAY) y Coquización Retardada (CRAY) respectivamente. En estas unidades se obtienen gases, olefinas, gasolinas, destilados, residuales y coque, y en particular las corriente de olefinas (propano-propileno y butano-butileno, llamados PP y BB) que se procesan en unidades de Aminas y Merox donde se tratan a fin de removerle los componentes de  $H_2S$  (anhídrido sulfhídrico) y RSH (mercaptanos) y cumplir con las especificaciones de calidad del mercado.

Las interrelaciones de la unidad de desintegración catalítica (DCAY, también llamada “Flexicraker”) y de las plantas de flexicoquización (FKAY) y coquización retardada (CRAY) con otras unidades se presentan en el anexo 2.

Las corrientes de olefinas se dirigen posteriormente a almacenaje en los tanques esféricos TK-208 y 209 para su posterior procesamiento en las unidades de Alquilación de Amuay y/o Cardón. En caso de procesarse en esta última refinería, las olefinas se transportan por el poliducto correspondiente (denominado Olefinoducto) del sistema de interconexión Amuay-Cardón.

Las olefinas Propanopropileno + Butanobutilenos (identificadas normalmente por PP+BB de C3/C4) de DCAY junto a las de PP (C3) producidas en el FKAY y CRAY son enviadas a almacenaje en el tanque esférico TK208, para luego ser utilizadas como insumo en la unidad de Alquilación Amuay (ALAY) o enviadas a Alquilación Cardón, caso este último en que se suele enviar fundamentalmente la corriente de propano-propileno (PP) para alquilar en Amuay la corriente ex DCAY de PP/BB. Cuando el tanque TK208 no se encuentra disponible, estas olefinas se almacenan en el tanque TK209, tal como se muestra en el esquema de la Figura e.2.



## Manufactura y almacenaje de las olefinas del Bloque 23.

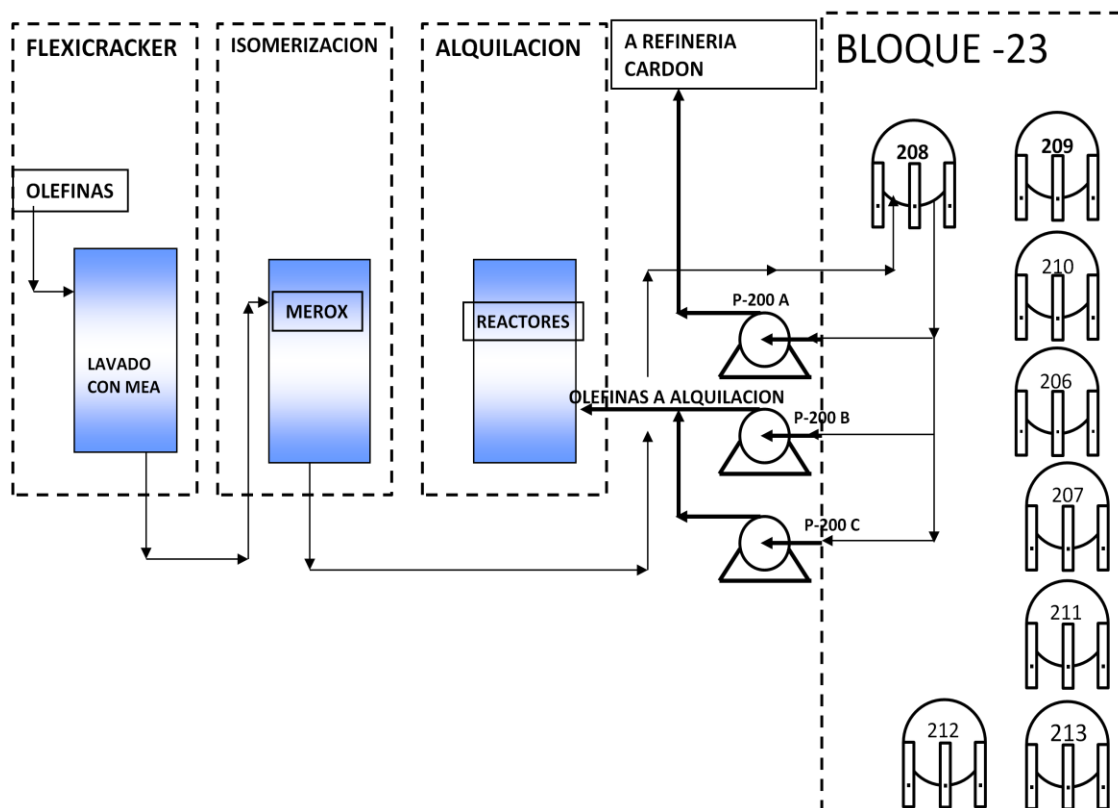


Figura e.2: Diagrama de manufactura y almacenaje de las olefinas del Bloque 23.

Según se indica en el manual de operaciones de la unidad de DCAY<sup>(11)</sup>, la corriente de Olefinas obtenida como producto de tope de la Torre Depuradora de Olefinas (T-2604) es enviada a Esferas TK-208 y TK-209 en fase líquida y condiciones mostradas en la Tabla e.1:

Tabla e.1: Propiedades de Olefinas de DCAY

Propiedad	Valor	Unidad
Temperatura	37	°C (100 °F)
Presión	19,5	Kg/ cm <sup>2</sup> g (160 psig)
Gravedad específica (1)	0.558	Adimensional

(1) A condiciones atmosféricas (30 °C y 760 mmHg) esta corriente está en estado gaseoso, y tiene una densidad de 1.8 Kg/ m<sup>3</sup>

Esta corriente que normalmente está constituida por PP puede contener del orden 40 a 45% en peso de Propileno y el resto es fundamentalmente Propano, con contenido residual de Anhídrido Sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) y Mercaptanos (RSH) inferiores a 10 y 20 ppm peso respectivamente. Estas trazas de H<sub>2</sub>S y RSH le dan un olor característico a huevo podrido.

En la fotografía e.2 se muestra una vista panorámica de la zona donde se registró la fuga, explosión e incendio en el patio de tanques y esferas del Bloque B23.



Foto e.2: Vista panorámica de tanques y esferas del Bloque B23





Foto e.3: Área de almacenamiento y zonas externas afectadas

#### f) Hechos anteriores al evento.

Entre los hechos anteriores al evento destacan los siguientes:

- ✓ Múltiples medios de comunicación reportaron que desde la mañana del martes 21/08/12 los vecinos de las comunidades próximas a la Refinería de Amuay dijeron estaban percibiendo “**fuertes olores a gas**” - “**olor a huevo podrido**”- tales como los asociados a Sulfuro de Hidrógeno -H<sub>2</sub>S – y Mercaptanos –RSH- componentes residuales presentes en las corrientes de las olefinas.

- ✓ El viernes 24/08/12 después del mediodía se evacua al personal de la planta de lubricantes de PURAMIN (Según la empresa por alta concentración de Sulfuro de Hidrogeno  $H_2S$ ) <sup>(12)</sup>
- ✓ El viernes 24/08/12, aproximadamente a las 11:30 pm, se reporta desde la Refinería Cardón que el trasvase de Olefinas proveniente del Bloque 23 de la Refinería de Amuay pierde presión.
- ✓ A las 0:00 am del 25/08/12 un operador de guardia nocturna de la Refinería Amuay fue a inspeccionar el área de almacenamiento (lo cual no es usual, a menos que exista una irregularidad que lo amerite) y reportó la presencia de una fuga y nube de gas hidrocarburos en la bomba P-200 (posible colapso de los sellos de la bomba), pero imposibilitado de tomar medidas o acciones de control, sale en busca de equipo y traje de protección, y regresa al sitio, pero no puede contener la fuga de gas.
- ✓ El sábado 25/08/12 aprox. a las 00:40 am personal de la planta de PURAMIN ubicada a unos 800 metros del Bloque 23 (área de fuga) afirma haber detectado la nube de hidrocarburos.
- ✓ Entre las 11:30 pm del viernes 24/08/2012 y la 01:09 am del sábado 25/08/2012 la nube de gas se expande por las trincheras entre los tanques del Bloque 23 de la Refinería, hacia el área industrial donde están ubicadas las plantas de PURAMIN y CHP, así como hacia las comunidades vecinas donde se encuentran viviendas, cuerpos de vigilancia y locales comerciales.

Como se representa en la Figura f.1, cuando se observa la nube de gas el viento estaba soplando en dirección sureste (dirigiéndose desde el patio de esferas/tanques B23 hacia la Avenida Intercomunal), lo que hace que la fuga de gas se dirija avanzando por tierra como un "río de niebla" simultáneamente hacia la urbanización El Campito (ubicada hacia el este) y hacia la planta de PURAMIN

(ubicada al sur) por las áreas que encuentra libres (los dos “corredores” libres de tanques/ obstáculos).



Figura f.1: Posible propagación fuga gas en bloque 23 Refinería Amuay.

Fecha 25-08-12

Esta apreciación se confirma en la simulación que desarrollo RMG <sup>(13)</sup>, basada en el análisis detallado de información libremente disponible en la red, sus bases de datos y contactos en la industria, lo que les permitió aseverar “Creemos que se ha desarrollado una hoja de simulación y hecho de evento precisa, describiendo con nuestro mejor entender y conocimiento, los hechos y consecuencias sin garantías ni juicios de cualquier tipo”.

Si a lo anterior se suma la información de que las últimas horas del viernes 24 de Agosto para el Sábado 25 se sentía olor a gas - lo comprueban las versiones del

personal de PURAMIN, que tenían un aparato medidor de gas y detectó 24% de metano (léase hidrocarburos) cerca de la medianoche, se desprende entonces que las horas claves de esta situación fueron las transcurridas entre los últimos momentos de la guardia de tarde de 3pm a 11pm, y el comienzo de la guardia de noche de 11pm a 7am.

Existe la posibilidad de que el operador de este sector de la Refinería de Amuay, durante la guardia de 3pm a 11pm, la última vez que chequeó el área antes de entregar el turno, fue a media tarde después de la lluvia y no reportó ninguna novedad. Luego entregó la guardia al operador de 11pm a 7am. Este operador fue a chequear el área alrededor de la medianoche, después de que se recibiera la llamada de la Refinería Cardón reportando que las olefinas no estaban llegando con buena presión, indicios de problemas con la bomba.

Según los resultados de los análisis de testimonios e información recabada, fue en este momento cuando el operador se dirigió al sitio, encontrándose con una situación muy complicada, porque la causa de que no llegara buena presión a la refinería Cardón pareciera ser que había sido el colapso del sello mecánico de la bomba P-200A. El escape era de gran magnitud (la presión de descarga de esta bomba es 24,8 Kg / cm<sup>2</sup> g -350 psig-). Este operador se dirige entonces a buscar un traje especial de protección para poder entrar nuevamente al sitio.

El operador no pudo bloquear el flujo a través de la referida bomba, y debió dirigirse a la parte baja de la esfera TK 208 para cerrar la válvula que se encuentra en la tubería de descarga. Esta válvula se encuentra a una distancia aproximada de 20 metros de la bomba, y habiendo transcurrido ya unas cuantas horas bajo esta situación, el volumen de los gases en el ambiente era probablemente bastante elevado.

Como hipótesis más probable, se estima que en ese momento, algún vehículo que pasaba por la Avenida Intercomunal, frente a la urbanización El Campito, pudo haber generado el punto de ignición, causándose la explosión de la nube de gas, con las graves consecuencias conocidas.



Esta información se corresponde con lo declarado a la prensa por los representantes de PDVSA, reportado entre otros medios por el diario Ultimas Noticias en su edición del 02/09/12 donde textualmente se dice:

*“Cuenta un trabajador de PDVSA que a la medianoche se reportó un descenso en la presión de la bomba de olefinas, que en ese momento estaba enviando ese producto utilizado en la fabricación de gasolina, a la refinería de Cardón. También se planteó la hipótesis que la fuga haya ocurrido en la válvula de bloqueo de la esfera 209, que contienen las olefinas.*

*Al momento de que en el búnker ubicado en pleno centro de la refinería, con su pared de hormigón con más de un metro de espesor y una puerta blindada como la bóveda de un banco, el operador se percató que algo marchaba mal cerca de la esfera 209, envió al especialista Reneduar Jiménez y a su asistente José Bravo –sobrino del subgerente de la Refinería de Amuay, Omar Bravo- a revisar en el sitio.*

*La versión oficial indica que Jiménez y Bravo reconocieron la fuga de inmediato y se regresaron a colocarse el traje para trabajar en esas condiciones.*

*Se supone, a partir de las informaciones publicadas y declaraciones de las autoridades que “en la instalación no había o no estaban funcionando los sistemas automáticos de detección de atmósferas explosivas y los operadores que fueron a atender la eventualidad tampoco poseían instrumentos portátiles de medición”.*

*En entrevista con la BBC, el presidente de PDVSA aseguró el jueves que la fuga de gas fue detectada de dos formas, a través de los equipos electrónicos y la inspección presencial a las 12m. Pero la explosión llegó 70 minutos después.*

*Jiménez arribó sin vida a la Clínica Paraguaná con su cuerpo quemado pese a llevar el traje de protección, parecido al de los bomberos, según lo recuerda el personal de admisión. Mientras que Bravo, vestido igual y con quemaduras en la cara y fractura expuesta en miembros inferiores, alcanzó a decir unas palabras sobre el preludio del accidente que se ahogaron en el sopor de la anestesia. “El testimonio de Bravo es*

*clave para una investigación. Un comité independiente debería entrevistarlos”, comenta José Aguilar, experto eléctrico y en avalúo de riesgo”*



Foto f.1: Propagación fuga gas y hora de explosión. **Fecha: 25-08-2012 – 1:12 am**

Considerando que las fotos de la nube de gas tomadas previo a la explosión (ver fotografía f.1) no muestran evidencias de turbulencia sino más bien se corresponden a un desplazamiento del fluido en régimen laminar, y que adicionalmente el viento soplaba muy ligeramente, parece evidente que el tiempo en que estuvo ocurriendo la fuga fue mayor a 70 minutos.

