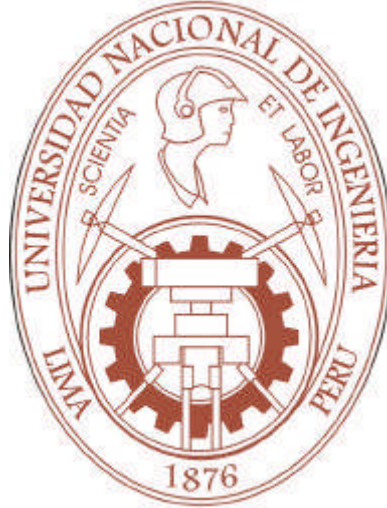


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“ESTUDIO DE ANÁLISIS DE RIESGO EN UN
GENERADOR DE ACETILENO UTILIZANDO LA
METODOLOGÍA HAZOP”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE HIGIENE Y SEGURIDAD
INDUSTRIAL**

PRESENTADO POR:

ORLANDO RENZO LAURA BARRETO

LIMA, PERÚ

2009

RESUMEN

El desarrollo del presente estudio, constituye la aplicación del método de evaluación de peligro de proceso tipo HAZOP a un Generador de Gas Acetileno. El trabajo gira en torno a la conformación de un equipo multidisciplinario que interacciona con toda la data disponible en busca de posibles desvíos que puedan generar algún tipo de evento de seguridad de proceso de grandes magnitudes que no solo involucren daños a los trabajadores, sino que involucren pérdida para el proceso y la no operación de la planta.

El propósito de la presente tesis es identificar los peligros de proceso presentes en la producción de Acetileno, aplicar un tratamiento cualitativo de las variables a estudiar y establecer las pautas necesarias para aplicar el estudio en otros tipos de procesos. Para ello fue necesario, tener una aproximación del nivel de riesgo en el Generador de Acetileno, Identificar los principales factores que podrían generar desvíos y establecer las medidas de control para los desvíos encontrados.

Cabe señalar que el proceso productivo del acetileno no solo consta del generador de gas, sino de otros sub-procesos, como la compresión del gas, purificación, etc. los cuales no son tomados en cuenta para el alcance del estudio ya que los antecedentes de eventos ocurridos en plantas de producción de acetileno muestran que el 90% de los eventos de seguridad de procesos estuvieron directamente relacionados con los generadores de gas.

La tesis se dividió en cinco capítulos los cuales se explicarán a continuación:

Capítulo I: Marco Teórico

En este capítulo se describe al Acetileno, sus diversas aplicaciones y requisitos de seguridad al momento de su manipuleo, introducimos el concepto de evaluación de peligros de proceso, un resumen de las diversas metodologías relacionadas y su relación entre el gerenciamiento de la seguridad de procesos.

Finalmente describimos de forma amplia la metodología HAZOP con sus diversos requerimientos de información, conformación de equipos de trabajo sus competencias, responsabilidades y la importancia de la comunicación entre los miembros del equipo de trabajo.

Capítulo II: Descripción de la Empresa y el Proceso Productivo de Acetileno

En esta parte se presenta una breve descripción de la empresa en estudio, y una amplia explicación del proceso productivo del Acetileno, descripción del generador de acetileno, los parámetros de operación y los sistemas de control y diversos checklists operacionales que gobiernan la operación del generador de acetileno.

Capítulo III: Aplicación del Método HAZOP al generador de Acetileno

El capítulo tres, que viene a ser la parte central de la tesis, nos presenta la descripción del estudio HAZOP realizado al generador de acetileno, con todos los detalles del trabajo realizado por el equipo HAZOP, las reuniones, la documentación utilizada, y los resultados obtenidos así como la comunicación de estos a las áreas interesadas e involucradas con el estudio.

Capítulo IV: Establecimiento de Medidas Correctivas y Preventivas

El Plan de Acción que reúne las medidas correctivas y preventivas es presentado en el capítulo cuatro, la asignación de responsables, criticidad de las medidas así como tiempos de cumplimiento.

Capítulo V: Conclusiones de los Resultados Obtenidos y Recomendaciones

Finalmente en el capítulo cinco se menciona las conclusiones a las cuales se llegó luego de realizar el estudio y las recomendaciones necesarias para realizar un estudio del tipo HAZOP para otro tipo de equipos y/o procesos.

ABSTRACT

The development of this study constitutes the application of a method of process hazard evaluation type HAZOP to an Acetylene Gas Generator. The work is about the conformation of a multidisciplinary team that interact with the whole available data in search of possible deviations that could generate some type of process safety event of big magnitudes that not only involve hurts to the workers, also they involve loss for the process and not plant operation.