Salvo que ocurra una rotura en la tubería o alguno de sus accesorios, una fuga de gas a través de un sello o empacadura, generalmente es gradual. Ésta se manifiesta en forma constante y en cantidades pequeñas, pues normalmente fluye a través de las roturas de los empaques o sellos de las válvulas o bombas y/o las empacaduras de las bridas, hacia la atmósfera. Pero si la fuga no se detiene a tiempo, la emisión puede ir incrementándose dado que el orificio de donde se origina irá aumentando en tamaño por efecto de la presión del fluido y por ende, la acumulación aumentará en el área adyacente y se expandirá por todo el entorno progresivamente. En el caso del sello de una bomba de estas características, el mantener el equipo en operación tenderá a deteriorarlo progresivamente hasta el punto en el que dicho sello colapsa, causándose entonces un incremento significativo de la fuga del fluido.

Si se considera la proporción de los daños registrados en las áreas afectadas de la Refinería y sus alrededores (tanques, esferas, PURAMIN, CHP y zonas de viviendas y comercios vecinas), se estima que la fuga fue del orden de 70 toneladas métricas (TM) (800 Barriles a condiciones de almacenaje, equivalente a un 5 % del volumen que se estima contenía la esfera TK 208).

#### **g) El evento**

El sábado 25/08/12, entre la 1:10 am y 1:12 am ocurrió una explosión en las adyacencias del área de almacenamiento del bloque 23 de la Refinería de Amuay, que afectó amplias áreas de esta instalación y de igual modo áreas externas, como zonas industriales, comerciales, escolares y residenciales, en la periferia de la Refinería. De acuerdo a las evidencias recabadas, el evento ocurre debido a una fuga de gas de Olefinas que fue propagándose por la zona, la cual hizo explosión al paso de un vehículo por la Av. Intercomunal frente a la urbanización El Campito.

En la madrugada del sábado 25/08/12 tanto la explosión, como el incendio desatado, arrasan las instalaciones y viviendas ubicadas en la urbanización El Campito y sus alrededores, la planta industrial PURAMIN, parte de las instalaciones de la planta de la empresa CHP, comunidades vecinas, la caseta de Bombas y otras instalaciones del Bloque 23, las instalaciones de manejo y recibo de GLP adyacentes a las Esferas de almacenaje, y se propaga hacia 11 tanques de almacenamiento de productos en los alrededores.

#### **h) Acciones posteriores.**

Desde el sábado 25/08/12 hasta el miércoles 29/08/12 a las 9 am se combate y extingue el incendio en el patio de tanques del bloque B23.

Mención especial merece el hecho de que la extensión del incendio a los tanques de almacenamiento de productos (Nafta Catalítica, Alquilato, LVGO y HVGO) se debe al “efecto dominó” de la bola de fuego, consecuencia del evento inicial. Hay que tomar en cuenta que si estos tanques hubiesen dispuesto de sellos de sus techos flotantes en buenas condiciones, no hubiese habido incendio, o se hubiese focalizado en un área menor. En vista de la rápida proliferación del incendio hacia varios de los tanques, Lo más probable es que los elementos de sello de sus techos estuviesen dañados, permitiendo escapes de hidrocarburos que hicieron combustión.



De la secuencia de los hechos relevantes los medios de comunicación destacaron:

### **SABADO 25-08-12**

**1:10 AM.** Un escape de gas causa una explosión en el área de almacenamiento del complejo.

**1:41 AM.** Organismos de seguridad del Estado iniciaron el proceso de evacuación de las familias habitantes de los sectores aledaños.

**3:20 AM.** PDVSA y el Ministerio de Petróleo y Minería informaron sobre el control de la situación.

**5:00 AM.** Se Inicia el traslado de heridos hasta el Hospital Calles Sierra.

**3:30 PM.** La Gerencia General del CRP, informó en cadena nacional, que la situación se encontraba controlada.

### **DOMINGO 26-08-12**

**6:00 AM.** La Gerencia General del CRP anunció que el incendio permanecía confinado en dos tanques.

**8:00 AM.** Pobladores del sector Alí Primera, revelaron que la noche del sábado 25 de Agosto de 2012 fueron desalojados por efectivos militares.

**1:00 PM.** Una ola de alarma, generó conmoción entre los paraguaneros debido a la extensión del incendio hacia otro tanque.

**3:30 PM** El Presidente de la República inició su recorrido por la estatal petrolera.

Llegada la noche, los tanques continuaban ardiendo en la Refinería de Amuay.

### **LUNES 27-08-12**

**7:00 AM.** El incendio continuaba confinado en dos de los tanques.

**12:30 PM.** La Fiscalía General de la República, anunció el inicio del proceso de investigación.

**2:15 PM** Las llamas alcanzaron un tercer tanque.

**3:00 PM.** El Presidente de la República anunció la creación de un fondo de ayuda para las víctimas afectadas.

Suma una noche más en la que las llamas y el humo continuaban en todo el área.

## **MARTES 28-08-12**

**5:30 AM.** Se informa la extinción del fuego en uno de los tres tanques.

**7:00 AM.** Las llamas en el segundo tanque también habían sido controladas.

**9:00 AM.** El Ministerio de Petróleo y Minería informó que el fuego en el tercer tanque estaba totalmente controlado, y que en el manejo de la emergencia participaron 222 bomberos, que trabajaron en forma integrada bajo coordinación de la Superintendencia de Prevención y Control de Emergencia del CRP.

### **i) Hechos/ Información adicionales**

A este respecto se deben destacar los siguientes tópicos:

- **Antecedentes de Accidentalidad de PDVSA**

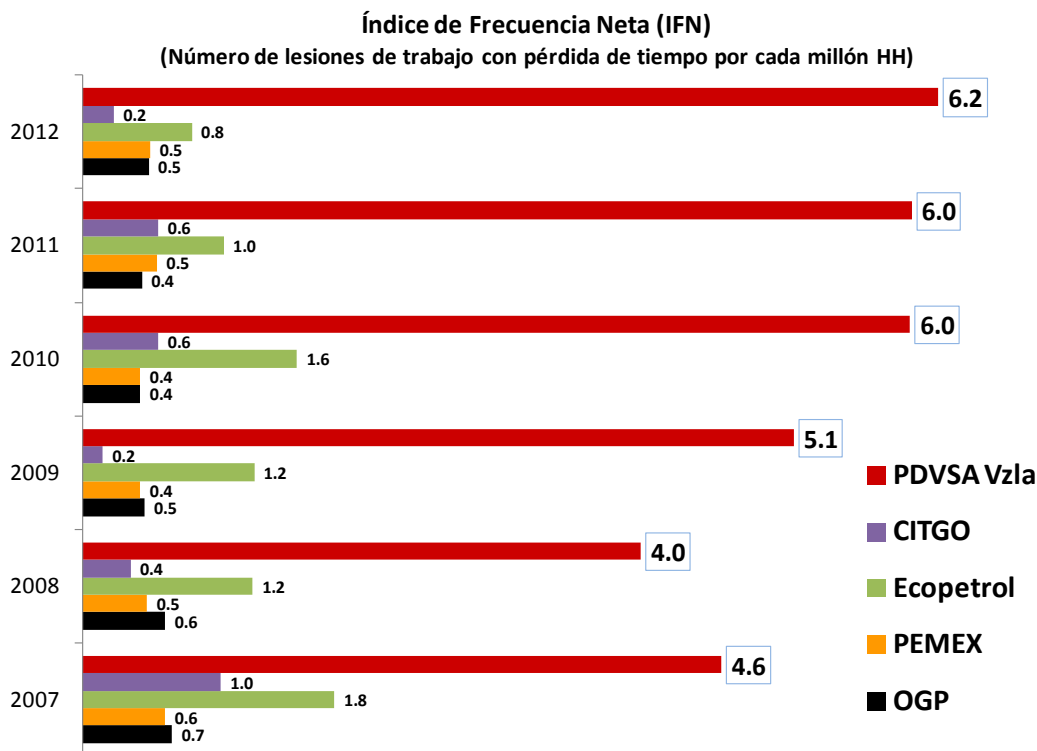
Es obligatorio hacer mención a la información referida a las estadísticas de accidentalidad de PDVSA en Venezuela durante los últimos años, así como a los informes técnicos calificados que indican serias deficiencias en la ejecución de los procedimientos de investigación y de corrección de situaciones de riesgo, especialmente en el Complejo Refinador Paraguaná (CRP). Específicamente uno de estos informes es el de la empresa reaseguradora QBE, que muestra los resultados de sus evaluaciones de riesgo en este complejo.

Un elemento de significativa relevancia es la información que PDVSA muestra en sus informes de gestión anual, como parte del contenido de la gestión referida a la Seguridad Industrial en sus operaciones. En estos informes se puede constatar la

magnitud de dos indicadores clave en materia de seguridad industrial; el Índice de Frecuencia Neta (IFN), el cual muestra la cantidad de lesiones con pérdida de tiempo de labor por cada Millón de Horas de trabajo; y el Índice de Severidad (IS), el cual muestra la cantidad de días perdidos de labor por Millón de Horas de trabajo.

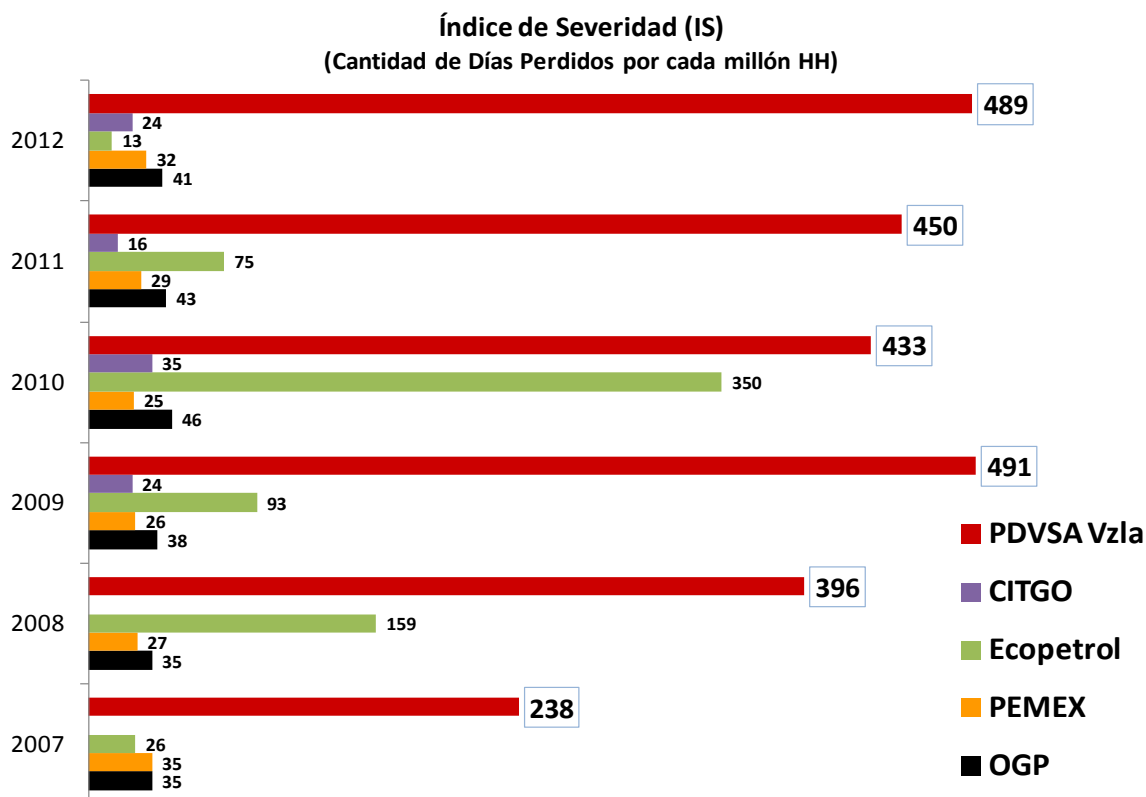
En estos informes puede constatar que lejos de reducirse la incidencia de accidentes y su nivel de gravedad, como es la tendencia a nivel global, estos índices aumentan de manera sostenida en Venezuela desde el año 2007.

La gráfica mostrada a continuación refleja el desempeño de PDVSA en comparación con otras empresas y en relación a los indicadores globales publicados por International Association of Oil and Gas Producers (OGP)<sup>(14)</sup>, en este caso, los referidos a IFN.



**Gráfica i.1 - Índice de Frecuencia Neta (referencias: OGP<sup>(14)</sup>, PDVSA<sup>(15)</sup>, ECOPETROL<sup>(16)</sup>, PEMEX<sup>(17)</sup>)**

La siguiente gráfica refleja el desempeño de PDVSA en relación a sus indicadores de severidad.



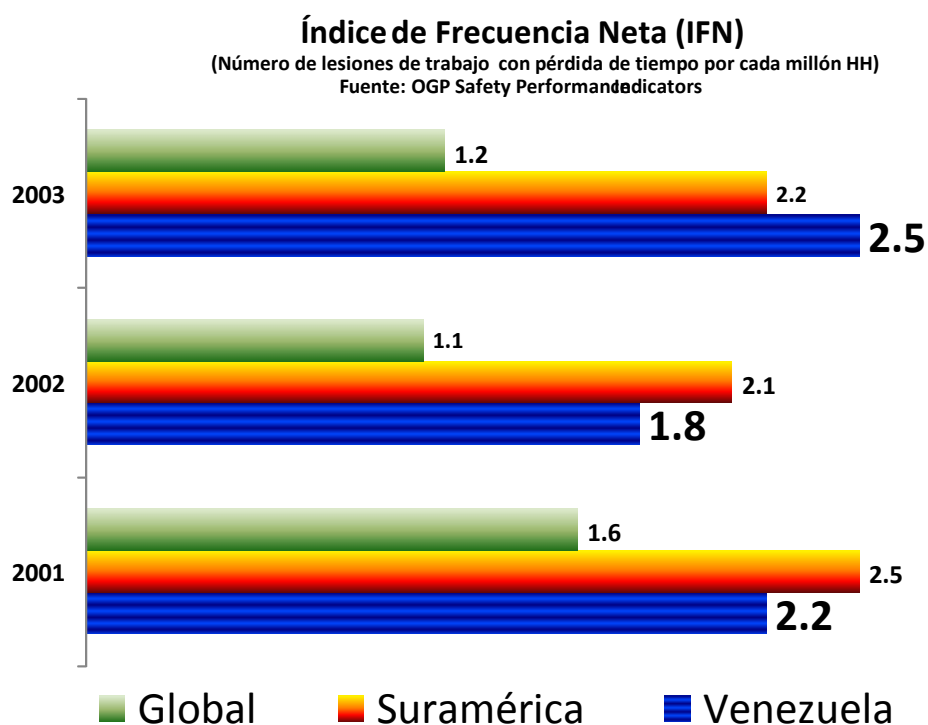
**Gráfica i.2 - Índice de Severidad (referencias: OGP <sup>(14)</sup>, PDVSA <sup>(15)</sup>, ECOPETROL <sup>(16)</sup>, PEMEX <sup>(17)</sup>)**

En las gráficas se constata que los índices frecuencia muestran una tendencia decreciente a nivel global, e incluso en empresas como PEMEX y ECOPETROL, que hasta 1999 tenían altos índices de siniestralidad, en los últimos años han hecho esfuerzos significativos e internacionalmente reconocidos en materia de seguridad industrial.

En cambio PDVSA, con cifras publicadas por la misma empresa, hace evidente que sus operaciones conllevan niveles inaceptables de riesgo, no solo para sus trabajadores propios y contratados, sino para las poblaciones circundantes,

especialmente en aquellas instalaciones cercanas o dentro de áreas de alta concentración poblacional, tal como ocurre con las refinerías de Amuay, Cardón, El Palito y Puerto La Cruz, con otras instalaciones de manejo de combustibles como poliductos y Plantas de Distribución, así como miles de kilómetros de gasoductos y redes de distribución.

Otro elemento que hace reflexionar más profundamente es el hecho que antes de 2003 los niveles de accidentalidad en Venezuela estaban dentro de los parámetros internacionales (OGP) y eran incluso menores que los promedios de la región, tal como se muestra en la siguiente gráfica. De igual modo se observa cómo a partir de 2003 el índice de frecuencia comienza a elevarse superando el promedio regional.



**Gráfica i.3 - Índice de Frecuencia Neta 2001-2003 (referencia: OGP <sup>(14)</sup>)**



En lo que respecta a la actividad específica de Refinación, la estadística que lleva Gente del Petróleo con base en la información pública y notoria reportada por los medios adyacentes a las refinerías, indica que desde Febrero del 2003 hasta Junio del 2012 se habían registrado 98 accidentes o incidentes (31 de ellos incendios) 66 lesionados y 19 muertos, solo en el CRP, con un total de 38 muertos y 101 lesionados en las refinerías venezolanas tal como se aprecia en las tabla I.1 y los figuras I.1 y I.2 <sup>(18)</sup>.

TOTAL REFINACIÓN VENEZUELA			TOTAL CRP		
Año	LESIONADOS	FALLECIDOS	Año	LESIONADOS	FALLECIDOS
2003	24	6	2003	11	1
2004	10	1	2004	8	0
2005	20	5	2005	20	5
2006	8	4	2006	8	4
2007	18	10	2007	6	0
2008	1	0	2008	1	0
2009	8	2	2009	8	2
2010	8	6	2010	0	4
2011	0	3	2011	0	2
a 06/2012	4	1	a 06/2012	4	1
<b>TOTAL</b>	<b>101</b>	<b>38</b>	<b>TOTAL</b>	<b>66</b>	<b>19</b>

Tabla i.1: Lesionados y fallecidos por año en las refinerías venezolanas.

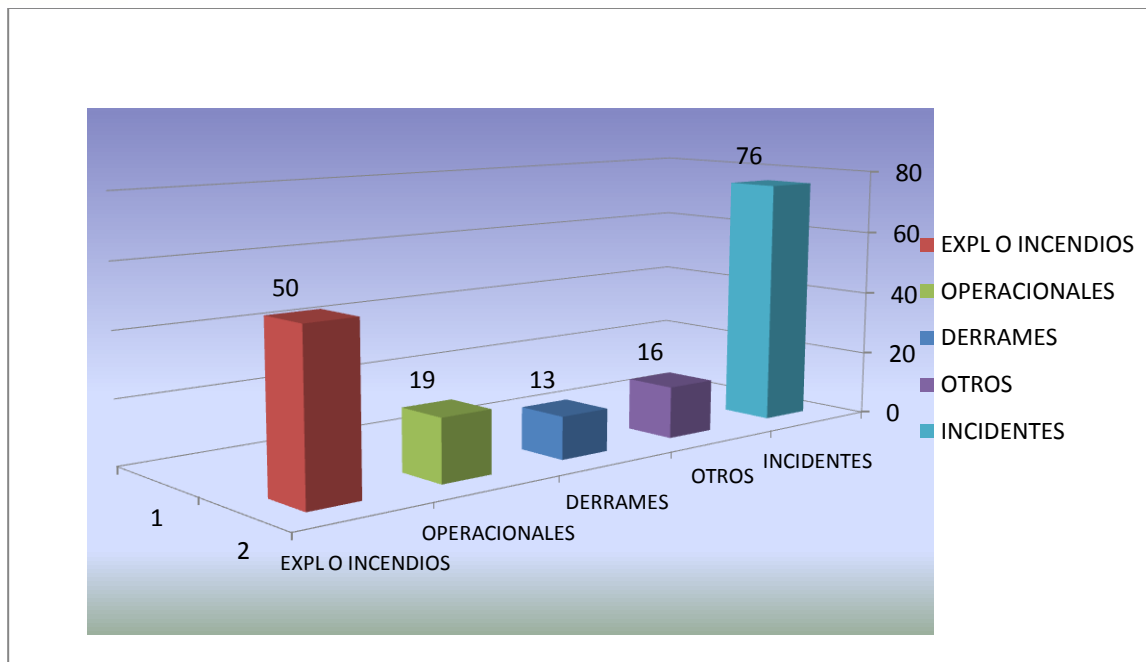


Figura i.1: Accidentes e Incidentes 2003 a Junio 2012 en refinerías.

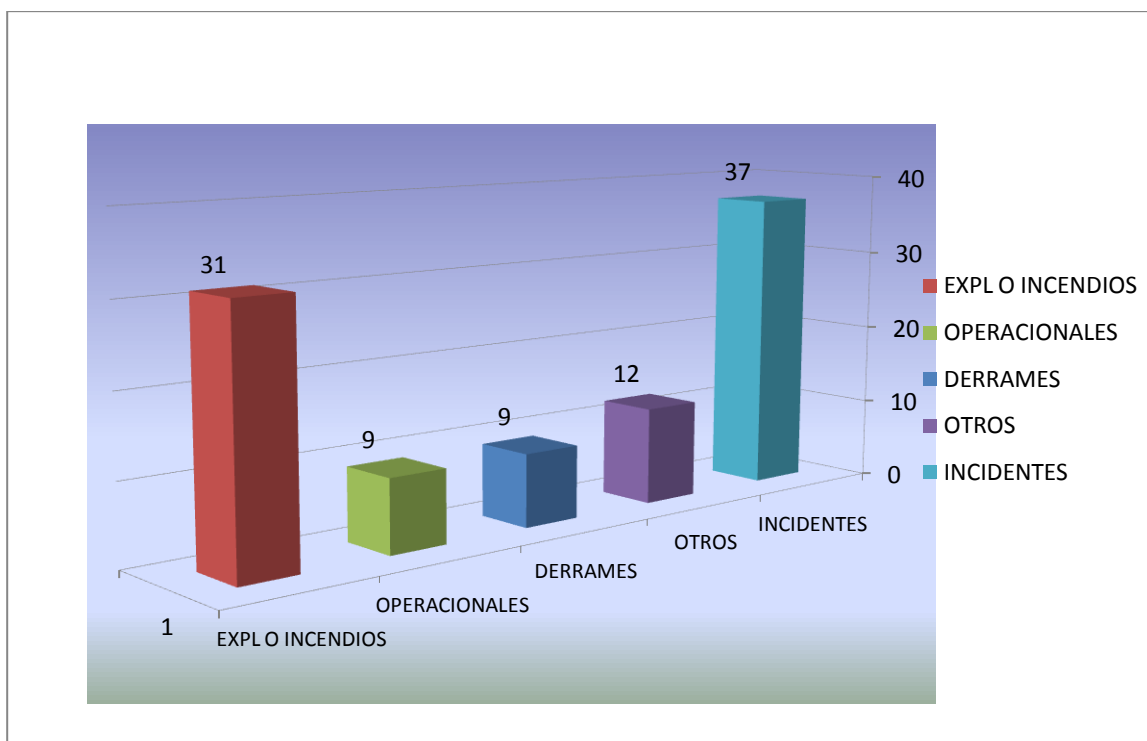


Figura i.2: Accidentes e Incidentes 2003 – Junio 2012 en el CRP

Si comparamos esta accidentalidad con la conocida pirámide de Heinrich que se presenta en la figura No i.3, no nos queda sino concluir que estadísticamente era previsible que sucediera un Accidente Fatal Mayor como el registrado el 25/08/2012 en la Refinería de Amuay.