The purposes of the present thesis is to identify the process hazards in the production of Acetylene, to apply a qualitative treatment of the variables at studying and to establish the necessary guidelines to apply the study in other types of processes

For it was necessary to have an approximation of the level of risk in the Acetylene Generator. Identify the principal causes that might generate deviations and to establish the measures of control for deviations identified.

It is necessary to indicate that the Acetylene Process Production not only consists of the gas generator, also of other sub-processes, as the compression of the gas, purification, etc. that are not considered in the scope of the study because the precedents of events happened in Acetylene Plants show that 90% of the process safety events were directly related to the gas generators.

INDICE

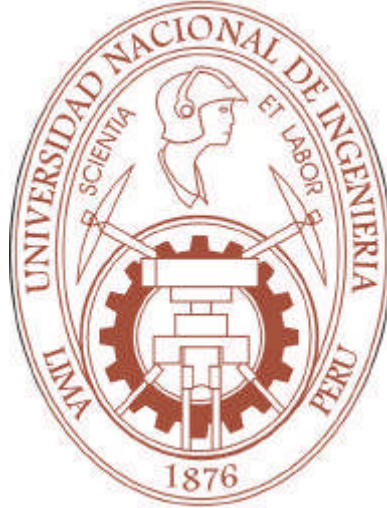
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS DEL ESTUDIO	2
CAPÍTULO I - MARCO TEÓRICO	3
1. Acetileno	3
1.1 Descripción	3
1.2 Aplicaciones	5
1.3 Propiedades Físico – Químicas	5
1.4 Requisitos de Seguridad	5
2. Evaluación de Peligros de Proceso	28
2.1 Definición y Aplicación de Evaluación de Peligros de Proceso	28
2.2 Fundamentos y Orígenes de la Evaluación de Peligros de Proceso	29
2.3 Definición de Accidente de Proceso	30
3. Métodos de Evaluación de Peligros de Proceso	32
3.1 Revisión de Seguridad	32
3.2 Análisis con Checklist	35
3.3 PHA – Análisis Preliminar de Peligro	36
3.4 Análisis What if	37
3.5 HAZOP - Análisis de Peligros y Operabilidad	38
3.6 FMEA - Análisis de Modos de Falla y Efectos	39
3.7 FTA - Análisis de Árbol de Fallas	40
3.8 ETA - Análisis de Árbol de Eventos	40
3.9 CCA - Análisis de Causa Consecuencias	41
4. Relación entre la Evaluación de Peligros de Proceso y el Gerenciamiento de la Seguridad de Procesos.	41
5. Descripción del método HAZOP	44
5.1 Orígenes del HAZOP	44
5.2 Definición y Alcance del método	45
5.3 Proceso de Análisis	51

5.4 Equipos de Trabajo (Miembros del Equipo, Competencias, Team Leader, Responsabilidades y Comunicación)	56
CAPÍTULO II – DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y EL PROCESO PRODUCTIVO DE ACETILENO	62
1. Descripción de la Empresa	62
2. Organización de la Empresa	65
3. Política de la Empresa	66
4. Proceso Productivo del Acetileno	69
4.1 Aspectos Generales	69
4.2 Descripción del Proceso de Producción de Acetileno	70
4.3 Generador de Acetileno – Descripción	73
4.4 Parámetros Críticos de Operación – PCOs	76
4.5 Procedimientos de Operación y Funcionamiento de la Planta	79
4.6 Checklist Operacionales	80
4.7 Sistemas de Control de la Planta de Producción de Acetileno	80
4.8 Condiciones Específicas	84
CAPÍTULO III – APLICACIÓN DEL MÉTODO HAZOP AL GENERADOR DE ACETILENO	86
1. Cronograma de Trabajo	86
2. Definición y delimitación del sistema a estudiar	87
3. Miembros del equipo	87
4. Logística de las Reuniones de Trabajo	88
5. Documentación utilizada	91
6. Resultados del HAZOP	92
7. Comunicación de los Resultados Obtenidos	95

CAPÍTULO IV – ESTABLECIMIENTO DE MEDIDAS CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS	96
1. Plan de Acción	96
2. Tiempos Estimados de Cumplimiento	96
CAPÍTULO V – CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS Y RECOMENDACIONES	98
1. Conclusiones de los Resultados Obtenidos	98
2. Recomendaciones	100
FUENTES DE INFORMACIÓN	102
ANEXOS	104
1. Referencia Normativa Internacional	104
2. Eventos de Seguridad con Generadores de Acetileno	107
3. Tablas HAZOP del Generador de Acetileno	110
4. Plan de Mantenimiento – Generador de Acetileno	115
5. P&ID del Generador de Acetileno y otros equipos	116
6. Hoja Técnica de Equipos – Generador de Acetileno	117
7. Hoja Resumen de Instrumentos – Generador de Acetileno	120
8. MSDS del Acetileno y Carburo de Calcio	122
9. Planos de Ubicación de la Planta de Acetileno	140
10. Lay - Out de la Planta	141
11. Resumen de los Procedimientos de Emergencia de la Planta de Acetileno	142
12. Distribución de Equipos de Emergencia	155
13. Registro Fotográfico de la Planta	156
14. Registro Fotográfico de Instrumentos y Accesorios de Equipos	173
15. Organigrama de la Empresa	186