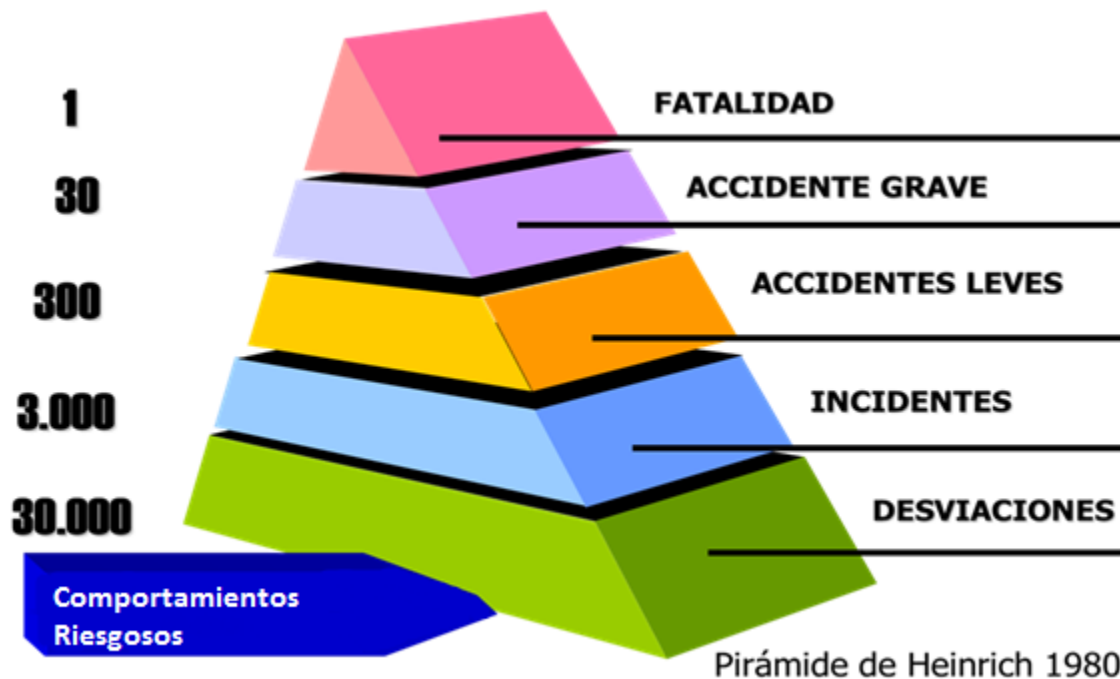
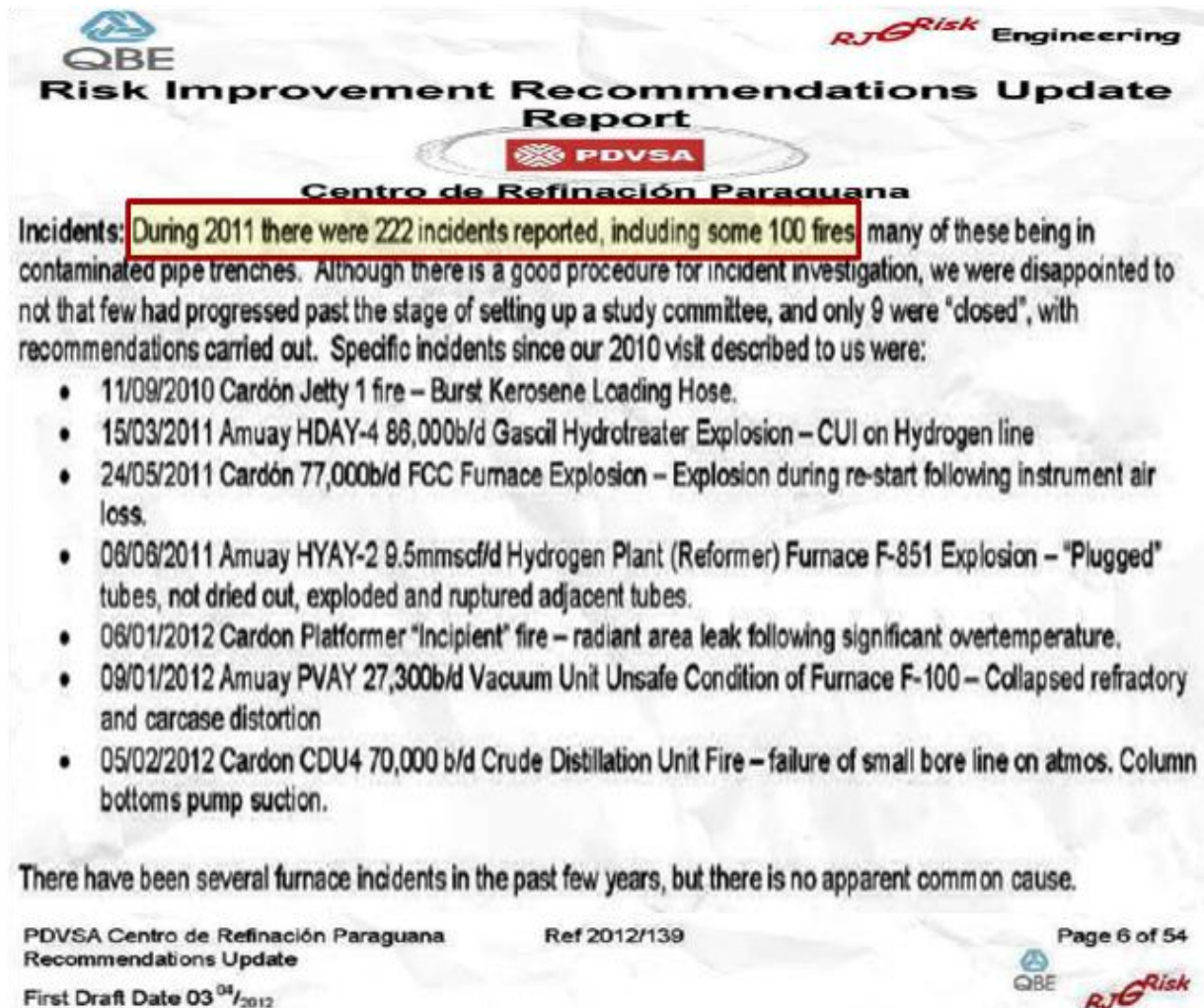


FIGURA i.3: Pirámide de Heinrich sobre accidentes e incidentes

Con referencia a los informes de las reaseguradoras en el caso específico del CRP, debe considerarse que producto de la evaluación de la gestión de riesgos en esta instalación durante el año 2011, la reaseguradora QBE emitió un informe técnico en marzo de 2012 (5 meses antes del accidente del 25 de agosto de 2012), en el que se revelan las deficiencias en materia de gestión de seguridad que han venido afectando a este complejo refinador <sup>(19)</sup>.

Uno de sus capítulos, referido a los antecedentes de siniestralidad durante 2011, indica lo siguiente:



El referido informe indica en su página 6, bajo el subtítulo "Incidentes", que durante el año 2011, en el CRP se reportaron 222 eventos, de los cuales cerca de 100 fueron incendios. Sin embargo, lo más delicado es, que a pesar de disponerse en el CRP de buenos procedimientos de reporte y de investigación de accidentes, de todos estos incidentes reportados, solamente unos pocos fueron pasados a la fase de investigación por parte del comité responsable de esta tarea, y únicamente nueve (09) fueron "cerrados" con resultados y recomendaciones, de acuerdo a lo indicado en este informe técnico.

El preocupante incremento de los indicadores de accidentalidad de PDVSA en estos últimos años, constituye un serio antecedente sobre la gestión referida a

gerencia de riesgos y a la operación confiable instalaciones de esta magnitud y complejidad. Reflejan la *pérdida de la Cultura de Seguridad, Salud y Ambiente* arraigada durante los veinticinco primeros años de PDVSA, que se documentó en el sistema SIR–PDVSA (SSA, norma PDVSA SI-S-06) <sup>(20)</sup>. Esta normativa del SIR es una herramienta para la administración integral de los riesgos a la salud y seguridad de los trabajadores, a la integridad de las instalaciones y al ambiente. El mismo está conformado por 14 elementos y opera como un proceso secuencial estructurado y documentado de planificación, implantación, verificación, auditoría y revisión sistemática de sus actividades clave, para el mejoramiento continuo de la gestión de la Corporación en Seguridad Industrial, Ambiente e Higiene Ocupacional (SIAHO). El sistema comprende la aplicación de prácticas apropiadas durante el diseño, construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento de las instalaciones industriales, orientadas a que no ocurran daños al personal, instalaciones y/o ambiente.

Esta *pérdida de la Cultura de Seguridad, Salud y Ambiente*, consecuencia directa del cambio de razón de ser de PDVSA, ha afectado el desempeño pasando de una organización centrada en un modelo de excelencia operacional en el negocio de los hidrocarburos, a una institución profundamente politizada al servicio de un modelo político ajeno a la Constitución Nacional venezolana. Esto ha derivado en una tendencia creciente de paradas no programadas, injustificable extensión de paradas programadas y la recurrencia de accidentes en todas las instalaciones industriales de PDVSA, revelando una gestión estructuralmente inestable en el que era predecible un accidente de esta magnitud.

La preocupante cantidad de incidentes y accidentes que se han reportado, posteriores al 25 de agosto de 2012 (señalada en la figura i.4), nos permiten destacar que el irrespeto a las sanas prácticas operacionales centradas en confiabilidad y seguridad, no ha cesado en el CRP. De no producirse cambios importantes en la estrategia operacional de PDVSA aunado a lo señalado por Heinrich en su pirámide de evolución de los accidentes e incidentes, en nuestra



opinión validado por esta fatídica experiencia, se podría estar gestando otra tragedia similar.

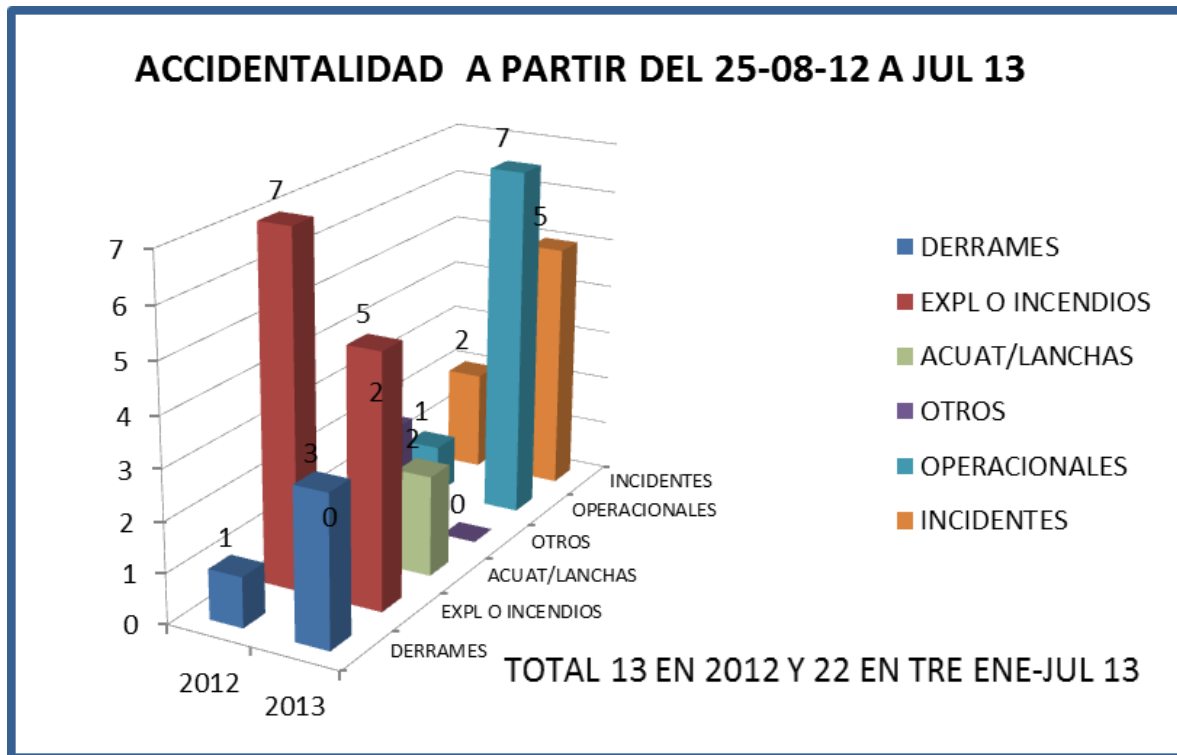


Figura i.4: Accidentes e Incidentes posteriores al 25 de Agosto de 20012

- **Condiciones climáticas cambiantes, el día del accidente y días anteriores**

Las condiciones meteorológicas fueron comentadas ampliamente en las reseñas de la prensa nacional, debe solo añadirse que habitantes vecinos de Amuay confirmaron que esa tarde alrededor de las 3 pm cayó un fuerte “aguacero”, lo cual de alguna manera pudo haber confinado la fuga de gas hacia las partes más bajas haciendo que la concentración de la nube se incrementara; después de la lluvia se registró una disminución de la velocidad del viento, tal como reportó el periódico Últimas Noticias en su edición del domingo, 2 de septiembre de 2012:

*“El día anterior a la tragedia de Amuay cayó una lluvia intensa que duró 45 minutos. Después la brisa se durmió bajo un cielo que amenazaba con una noche de aguacero, mientras un olor “irrespirable” se colaba entre las casas. Olía a refinería, tan fuerte que penetraba en los cuartos y se posaba a un lado de la cama, según testimonios de vecinos de La Pastora y Alí Primera, como Maribel Álvarez y Ámbar Perozo. En una noche sin el viento batiendo cabelleras hacia el noroeste, como acostumbra en la zona, ese hedor típico de las áreas petroleras se convirtió en una nube espesa de más de un metro de altura. Fotografías de ese instante que rodaron por las redes sociales muestran la alfombra gasífera que se posó sobre la carretera.”*

El personal de la refinería debe haber estado al tanto de la dirección del viento pues normalmente se cuenta con una manga para visualizarla y de acuerdo a ello, practicar los protocolos asociados a cada dirección. Lógicamente, si hay viento, éste disipara la fuga de gases, pero mucho antes deberían funcionar los dispositivos electrónicos instalados para la detección y alarma de fugas, que registran sus señales en la sala de control de cada área operacional.

- **Mantenimiento preventivo se cumplió solo en 20 %, de acuerdo al informe de gestión de PDVSA del año 2011.**

En la página 4 del informe de LOS OBSTACULOS EN REFINACION MEMORIA Y CUENTA DEL MINISTRO A LA ASAMBLEA NACIONAL, presentado en Febrero 2012 <sup>(21)</sup>, se dice textualmente “con relación a los factores internos que afectaron las operaciones, se resaltan el desfase de los mantenimientos preventivos y en las paradas programadas, el inicio de paradas no programadas, las extensiones en las paradas de plantas y las dificultades de contratación de personal especializado a través del SISDEM.”

Adicionalmente se mencionan, como otros factores que afectaron la operación y el mantenimiento de las refinerías, el recorte presupuestario aplicado al negocio de

Refinación y la afectación de los procesos de procura por retardo en pago a proveedores. Por otra parte, en la memoria y cuenta de PDVSA indica que en 2011 no se realizaron todas las paradas de mantenimiento que estaban programadas en Amuay (solamente se ejecutaron dos de las once programadas para el año).