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“ESTUDIO DE ANÁLISIS DE RIESGO EN UN
GENERADOR DE ACETILENO UTILIZANDO LA
METODOLOGÍA HAZOP”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE HIGIENE Y SEGURIDAD
INDUSTRIAL**

PRESENTADO POR:

ORLANDO RENZO LAURA BARRETO

LIMA, PERÚ

2009

RESUMEN

El desarrollo del presente estudio, constituye la aplicación del método de evaluación de peligro de proceso tipo HAZOP a un Generador de Gas Acetileno. El trabajo gira en torno a la conformación de un equipo multidisciplinario que interacciona con toda la data disponible en busca de posibles desvíos que puedan generar algún tipo de evento de seguridad de proceso de grandes magnitudes que no solo involucren daños a los trabajadores, sino que involucren pérdida para el proceso y la no operación de la planta.

El propósito de la presente tesis es identificar los peligros de proceso presentes en la producción de Acetileno, aplicar un tratamiento cualitativo de las variables a estudiar y establecer las pautas necesarias para aplicar el estudio en otros tipos de procesos. Para ello fue necesario, tener una aproximación del nivel de riesgo en el Generador de Acetileno, Identificar los principales factores que podrían generar desvíos y establecer las medidas de control para los desvíos encontrados.

Cabe señalar que el proceso productivo del acetileno no solo consta del generador de gas, sino de otros sub-procesos, como la compresión del gas, purificación, etc. los cuales no son tomados en cuenta para el alcance del estudio ya que los antecedentes de eventos ocurridos en plantas de producción de acetileno muestran que el 90% de los eventos de seguridad de procesos estuvieron directamente relacionados con los generadores de gas.

La tesis se dividió en cinco capítulos los cuales se explicarán a continuación:

Capítulo I: Marco Teórico

En este capítulo se describe al Acetileno, sus diversas aplicaciones y requisitos de seguridad al momento de su manipuleo, introducimos el concepto de evaluación de peligros de proceso, un resumen de las diversas metodologías relacionadas y su relación entre el gerenciamiento de la seguridad de procesos.

Finalmente describimos de forma amplia la metodología HAZOP con sus diversos requerimientos de información, conformación de equipos de trabajo sus competencias, responsabilidades y la importancia de la comunicación entre los miembros del equipo de trabajo.

Capítulo II: Descripción de la Empresa y el Proceso Productivo de Acetileno

En esta parte se presenta una breve descripción de la empresa en estudio, y una amplia explicación del proceso productivo del Acetileno, descripción del generador de acetileno, los parámetros de operación y los sistemas de control y diversos checklists operacionales que gobiernan la operación del generador de acetileno.

Capítulo III: Aplicación del Método HAZOP al generador de Acetileno

El capítulo tres, que viene a ser la parte central de la tesis, nos presenta la descripción del estudio HAZOP realizado al generador de acetileno, con todos los detalles del trabajo realizado por el equipo HAZOP, las reuniones, la documentación utilizada, y los resultados obtenidos así como la comunicación de estos a las áreas interesadas e involucradas con el estudio.

Capítulo IV: Establecimiento de Medidas Correctivas y Preventivas

El Plan de Acción que reúne las medidas correctivas y preventivas es presentado en el capítulo cuatro, la asignación de responsables, criticidad de las medidas así como tiempos de cumplimiento.

Capítulo V: Conclusiones de los Resultados Obtenidos y Recomendaciones

Finalmente en el capítulo cinco se menciona las conclusiones a las cuales se llegó luego de realizar el estudio y las recomendaciones necesarias para realizar un estudio del tipo HAZOP para otro tipo de equipos y/o procesos.

ABSTRACT

The development of this study constitutes the application of a method of process hazard evaluation type HAZOP to an Acetylene Gas Generator. The work is about the conformation of a multidisciplinary team that interact with the whole available data in search of possible deviations that could generate some type of process safety event of big magnitudes that not only involve hurts to the workers, also they involve loss for the process and not plant operation.

The purposes of the present thesis is to identify the process hazards in the production of Acetylene, to apply a qualitative treatment of the variables at studying and to establish the necessary guidelines to apply the study in other types of processes

For it was necessary to have an approximation of the level of risk in the Acetylene Generator. Identify the principal causes that might generate deviations and to establish the measures of control for deviations identified.