Todo lo anterior es prueba fehaciente de que se abandonaron las mejores prácticas de operación y mantenimiento que se implantaron en el sistema de refinación venezolano en la década de los 90, con la adopción de la filosofía de “Confiabilidad Operacional” <sup>(22)</sup>. Esta filosofía implantada en Refinación persigue garantizar la continuidad operativa y la duración de los activos orientada hacia una operación con cero fallas, mediante búsqueda de causas raíces de problemas recurrentes, mantenimiento centrado en confiabilidad durante el ciclo de operación normal – fundamentado en inspección basada en riesgo, mantenimiento preventivo y programado- y análisis de funcionabilidad/criticidad de equipos instalaciones y sistemas para garantizar que la operación normal de plantas se realice dentro de “la ventana operacional” definida por las condiciones de diseño.

Al respecto debe mencionarse nuevamente el extenso documento “Informe de Actualización de Recomendaciones de Mejoramiento de Riesgo”<sup>(19)</sup>, que elaboró en marzo de 2012 año la firma RJG Risk Engineering para la compañía de reaseguros QBE, y que publicó completo el 29/08/12 el Nuevo Herald:

<http://media.elnuevoherald.com/smedia/2012/08/28/22/11/IWNeA.So.84.pdf>)

En el referido informe, la firma consultora dejó asentada una larga lista de fallas de mantenimiento, además de hacer advertencias sobre la “inadecuada protección contra incendios en las instalaciones, demoras en el remplazo programado de equipos, lentitud en la aplicación de las correctivas recomendadas y la ocasional existencia de ‘nubes de vapores volátiles’ en las instalaciones”.

El informe detalla que el mantenimiento de rutina en las refinerías ha desmejorado, y los eventos correctivos se elevan desde 50% en 2009 hasta 67% en 2011.

A juicio de expertos en riesgos y seguridad industrial <sup>(23)</sup>, esto se denomina como un procedimiento de “gerencia por crisis”. En el cual, en lugar de centrar los esfuerzos en mantenimiento preventivo, se espera la ocurrencia del daño de los equipos para tomar acciones correctivas, siendo esta práctica totalmente inadecuada por los riesgos operacionales que conlleva.

La supervisión de RJG Risk Engineering <sup>(19)</sup> precisa que en 2009 se postergaron labores de mantenimiento y las consecuencias "todavía se sienten" entre otras cosas, en una proporción más alta de lo deseable en las órdenes de trabajo de "emergencias" y "urgentes". “Cuando se habla de urgencias y emergencias en este tipo de informes, no son solo accidentes graves, pueden ser fallas que ocurren de carácter operativo pero evidentemente esto nos habla de un mantenimiento no adecuado en las refinerías, en los equipos <sup>(23)</sup>.

Otros especialistas reportan <sup>(24)</sup> que trabajadores y personal especializado alertaron de la falta de mantenimiento en las refinerías. Asimismo, la Sociedad Venezolana de Ingenieros de Petróleo junto con la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat advirtieron, en marzo de 2012 sobre el estado de la actividad de refinación, y destacan en documento conjunto lo siguiente:

*“El parque refinador presenta una situación muy crítica, puesta en evidencia por las continuas paradas de plantas provocadas, entre otras causas, por un alto número de accidentes que han causado daños a las instalaciones e irreparable pérdida de vidas de trabajadores propios y contratados.*

*Se impone una revisión profunda de los protocolos operacionales y de los procedimientos de mantenimiento y seguridad, con el objeto de recuperar los*

*niveles de eficiencia operativa y **evitar que ocurra un evento de dimensiones catastróficas***”.

- **Terceros establecidos en zona de seguridad**

La Refinería de Amuay fue diseñada y construida con una capacidad inicial instalada de 50 mil barriles por día y comenzó su operación en 1950. Con el tiempo fue creciendo hasta una capacidad de procesamiento de 630 mil barriles por día, aumentando así mismo su complejidad para el procesamiento del tipo de crudo disponible en el país y para adecuarla a las necesidades del mercado.

Con el crecimiento de la Refinería de Amuay fue aumentando la población aledaña. Como parte de ese crecimiento poblacional el antiguo Aeropuerto Las Piedras dio paso a la urbanización Antiguo Aeropuerto. Igualmente las actividades comerciales e industriales aumentaron, así como la cantidad de viviendas, especialmente al sur y sureste de la Refinería.

Dado ese crecimiento poblacional, y en forma paralela a las diversas solicitudes de delimitación de las franjas de seguridad que se plantearon y se sometieron en su oportunidad al Ejecutivo Nacional producto de la ampliación de la capacidad de la Refinería, las medidas de seguridad de las instalaciones fueron igualmente evolucionando con el tiempo, instrumentándose con especial atención tanto en la Refinería de Amuay, así como posteriormente en el Complejo de Refinación Paraguaná (CRP).

Se instrumentaron y se pusieron en funcionamiento diversos sistemas de detección, alarma y ataque de incendios, así como procedimientos de emergencia para desalojo y atención de contingencias, los cuales siempre fueron objeto de ensayos, pruebas y simulacros como parte de las prácticas operacionales rutinarias y obligatorias. Estas medidas dieron como resultado que durante más de 60 años de operación de la Refinería de Amuay, nunca ocurrieron accidentes

con el grado de afectación como el del ocurrido el 25 de agosto de 2012, y en especial, con el nivel de daños a terceros que este evento originó.

Como referencia, la última solicitud de definición de una franja de seguridad para el CRP fue elaborada en 2005, sin embargo, en el caso objeto de esta investigación, se debe hacer hincapié en las causas del evento, en el manejo de la contingencia una vez conocidas las condiciones de riesgo sobre las instalaciones y terceros, así como en los procedimientos utilizados para el ataque del incendio desde el momento que ocurre la explosión.

- **Ignición de la nube de gas**

Todos los análisis y reportes publicados concluyen que la ignición que generó la explosión en la Refinería de Amuay ocurrió en áreas externas a ella, tal como se refirió anteriormente.

Al respecto destacan las declaraciones recogidas en el siguiente enlace de Internet:

<http://www.ultimasnoticias.com.ve/Noticias/Actualidad/Sucesos/Testimonio-en-Amuay---Estoy-vivo-de-milagro--no-me.aspx>

En este artículo textualmente se indica:

*"Estoy vivo de milagro... no era mi momento", dijo Edino Rafael Muñoz Lambertino (35), un hombre de Libertad de Barinas, sobreviviente de la explosión, que fue encarcelado esa noche en el destacamento 44 de la guardia nacional, ubicado junto a la refinería de Amuay. Después de haber sido supuestamente por el cargo de estar "solicitado", él iba a ser liberado el día siguiente. "¿Por qué usted no estaba durmiendo? Se le pregunto y él respondió porque estaba hablando con los guardias nacionales. "Nosotros estábamos entonces contando cuentos y al día*



*siguiente todos ellos estaban muertos". Dijo que sobre la 1 am del sábado, empezaron a abandonar las instalaciones ya que "el humo era espeso".*

*"vamos para allí, es necesario hacer varios rondas", los guardias nos dijeron". Edino salió en el primer jeep con 7 guardias. El jeep fallo a mitad de camino, y cuando trataron de reiniciar el vehículo, hubo una explosión. "Parece que se hubiera levantado". "Mi mente estaba en blanco, como un sueño, una pesadilla".*

*Edino saltó del coche y corrió por la calle hasta una esquina donde para a descansar. "Cuando miró desde allí vió como una ola de fuego aproximándose, se lanzo al piso y rezó". "la ola pasó y regresó de nuevo". Después Edino miró hacia atrás buscando el jeep: estaba ardiendo con todos sus pasajeros, así como otro vehículo con guardias militares y una señora con una niña de 5 meses. "al día siguiente vi en el periódico que todos murieron". "lo extraño es que se quedaron y no huyeron". Asustado, Edino continuó corriendo hasta que se consiguió a una familia que estaban evacuando. "Señor, ayúdame que apenas puedo caminar", les gritó Edino ellos lo llevaron al hospital. "Tenía fragmentos de vidrio en mi piel".*

*El sábado por la noche, Edino había preguntado a los guardias porque había un olor tan fuerte a gas. "Los guardias dijeron que se trata de válvulas que se abren a veces y que era "normal". "Su función es controlar los tanques". Pero según él lo que caracterizó el evento de ese día fue que el gas comenzó a avanzar a través de la calle "como niebla"...*

*¿Será el jeep aludido en el relato anterior, el que aparece en la Foto i.1, que se muestra a continuación?*



Foto i.1: Personal para el auxilio y rescate a los afectados frente al Bloque B23 de la Refinería. Fecha: 25-08-2012.

Esa apreciación se confirma con las grabaciones que realizaron un grupo de jóvenes en los momentos más impactantes de la explosión ocurrida el sábado 25/08/12 en el área de almacenamiento del Centro Refinador de Amuay, en el estado Falcón, tomas que puede apreciarse en el video aficionado...

<http://www.youtube.com/watch?v=XB5KzipQZkA>

Respecto a la extensión hacia PURAMIN, en el video siguiente:

<http://www.youtube.com/watch?v=n0UQdYrQr54>

Se aprecia en el Minuto 0:26 una nueva explosión que, aunque no se logra ver y/o descifrar su origen, si corresponde hacia el área de la planta de PURAMIN.

- **Prevención / lucha contra incendios**

Obviamente los 70 minutos que transcurrieron desde que PDVSA reconoció la presencia de la fuga y hasta la explosión, era tiempo más que suficiente para evacuar a las poblaciones vecinas.

Si hay evidencias de que:

- ✓ Las Olefinas de Propano-Propileno tienen “un olor a gas” por contener componentes residuales (entre 2 y 20 ppm) de H<sub>2</sub>S y mercaptanos
- ✓ No actuó el sistema de detección de hidrocarburos en el área protección de las esferas
- ✓ Se mantuvo una operación con fuga de olefinas
- ✓ No se alertó/ evacuaron las zonas adyacentes

¿Por qué no se actuó entonces en consecuencia?

Se ignora si se activó un **plan de emergencia y contingencia**. Sin embargo, todo parece indicar que no se activó oportunamente el plan de Respuesta y Control de Emergencia / Contingencia, pues:

- ✓ Se obvió la criticidad de la situación operacional
- ✓ La situación se debió manejar como una emergencia
- ✓ No se le dio prioridad a la reparación del sello mecánico de la bomba y/o de la válvula de drenaje o tubería que presentaba fugas; responsabilidad del Superintendente y del Jefe de Sección de Suministro y de las Gerencias de Operaciones y Mantenimiento.
- ✓ Se debió dejar un operador fijo en esta área, hasta subsanar el problema, responsabilidad del Jefe de Sección

- ✓ No se hizo un monitoreo de los gases en esta área.
- ✓ No se tomaron las acciones y medidas preventivas que corresponden al alto riesgo de un escape de gas de olefinas altamente inflamable.
- ✓ No se tomaron las medidas preventivas.
- ✓ No se reporta presencia en sitio del Supervisor de Suministro de guardia
- ✓ No se observó presencia en sitio de personal de Mantenimiento Mecánico de guardia
- ✓ No había camión ni guardia de bomberos
- ✓ No se procedió a cerrar la vialidad adyacente para evitar el paso de vehículos, como posible fuente de ignición.
- ✓ No se activaron las alarmas y sirenas de emergencia
- ✓ No se evacuó el personal y población de las zonas adyacentes
- ✓ No se activó el Centro de Control de Emergencias ni el de Operaciones de emergencia
- ✓ No se observó participación de niveles superiores en sitio ni en Centro de Gestión de Control de Operaciones (normalmente sala de Gerencia General y estación de bomberos)

De haber existido todo lo anterior, debiera estar soportado y documentado en los distintos reportes operacionales, de mantenimiento y seguridad.

La Refinería de Amuay está dotada de un Sistema de Detección y Alarmas, el cual está constituido por dispositivos como son los detectores de Gas Combustible o de Gas Tóxico, así como detectores de Fuego y alarmas asociadas (audibles y visuales) instalados en el área de los tanques, y alguno de ellos debería haberse activado desde el inicio de la fuga de gas.

Especialista con experiencia en la industria petrolera y experto en incendios y seguridad industrial expresa lo siguiente (Ver anexo 5 sobre Análisis de Especialistas):

*“Doy una breve explicación sobre la infraestructura que fue dispuesta y debió funcionar en los sistemas de Protección Contra Incendios en las esferas de gas de esta refinería, y que también fueron instalados en otras plantas de PDVSA, Los diseños y montajes de estos equipos se hicieron cumpliendo “estrictamente” los señalamientos de los Códigos, Normas Internacionales como NFPA, API, EXXON, y otros, así como las Normas Venezolanas COVENIN.*

*Las esferas de gas son consideradas, cuando los incendios se salen de control, como uno de los eventos de MAYOR MAGNITUD, por ello en PDVSA estas estructuras fueron protegidas con sistemas de respuesta “alternativos y altamente funcionales”. Para las mismas, de manera individual se dispuso una respuesta automática primaria con sistemas WATER CROWN y ROCIADORES, calculados con tasas de enfriamiento adecuadas a cada unidad. Si estos equipos no actuaban, se disponía de MONITORES DE AGUA FIJOS, sobredimensionados en caudal. Estos equipos siempre fueron probados en sus parámetros de caudal, presión, resistencia térmica y todo lo que la ingeniería en protección contra incendios establecía.*

*En oportunidades se comprobó su eficacia y eficiencia ante eventos reales. Estos sistemas permitían confinar el material peligroso al contexto operacional, sin peligro para las poblaciones del entorno.*

*Los mencionados sistemas o equipos también fueron instalados y probados en la Refinería de Amuay. Con el respaldo de buenos programas de confiabilidad y mantenimiento preventivo y predictivo. Si estos programas se cumplieron, los dispositivos debieron funcionar al ocurrir cualquier fuga inicial de gas. PERO... se insiste en la pregunta ¿POR QUÉ NO FUNCIONARON?...!!!*

*Con todo el respeto e intención profesional, puedo describir, una HIPÓTESIS técnica y secuencial sobre el evento, basado en los impactos y daños. Soy INVESTIGADOR DE ACCIDENTES E INCENDIOS, con sólida y extraordinaria experiencia en la Industria Petrolera Venezolana y otros organismos.*

*Inicialmente, debió ocurrir un fenómeno denominado “UVCE” (Unconfined Vapor Cloud explosión), proveniente de cualquier fuga o derrame, Y ESTA DEBIÓ A SU VEZ ACTIVAR LOS DETECTORES DE INFLAMABILIDAD, enviando la señal para dar apertura al “agua de confinamiento y mitigación”. Al no detectarse el gas, siendo más pesado que el aire, se mantuvo a nivel de piso, se desplazó, y una fuente de ignición, deflagró y produjo el fuego inicial...*

*También se cumplía estrictamente con las separaciones entre equipos e instalaciones, pero sobre todo se insistía en mantener la distancia segura para las poblaciones habitacionales del entorno, en especial las que poseían fines residenciales o comerciales.*

*Podemos afirmar que hubo una permisividad al tolerar la construcción de estructuras ajenas al proceso en las zonas de seguridad, entre ellas “la Compañía de la Guardia Nacional”, acotando que las esferas de gases en Amuay están en el sitio actual desde la década de los 80. Entonces, ¿quién consintió y autorizó las recientes edificaciones cercanas?*

*Pero insisto en las preguntas:*

- 1. ¿POR QUÉ NO SE ACTIVARON LOS DETECTORES Y SENSORES?, entendiendo que la mayoría de los gases son inflamables y más pesados que el aire (con excepción del metano y el etano).*
- 2. Y si había una situación planteada por las operaciones ¿Por qué no se activaron las alarmas y los sistemas de confinamiento y mitigación?*
- 3. ¿Fueron hechos los mantenimientos periódicos y las reingenierías establecidas para disponer y actualizar los sistemas?*



4. *¿Dónde están los registros o archivos obligatorios para mantener operativos esos sistemas, lo cual es exigido por la legislación vigente en Venezuela?*
5. *¿Dónde están los informes de desviación y aprobación de los reaseguradores internacionales, como evidencia extraordinaria para corroborar que todo estaba operativo?*
6. *¿Dónde están los reportes de las pruebas periódicas que deben hacerse a los sistemas para prevención y control de incendios?*
7. *¿Cuántos simulacros de emergencia se hicieron en estas estructuras, y cuantos dirigidos a la comunidad, dónde están las actas y los registros de estos?*
8. *Y hay muchas otras preguntas técnicas que puedo formular durante horas; más, los Venezolanos requerimos y estamos exigiendo “respuestas técnicas y objetivas” para este mal momento, sin demagogia ni política, dadas por personas con conocimiento y experiencia...*

En otra reseña, como reportó en su edición de la fecha 2 de septiembre de 2012 el diario “Ultimas Noticias”: **“LAS ALARMAS SE QUEDARON CALLADAS”**, dice textualmente:

*“Frank, hijo de un trabajador petrolero que laboró durante 40 años en la refinería e ingeniero de una empresa que le presta servicios a PDVSA, precisa que en la época de la Creole los gringos colocaron cuatro alarmas, que eran probadas todos los miércoles a las 9 am. Desde hace más de una década dejaron de sonar por falta de mantenimiento, aclara.*

*Ámbar Perozo y Ana Marín, del barrio Alí Primera, ni siquiera se acuerdan que alguna vez se haya hecho un simulacro para el desalojo.*

*La madrugada del 25 de agosto, ninguna alarma sonó. No hubo plan de evacuación. Relatan sus familiares que Carmen Jackelin Acosta Vaca corrió a*

*avisar a sus vecinos en El Campito de la emergencia, luego de que su padraastro el sargento Gustavo Castro les alertó. El tiempo no le alcanzó a Jackelin. Más de 40 personas fallecieron en esa zona, incluyéndola a ella...”*

En cuanto al diseño de ingeniería y el manejo de la contingencia, otros especialistas indican que el análisis realizado determinó que los cálculos de Ingeniería de Riesgos están adecuados a la naturaleza de la instalación y que hubo un **manejo inadecuado** de la contingencia, con un notorio incumplimiento de la LOPCYMAT, normas PDVSA y prácticas de control de contingencias, evidenciándose un manejo deficiente del operativo de ataque del incendio de los tanques de hidrocarburos líquidos (ver Anexo 5 sobre Análisis de Especialistas).

El control de la emergencia por la explosión se inicia con varias acciones, propias y de terceros, entre las que se destacan, tal como se indica en el referido Anexo 5, la solicitud y traslado de bomberos municipales de Alcaldías del Estado Zulia; siendo el primer envío de 50 bomberos del Estado Zulia, Ver foto i,2; como también el envío de Equipos Bomberiles de otras instalaciones PDVSA de las zonas aledañas.

El control de la emergencia fue enfocado a la mitigación de los incendios en los tanques de crudos y productos, mediante el bombeo de grandes volúmenes de agua, acción que derivó que los techos de los mencionados tanques tuvieran que soportar un peso adicional que contribuyó al colapso de los mismos y por ende el incremento de las áreas incendiadas.



Foto i.2: Transporte de personal de apoyo

De manera simultánea, el combate de los incendios se realizó sin tener un orden de prioridad en cuanto a la forma y manera de aplicar las técnicas de extinción de incendios petroleros. Cabe destacar que se observó la aplicación de espuma y agua simultáneamente, esa práctica limitó la efectividad de la espuma contraincendios debido a que el agua rompe su consistencia y degrada sus propiedades. Asimismo, no se observó el uso de las instalaciones preexistentes y diseñadas para la aplicación de agua y espuma hacia los tanques (Foto i.3).



Fotografía i.3: Aplicación simultanea de agua y espuma redujo efectividad de la espuma para sofocar el incendio

- **Puntos a investigar**

Es fundamental establecer las condiciones u omisiones al momento del evento, así como, cambios que pudieran haber afectado la seguridad del proceso y no se encuentren reflejados en la información básica.

En su edición del 31-Ago de 2012, el diario El Nacional reporta que el Ministerio de Energía y Petróleo informó, a través de BBC mundo, que se abrirán tres investigaciones por la explosión en refinería de Amuay:

*“La explosión de los tanques del Bloque 23 de almacenamiento de la refinería de Amuay, que causó la muerte de 42 personas, 20 hospitalizadas y 132 con heridas leves, según cifras oficiales, propiciará la apertura de 3 investigaciones, El*

*ministro informó que las investigaciones estarán a cargo de un comité de especialistas de PDVSA, en cumplimiento con la normativa internacional, un cuerpo de seguridad de la compañía, el Servicio de Inteligencia Nacional (SEBIN) y la Fiscalía General de la República...”*

A la presente fecha, y transcurrido ya un año del accidente ¿Cuál es el status del las investigaciones en curso? ¿Por qué no se ha difundido el informe de investigación que se debió haber presentado a la Junta Directiva PDVSA a los 60 días del incendio?

Al igual que en este caso, y con referencia a otros eventos de gravedad ocurridos recientemente en la Industria Petrolera, la colectividad no ha sido informada de los resultados de las investigaciones supuestamente realizadas, como por ejemplo, a lo sucedido con el derrame de hidrocarburos en el Rio Guarapiche (Evento N° 314 ocurrido el 04.02.12 en el área de Exploración y Producción de Jusepin<sup>(18)</sup>) cuyos resultados a la fecha se desconocen.

Respecto a los otros dos informes mencionados, la Fiscalía General de la República informó recientemente que su informe se publicará a los 120 días del accidente, publicación a la que hay que mantener estrecho seguimiento ya que este lapso ha vencido desde hace varios meses.

Por otra parte, la ONG PROVEA denuncia “La responsabilidad del patrono en Amuay” , en la edición del sitio web [www.descifrado.com](http://www.descifrado.com) del 29 de agosto de 2012 donde destacan:

*“Lo sucedido en Amuay bien pudiera calificarse como el peor accidente laboral en la historia de la industria petrolera venezolana y ante su magnitud, salta la duda acerca de la eficacia de INPSASEL para determinar la responsabilidad del Estado como patrono. Esta obligación no se circunscribe sólo a una palabra de condolencia, a un ascenso post mortem o a la atención médica, pues implica la prevención...”*

Mención especial merece el hecho que el accidente ocurrido en Amuay ni siquiera parece citado o referido en la página web del INPSASEL, donde las estadísticas nacionales aparecen solo hasta el 2007 y en noticias de interés del año 2012 no aparece reportado ninguno de los accidentes registrados, particularmente en PDVSA; de hecho, lo más relevante reportado para el mes de agosto de 2012, específicamente el punto 30, es: *“FORO. Venezuela avanza en materia de seguridad y justicia social: El Gobierno bolivariano consolida los derechos y conquistas de la clase trabajadora”*

En resumen, producto de las investigaciones, debe encontrarse respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Es cierto que las bombas de olefinas P-200, tenían varios días presentando fallas y no se repararon por falta de repuestos?
2. Si había una fuga al menos desde horas antes, incluso desde el mediodía del viernes 24.08.12 ¿Por qué se mantuvo en operación la instalación?
3. ¿Por qué los “Detectores de Gases Inflamables” no indicaron la presencia de la nube de vapor inflamable?
4. ¿Por qué cuando la concentración de gas alcanzó el valor crítico no se activaron las alarmas y los sistemas de confinamiento, mitigación y protección de las esferas?
5. ¿Por qué no se activó el Plan de Control de Emergencia/Contingencia?
6. ¿Por qué no se evacuó el personal de las zonas adyacentes?
7. ¿Por qué no se ejecutó el control o prohibición de acceso y circulación de vehículos?
8. Una vez producida la explosión ¿Por qué tardó tanto en controlarse y extinguirse el incendio? (78 horas)



Adicionalmente debiera documentarse la indagación de todo lo sucedido, con el fin de poder responder lo siguiente:

- 1. Descripción precisa del evento, incluyendo la cronología de sucesos.*
- 2. Descripción de las condiciones ambientales al momento del accidente.*
- 3. Descripción de las operaciones que se realizaban.*
- 4. Equipos que fallaron y tipo de falla.*
- 5. Ubicación del personal clave y su relación con los hechos.*
- 6. Descripción de instrucciones e instrumentos para la ejecución de la actividad.*
- 7. Identificación de los flujos de productos y energía.*
- 8. Identificar desviaciones.*
- 9. Identificar cambios que pudieron impactar la seguridad del proceso, incluyendo personal, procedimientos, equipos o condiciones operacionales del proceso.*
- 10. Perfil y competencia del personal.*
- 11. Acciones tomadas para limitar las consecuencias y capacidad del plan de contingencia puesto en práctica.*
- 12. Condiciones establecidas en el permiso de trabajo y en el análisis de riesgos del trabajo.*
- 13. Construcción de la Línea de Tiempo*

Esta herramienta de investigación permite mostrar la relación entre los hechos, identificar brechas o inconsistencias en la recopilación de información y adicionalmente reforzar la recopilación de evidencias.

Para construir una línea de tiempo es necesario listar los hechos o actividades de la manera más cercana a cómo pudieron ocurrir en el tiempo previo, durante y posterior al evento. Se debe observar la secuencia del evento y de esta manera identificar y asociar los factores causales, los cuales servirán de insumo para la aplicación de la metodología propuesta en esta norma para la determinación de las causas raíz. En los casos donde la inexistencia de datos no permita cierta precisión en la cronología

#### *14. Información que se recogió de las entrevistas*

Todo aquello que hayan recabado al interactuar con los testigos (presenciales y referenciales) del evento, personal de respuesta a la emergencia, personal operacional, supervisorio y gerencial del equipo,

Instalación o proceso afectado, y todo personal involucrado (incluyendo de ser posible a los lesionados).

Todos *los elementos remarcados en cursivas y en color azul* en el texto anterior *deben constituir pruebas que debieron haber sobrevivido al accidente*, por lo que es fundamental recabarlas para el total esclarecimiento de lo que sucedió.

## **j) Análisis ¿Qué pudo haber sucedido?**

Los hechos y las mismas declaraciones de testigos, así como de funcionarios de PDVSA, indican que hubo una fuga de gas y ésta se fue acumulando en el área en forma de una nube. Esto se denomina acumulación de gas en un espacio no confinado, que debe haberse formado debido a una fuga importante, tanto en tiempo como en flujo másico; y en combinación, durante ese lapso, con una disminución de la velocidad del viento, lo cual favoreció su concentración en un área geográfica de extensión considerable. Esa nube, por ser el gas Olefinas más denso que el aire, viaja según condiciones de viento, y la mezcla gas-oxígeno, al encontrar una fuente de ignición, explota generando niveles de sobrepresión y radiación térmica importantes (Esta hipótesis del UVCE -“Unconfined Vapour Cloud Explosión”- es la que guarda más relación con este evento).

La extensión del incendio a los tanques de almacenamiento de productos (Nafta Catalítica, Alquilate, LVGO y HVGO) es producto de lo que se denomina “efecto dómino” de la bola de fuego, consecuencia del evento inicial. Al respecto, hay que tomar en cuenta que si estos tanques hubiesen dispuesto de un sello en buenas condiciones en sus techos flotantes, no hubiese habido incendio, o se hubiese focalizado en un área menor; lo más probable es que dichos sellos estaban dañados y presentaban escapes, generándose incendios sobre estos tanques (tal como sucedió en el incendio ocurrido el 19/09/12 en la Refinería El Palito cuando se incendiaron dos tanques de techo flotante al recibir la descarga de rayos durante una tormenta eléctrica, caso donde tampoco funcionaron los pararrayos).

Fuera de la Refinería, en áreas de terceros, los niveles de sobrepresión debieron estar por encima de 1 Bar (Nivel de fatalidades y daños estructurales importantes) hasta un mínimo de 0,04 Bar (Nivel de daños a ventanas).

Referente a la posible causa raíz de la fuga, ésta debió ocurrir en el sistema que alimenta o descarga a dichas esferas, pudiéndose haber originado en una válvula,

bomba o en alguna junta o brida de las tuberías que conforman el sistema de las esferas.

En tal sentido, se debe mencionar que una fuga de gas no se vuelve masiva desde el primer momento de presentarse; ésta se manifiesta en forma constante y en cantidades pequeñas, pues normalmente fluye a través de las roturas de los empaques o sellos de las válvulas o bombas y/o las empacaduras de las bridas, hacia la atmósfera.

Pero si la fuga no se detiene a tiempo, la emisión puede ir incrementándose dado que el orificio de donde se origina irá aumentando en tamaño por efecto de la presión del fluido y por ende la acumulación aumentará en el área adyacente y se expandirá por todo el entorno progresivamente.

Las causas más comunes de fuga son las siguientes y todas ellas son fácilmente auditable para detectar si hubo en este caso una falla de mantenimiento:

1. ***Fuga en los sellos mecánicos de las bombas:*** Este tipo de bombas con servicio crítico, deben tener una inspección que puede ser semanal a mensual, dependiendo de las condición mecánica de las bombas y sus componentes. El registro de este tipo de fallas debe estar reflejado en los reportes de inspección y de mantenimiento /taller, que debe tener el grupo de Inspección de Equipos Rotativos del Complejo.

Estas bombas P-200 A/B/C están ubicadas en el bloque B23 al pie de las esferas TK208 y 209 y se utilizan para bombear olefinas de Amuay por el Olefinoducto del sistema de tuberías de Intercambio de productos Amuay-Cardon (IAC) para su procesamiento en la unidad de Alquilería de Cardón.

Definitivamente, si se considera como causa probable la falla de los sellos mecánicos de las bombas P-200, el hecho de que a PDVSA se le hacía difícil conseguir sellos de reemplazo para las bombas como se menciona en el

informe QBE-RJG, explicaría por qué no se reemplazaron oportunamente y de allí el origen de la fuga.

Al respecto es relevante conocer que en la bomba P-200 A el 30 de Junio de 2012 ya se había producido un conato de incendio provocado por fuga de gas (ver fotografía j.1).



Foto j.1: Incendio registrado en bomba P-200 A el 30/06/12

También debe destacarse que en las fotos tomadas durante los momentos iniciales del incendio se observa que el foco de la llama principal, que parece ser la originaria, proviene precisamente del área donde están ubicadas las bombas P-200, tal como se indica en la fotografía j.2.



Foto j.2: toma fotográfica foco del incendio 25/08/12 en área bombas P-200

Expertos en equipos rotativos consideran que si la causa más probable del accidente fuera la fuga masiva a través del sello mecánico de la bomba P-200A de Amuay, esto probablemente se debió a la inadecuada reparación de las caras de sellado (estacionario y/o rotativa, puntos 4f y 4g del diagrama causa efecto indicado en su análisis expuesto en el Anexo 5).

Se destaca también que esta hipótesis requiere validarse mediante análisis forense / metalográfico de los elementos objeto de falla en el sello mecánico (caras) y de la bomba.

2. **Fuga en las válvulas de alivio:** Las mismas son dobles y deben ser calibradas anualmente. Se recomienda revisar los reportes de inspección de Equipos Estáticos y los reportes de mantenimiento/ taller del CRP.
3. **Fuga en las válvulas de drenaje o descarga de la esfera:** por error humano en la manipulación de las mismas o en la línea de succión de la bomba por



falla en las empacaduras de las válvulas con el consecuente vaciado de la "totalidad" del volumen de la esfera lo que evitó que explotara (es decir que se hubiera producido un "BLEVE").

Cabe destacar que el informe de RJG Risk para la reaseguradora QBE<sup>(19)</sup>, recomienda la reubicación de las válvulas de bloqueo de emergencia del 209 y extender esa práctica a los tanques de Amuay y Cardón, haciendo referencia a un accidente que ocurrido en la Refinería Feyzin - Francia en 1966 por esta causa, cuando después que unos operadores abrieron la válvula de drenaje del fondo de una esfera de GLP no pudieron cerrarla y la fuga que se generó explotó al encontrarse con una fuente de ignición proveniente de un vehículo que pasaba por una vía local adyacente a la refinería, produciéndose más de ochenta muertos y ciento cincuenta heridos <sup>(25)</sup>.

Según entrevista publicada por BBC, el Presidente de PDVSA declaró:

*"Este bloque 23, donde ocurrió el evento, fue sujeto a una intervención por la recomendación de los expertos internacionales de hacer relocalización de las válvulas de las esferas y colocarlas automatizadas para que se pudieran operar remotamente en el caso de un accidente. Esa idea no tiene sentido, pero lo dirá el comité de investigación".*

Esto coincide con lo expresado por RJG Risk, y según información dada por personal de la refinería, las válvulas automatizadas de acción remota no se instalaron en las esferas TK 208 y 209.

4. **Fuga en las juntas (bridas) de las tuberías.** Tanto el grupo de inspección como los operadores deben recorrer frecuentemente (al menos semanalmente los primeros y una vez por guardia los segundos) las instalaciones para detectar cualquier anomalía, como ésta.
5. **Fuga por corrosión (picaduras) en la esfera o en las tuberías de succión o descarga.** El CRP debe contar con un Sistema de Inspección en Marcha

(SIEM), que frecuentemente debe medir espesores y evaluar la condición mecánica de las tuberías, los tanques y recipientes a presión. Deben revisarse los reportes de inspección del SIEM.

Al respecto hay un conjunto de metalografías tomadas sobre muestras que son pruebas claves para la determinación de la causa del evento. También, hay que buscar los registros de flujo de Olefinas recibidas en Cardón y de la presión de esta corriente a su salida de Amuay a la descarga de la bomba P-200 A, dichos registros deben estar en la memoria histórica del sistema de instrumentación de las respectivas salas de control.

Mención especial merece que el 28 de Septiembre 2012 el diario El Sol de Margarita reportó lo siguiente:

*“Una vez finalizado el acto con los representantes de la empresa rusa Rosneft en la faja del Orinoco, el ministro de Petróleo y Minería, Rafael Ramírez se refirió a la explosión ocurrida en la refinería de Amuay. Informó sobre los estudios metalográficos que se están realizando en la infraestructura, los cuales arrojan indicios de lo ocurrido.*

*Ya tenemos varios posibles sitios donde se produjo la fuga. Por supuesto fue una fuga masiva y eso hizo que se concentrara esa nube tan rápido, pero eso nos lo va a determinar la metalografía de las tuberías de esas bombas, dijo.”*

Lo importante de esta declaración es que se dejó constancia que se tomaron muestras de metales para realizar estudios metalográficos, en el área afectada y en particular del sitio donde debió originarse la fuga. Estos elementos pudieran contribuir con la identificación de la causa.

## k) Conclusiones

- 1) La explosión ocurrida el día 25 de Agosto de 2012 en el área de almacenamiento del Bloque 23 de la Refinería de Amuay fue causada por la ignición de una nube de gas creada por un escape incontrolado de Olefinas (componentes inflamables producidos en el proceso de refinación), cuya causa más probable fue el colapso del sello mecánico de una o más de las bombas P-200 A/B/C, ubicadas al pie de las esferas TK 208 y 209, en el área de almacenamiento del Bloque B23 de la Refinería Amuay. La referida nube de gas se esparció en un área extensa, originando el fenómeno denominado ***“explosión de una nube de gas en un espacio no confinado”***.
- 2) De acuerdo a testimonios de vecinos de la zona, así como por mensajes y declaraciones de trabajadores y responsables de una de las empresas privadas afectadas por la explosión e incendio, se determinó la presencia de gas en el ambiente varias horas antes de la explosión. Según las declaraciones y los registros de actuación del personal de la Refinería, se confirmó la presencia de una fuga incontrolada de gas en el Bloque 23, aproximadamente a las 12 de la noche del día viernes 24 de agosto de 2012. Sin embargo, no se activaron alarmas ni se tiene conocimiento de acción alguna para llevar a cabo el desalojo de las áreas adyacentes.
- 3) De acuerdo a la información disponible de diversas fuentes, las únicas acciones que se tomaron consistieron en tratar de bloquear válvulas y equipos en forma manual en el sitio de la fuga, resultando todas ellas infructuosas dada la magnitud del escape y las altas concentraciones de gas en el ambiente.
- 4) Existen antecedentes de escapes de gas e incendios en los equipos de bombeo antes mencionados. De igual modo, uno de los informes de la

empresa aseguradora (QBE) documenta la ocurrencia de aproximadamente 100 incendios en el CRP durante el año 2011, la mayoría de éstos pendientes por investigación.

- 5) Los indicadores de accidentalidad de PDVSA durante los últimos años muestran una tendencia creciente, con cifras significativamente altas y muy superiores a los promedios internacionales. Esta situación evidencia la pérdida de la Cultura de Seguridad, Salud y Ambiente necesaria para operar, de manera responsable, instalaciones de la magnitud y complejidad de la industria petrolera.
- 6) El incendio se extendió hacia varios de los tanques de hidrocarburos líquidos del área del Bloque 23 y 24. Esto probablemente se debió a una fuga de gases producidos por la vaporización de parte de los hidrocarburos allí contenidos, a través de los sellos mecánicos defectuosos de los techos flotantes. El efecto de vaporización de los hidrocarburos se incrementó debido al aumento de las temperaturas a causa del fuego en el área, y la falta de enfriamiento oportuno de los tanques durante las acciones de ataque y extinción del incendio.
- 7) Inadecuado manejo de la contingencia: Deficiencias en las acciones y medidas tomadas en la zona, tanto por parte de PDVSA como por los cuerpos de atención de emergencias, durante la operación, la detección de la fuga de gas antes de la explosión, el control y extinción del incendio, y posterior atención de las personas afectadas.
- 8) Las fallas detectadas en el plan de evacuación probablemente hayan incidido en el incremento del número de víctimas.

- 9) Incumplimiento de la LOPCYMAT, normas PDVSA y prácticas de control de contingencias; se evidenció un manejo deficiente del operativo de ataque del incendio en los tanques de hidrocarburos líquidos.
- 10) El **costo total estimado de los daños** ocasionados por la explosión e incendio se encuentran en el orden de **1.835 millones de US\$**, discriminados en los siguientes aspectos:

	<u>Millones de US\$</u>
✓ Activos de la Corporación	173,8
✓ Pérdidas de Inventario en Refinería Amuay	170,9
✓ Lucro cesante en Refinería Amuay	1.200,0
✓ Control y Extinción del Incendio	10,3
✓ Daños a Terceros	234,7
✓ Indemnización a Víctimas	35,2
✓ Daños Ambientales	10,0

- 11) La zona de seguridad fue vulnerada con establecimiento de terceros, y en esta oportunidad no se evidenció la activación de las alarmas ni los procedimientos de evacuación, que forman parte del protocolo de operación de este tipo de instalaciones.
- 12) Los cálculos de ingeniería de riesgos y de diseño de la infraestructura en materia de seguridad, están adecuados a la naturaleza de la instalación.
- 13) Los registros de los accidentes que se han podido documentar, ocurridos en PDVSA posteriormente al 25 de Agosto de 2012, evidencian que en esta empresa no se han tomado medidas efectivas a fin de reducir los niveles de riesgo y accidentalidad en sus operaciones.

## **I) Recomendaciones**

- 1) Exigir a PDVSA y a la Fiscalía General de la Republica la publicación de los resultados de las investigaciones, los correspondientes informes en los cuales se indiquen las causas, las consecuencias y las responsabilidades de esta lamentable tragedia.
- 2) Reforzar el nivel de autoridad del personal de operaciones presente en las instalaciones, factor de fundamental importancia, especialmente en situaciones de emergencia
- 3) Cumplir con el programa de Mantenimiento Preventivo de equipos y materiales.
- 4) Acelerar la capacitación al personal que efectúan el control de las emergencias.
- 5) Acatar las medidas relativas a las zonas de seguridad en los alrededores de las instalaciones petroleras en el país.
- 6) Establecer los juicios penales a las personas que resulten responsables.
- 7) Llevar a cabo auditorías técnicas y de evaluación de riesgos en todas las instalaciones de PDVSA, en especial aquellas adyacentes a centros poblados. Estas auditorías deben ser llevadas a cabo por entidades independientes y debidamente calificadas a nivel internacional.
- 8) Dar estricto cumplimiento a las normas de Confiabilidad Operacional, Mantenimiento Continuo, y en especial a los procedimientos de Seguridad, Salud y Ambiente existentes para preservar la vida de los trabajadores y de terceros, así como “prevenir la ocurrencia de accidentes, incidentes, enfermedades ocupacionales y afectación al ambiente en los trabajos a ser ejecutados”.
- 9) Mantener la operatividad de los diferentes sistemas de alarmas instalados en el parque industrial de PDVSA.



- 10) Tomar acciones oportunas, en todas las instalaciones de PDVSA, a nivel nacional, para evitar otra tragedia como la ocurrida en la Refinería de Amuay.

## m) Referencias

1. Manual SIR PDVSA SI-S-22, Investigación de Accidentes e Incidentes.
  2. Planes de Emergencia y Planeamientos Previos. Guía para la elaboración de Planeamientos Previos para el Control de Emergencia. Manual de Ingeniería de Riesgos IR-S-08.SIR-PDVSA (2001).
  3. Fuentes citadas: diario La Mañana y las emisoras de radio J-98, City, Radio Coro y Festiva FM.
  4. <http://www.descifrado.com/2012/09/empresas/ofrecen-balance-superior-a-cifras-oficiales-por-amuay/>
  5. <http://www.noticiascentro.com/2012/amuay-hay-mucho-mas-muertos-y-heridos-de-lo-que-dicen-afirmo-mons-roberto-luckert/> de fecha 27-08-2012Petroleumworldve.com 06 09 2012
  6. <http://www.eluniversal.com/nacional-y-politica/130120/solicitan-no-cesar-busqueda-de-desaparecidos-de-amuay>
  7. U.S Energy Information Administration, precios de petróleo y productos; [http://www.eia.gov/dnav/pet/pet\\_pri\\_spt\\_s1\\_d.htm](http://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_d.htm)
  8. <http://noticiaaldia.com/2012/08/ministro-ramirez-confirma-que-ceso-el-fuego-en-amuay-222-bomberos-se-mantienen-trabajando/>
  9. <http://www.guia.com.ve/noti/90545/a-un-mes-de-la-tragedia-de-amuay>  
<http://www.ultimasnoticias.com.ve/noticias/ciudad/parroquias/vecinos-de-amuay-buscan-salir-adelante.aspx>  
<http://www.el-carabobeno.com/impreso/articulo/50824/--trescientas-familias-paraquaneras-esperan-su-reubicación>
  10. <http://www.carboncredit2012.com/site/index.php/creditos-de-carbono>  
[http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/bonos\\_de\\_carbono](http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/bonos_de_carbono)
- Globovisión – Programa Caso de Investigación- Periodistas: Andrea Quiroga y María Gabriela Arteaga. Fecha: 08-12-2012. Entrevistado Engelbert Delgado.

11. Manual de Operaciones Unidad de Desintegración Catalítica, DCAY, Mayo 2001  
Manual de Operaciones Unidad de Flexicoquización, FKAY, Mayo 2001.  
Manual de Operaciones Unidad MEROX de CRAY, Mayo 2001.  
Manual de Operaciones Unidades Regeneradoras de MEA, FMAY-1 y FMAY-2, Mayo 2001.  
Introducción a los Procesos y Negocios de Refinación, Curso Dr. Ingeniero Francisco Javier Larrañaga, Octubre 2002.
12. Declaración empresa PURAMIN (en su declaración registrada en [http://www.youtube.com/watch?v=0NBB5SKkfVA&feature=player\\_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=0NBB5SKkfVA&feature=player_embedded))
13. Explosión Amuay 25-08-12, Analysis Risk Management Group (RMG)
14. Oil and Gas Producers Association (OGP) – OGP Safety Indicators:  
<http://www.ogp.org.uk/pubs/2011s.pdf>  
<http://www.ogp.org.uk/pubs/2012s.pdf>  
<http://www.ogp.org.uk/pubs/367.pdf>  
<http://www.slideserve.com/duscha/international-association-of-oil-gas-producers-presentation-to-irf-halifax-2002-don-smith-ogp>
15. Petróleos de Venezuela, S.A. PDVSA Informes de Gestión Anual e Informes de Gestión Social y Ambiental:  
<http://www.pdvsa.com/interface.sp/database/fichero/free/7364/1568.PDF>  
<http://www.pdvsa.com/interface.sp/database/fichero/free/7658/1584.PDF>  
<http://www.pdvsa.com/interface.sp/database/fichero/free/7666/1592.PDF>  
<http://www.pdvsa.com/interface.sp/database/fichero/free/8012/1627.PDF>  
<http://www.pdvsa.com/interface.sp/database/fichero/free/8013/1628.PDF>
16. ECOPETROL – Reportes de Gestión Anual:

[http://www.ecopetrol.com.co/especiales/ReporteGestion2012/practicass\\_laborales\\_16.html](http://www.ecopetrol.com.co/especiales/ReporteGestion2012/practicass_laborales_16.html)

<http://www.ecopetrol.com.co/especiales/html3/>

17. Petróleos Mexicanos – PEMEX – Memorias de Labores e Informes Anuales:

[http://www.pemex.com/files/content/Version\\_completa\\_Mem\\_2008.pdf](http://www.pemex.com/files/content/Version_completa_Mem_2008.pdf)

[http://www.pemex.com/files/content/Memoria\\_2009.pdf](http://www.pemex.com/files/content/Memoria_2009.pdf)

18. Reporte Accidentalidad PDVSA Gente del Petróleo, Junio 2012-12-07

19. Informe de la firma RJG Risk Engineering para la compañía de reaseguros QBE, Marzo 2012 (que se publicó el 29-08-12 en la página web del Nuevo Herald;

<http://media.elnuevoherald.com/smedia/2012/08/28/22/11/IWNeA.So.84.pdf>

20. Manual de Seguridad Industrial, PDVSA SI-S-06. (2001)

21. LOS OBSTACULOS EN REFINACION MEMORIA Y CUENTA DEL MINISTRO A LA ASAMBLEA, Febrero 2012

22. Agregando Valor en Refinación de Petróleo en Venezuela, Dr. Ing. Francisco Javier Larrañaga, Congreso de Ingeniería e Hidrocarburos, Merida, 15-11-12

23. Ing. Gustavo Benítez; e-mail del 30-08-2012 e Informe REFINERÍA DE AMUAY - DIAGNOSTICO TECNICO Y PREMISAS , 18-09-12

24. Lo que Amuay indica, Ing. Roberto Muñoz, 31-08-12 y artículo de prensa “Sociedad Venezolana de Ingenieros de Petróleo: desde marzo hubo alerta en Amuay” Autor: Últimas Noticias el Jueves 06/09/2012 - 18:45. Link: <http://informe21.com/actualidad/sociedad-venezolana-de-ingenieros-de-petroleo-desde-marzo-hubo-alerta-en-amuay>

25. Caso Feyzin, Francia, Fuego Explosión LPG, Febrero 1966

## **n) Glosario de Términos**

**ACCIDENTE DE TRABAJO:** “Los accidentes se definen como sucesos imprevistos que producen lesiones, muertes, pérdidas de producción, y daños en bienes y propiedades.” Abdul Raouf.

**ALQUILATO:** Producto de refinación usado para mejorar la calidad de las gasolinas.

**BARRILES/barriles:** Unidad de volumen equivalente a aproximadamente 159 litros.

**BOMBA:** dispositivo o componente mecánico diseñado para llevar un fluido de un estado de presión a otro estado de presión más alto, con la finalidad de llevar a cabo su transporte a través de tuberías.

**CRP:** Complejo Refinador de Paraguaná constituido por las Refinerías de Amuay, Cardón y Bajo Grande, con una capacidad de procesamiento de petróleo de aproximadamente 940.000 barriles por día.

**ESFERAS:** Tanques esféricos, destinados al almacenamiento de hidrocarburos ligeros y otras sustancias químicas, tales como: propano, butano, propileno y amoníaco, que a condiciones normales de presión y temperatura se encuentran en estado gaseoso.

**ESPUMA:** Compuesto químico (sulfato de perfluor) usado para el combate/extinción de incendios.

**ETANO:** Hidrocarburo saturado formado por dos átomos de carbono y seis de hidrógeno.

**ETILENO / PROPILENO:** Olefinas gaseosas incoloras ligeramente olorosas.

**GAS:** Hidrocarburo combustible en estado gaseoso.

**GRAVEDAD ESPECÍFICA:** Relación entre la densidad de una sustancia y la densidad del agua.

**HIDROCARBURO:** compuesto orgánico formado por átomos de carbono e hidrógeno.

**INCIDENTE DE TRABAJO:** “Suceso acontecido en el curso del trabajo o en relación con éste, que tuvo el potencial de ser un accidente, en el que hubo personas involucradas sin que sufrieran lesiones o se presentaran daños a la propiedad y/o pérdida en los procesos. Artículo 3 de la Resolución 1401 de 2007.” Distribuidora Rayco, Salud Ocupacional.

**ÍNDICE DE FRECUENCIA BRUTA:** Cantidad de lesiones de trabajo, con o sin pérdida de tiempo de labor, por cada millón de horas – hombre (HH) de exposición.

**ÍNDICE DE FRECUENCIA NETA:** Cantidad de lesiones de trabajo causantes de pérdida de tiempo de labor, por cada millón de horas – hombre (HH) de exposición.

**ÍNDICE DE SEVERIDAD:** Cantidad de días perdidos de labor debido a accidentes industriales causantes de pérdida de tiempo, por cada millón de horas – hombre (HH) de exposición.

**KBD/kbd:** Miles de barriles por día.

**MBD/mbd:** Millones de barriles por día.



**MERCAPTANOS:** Compuestos formados por un átomo de azufre unido a una molécula de hidrocarburo. Se usan para darle olor y color a los hidrocarburos livianos, en especial a los gases licuados del petróleo (propano/butano) utilizados normalmente como combustibles de uso doméstico.

**METANO:** Es el Hidrocarburo más simple, constituido por un átomo de carbono y cuatro de hidrógeno; es incoloro e inodoro.

**NAFTA CATALÍTICA:** Componente de las gasolinas producido en las plantas de desintegración catalítica.

**OLEFINAS:** Hidrocarburo con doble enlace carbono-carbono en sus moléculas.

**PETRÓLEO:** aceite mineral más o menos fluido, viscoso, combustible; compuesto principalmente por hidrocarburos.

**PLANTAS PRINCIPALES DE UNA REFINERÍA:** Destilación Atmosférica, Destilación al Vacío, Hidrodesulfuradoras, Craqueo Catalítico (desintegración Catalítica), Flexicoquer, Coquificación Retardada, Alquilación, etc.

**PROPANO:** Hidrocarburo saturado formado por tres átomos de carbono y ocho de hidrógeno.

**REFINERÍA:** Plataforma Industrial destinada al procesamiento del Petróleo en el cual, mediante un proceso adecuado, se obtienen diversos combustibles f a ser utilizados en motores de combustión(Kerojets, gasolinas, gasoil) así como aceites minerales, coque y asfaltos utilizados en otras aplicaciones industriales.

**SECONASEDE:** Secretaría del Consejo Nacional de Seguridad y Defensa.

**SELLO MECÁNICO:** Dispositivo que permite unir sistemas o mecanismos, evitando la fuga de fluidos conteniendo la presión de servicio.

**TANQUES ALMACENAMIENTO DE PETROLEO Y SUS DERIVADOS:** Estructuras cilíndricas para almacenar líquidos a presión atmosférica; pueden ser de techo fijo o flotante, éstos últimos son los más usados para evitar acumulación de gases que se produce entre el producto y el techo fijo.

**VGO/Vacuum Gasoil:** Producto obtenido en las plantas de destilación al vacío de una refinería. Hay 2 tipos de VGO: uno liviano que se denomina LVGO (Light Vacuum Gas Oil) y otro pesado, denominado HVGO (Heavy Vacuum Gas Oil).

**ZONA DE SEGURIDAD:** Franja de terreno o de agua que circunda una instalación industrial o militar, que está regida por normas/leyes orientadas a proteger dichas instalaciones cuyos procesos o actividades allí realizadas revisten riesgos para la población o son estratégicas para la seguridad del País.