It is necessary to indicate that the Acetylene Process Production not only consists of the gas generator, also of other sub-processes, as the compression of the gas, purification, etc. that are not considered in the scope of the study because the precedents of events happened in Acetylene Plants show that 90% of the process safety events were directly related to the gas generators.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS DEL ESTUDIO	2
CAPÍTULO I - MARCO TEÓRICO	3
1. Acetileno	3
1.1 Descripción	3
1.2 Aplicaciones	5
1.3 Propiedades Físico – Químicas	5
1.4 Requisitos de Seguridad	5
2. Evaluación de Peligros de Proceso	28
2.1 Definición y Aplicación de Evaluación de Peligros de Proceso	28
2.2 Fundamentos y Orígenes de la Evaluación de Peligros de Proceso	29
2.3 Definición de Accidente de Proceso	30
3. Métodos de Evaluación de Peligros de Proceso	32
3.1 Revisión de Seguridad	32
3.2 Análisis con Checklist	35
3.3 PHA – Análisis Preliminar de Peligro	36
3.4 Análisis What if	37
3.5 HAZOP - Análisis de Peligros y Operabilidad	38
3.6 FMEA - Análisis de Modos de Falla y Efectos	39
3.7 FTA - Análisis de Árbol de Fallas	40
3.8 ETA - Análisis de Árbol de Eventos	40
3.9 CCA - Análisis de Causa Consecuencias	41
4. Relación entre la Evaluación de Peligros de Proceso y el Gerenciamiento de la Seguridad de Procesos.	41
5. Descripción del método HAZOP	44
5.1 Orígenes del HAZOP	44
5.2 Definición y Alcance del método	45
5.3 Proceso de Análisis	51

5.4 Equipos de Trabajo (Miembros del Equipo, Competencias, Team Leader, Responsabilidades y Comunicación)	56
CAPÍTULO II – DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y EL PROCESO PRODUCTIVO DE ACETILENO	62
1. Descripción de la Empresa	62
2. Organización de la Empresa	65
3. Política de la Empresa	66
4. Proceso Productivo del Acetileno	69
4.1 Aspectos Generales	69
4.2 Descripción del Proceso de Producción de Acetileno	70
4.3 Generador de Acetileno – Descripción	73
4.4 Parámetros Críticos de Operación – PCOs	76
4.5 Procedimientos de Operación y Funcionamiento de la Planta	79
4.6 Checklist Operacionales	80
4.7 Sistemas de Control de la Planta de Producción de Acetileno	80
4.8 Condiciones Específicas	84
CAPÍTULO III – APLICACIÓN DEL MÉTODO HAZOP AL GENERADOR DE ACETILENO	86
1. Cronograma de Trabajo	86
2. Definición y delimitación del sistema a estudiar	87
3. Miembros del equipo	87
4. Logística de las Reuniones de Trabajo	88
5. Documentación utilizada	91
6. Resultados del HAZOP	92
7. Comunicación de los Resultados Obtenidos	95

CAPÍTULO IV – ESTABLECIMIENTO DE MEDIDAS CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS	96
1. Plan de Acción	96
2. Tiempos Estimados de Cumplimiento	96
CAPÍTULO V – CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS Y RECOMENDACIONES	98
1. Conclusiones de los Resultados Obtenidos	98
2. Recomendaciones	100
FUENTES DE INFORMACIÓN	102
ANEXOS	104
1. Referencia Normativa Internacional	104
2. Eventos de Seguridad con Generadores de Acetileno	107
3. Tablas HAZOP del Generador de Acetileno	110
4. Plan de Mantenimiento – Generador de Acetileno	115
5. P&ID del Generador de Acetileno y otros equipos	116
6. Hoja Técnica de Equipos – Generador de Acetileno	117
7. Hoja Resumen de Instrumentos – Generador de Acetileno	120
8. MSDS del Acetileno y Carburo de Calcio	122
9. Planos de Ubicación de la Planta de Acetileno	140
10. Lay - Out de la Planta	141
11. Resumen de los Procedimientos de Emergencia de la Planta de Acetileno	142
12. Distribución de Equipos de Emergencia	155
13. Registro Fotográfico de la Planta	156
14. Registro Fotográfico de Instrumentos y Accesorios de Equipos	173
15. Organigrama de la Empresa	186

INTRODUCCIÓN

La seguridad de procesos es una parte importante en las operaciones de una industria de proceso química. Reglas de seguridad mundiales en petroquímicas y la propia política de gerenciamiento de seguridad de proceso de una empresa podría requerir de un análisis de peligro de proceso para revisión de un proyecto u operaciones existentes en una planta industrial.

En el contexto internacional, los estándares para manipuleo de sustancias peligrosas establecidas en EE.UU. por la Agencia de Administración de la Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) y la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) requieren de la implementación de elementos de gerenciamiento de seguridad de procesos en casi todas las instalaciones de empresas de petróleo o química. Estos análisis de peligro de proceso son requeridos para reducir la probabilidad y/o las consecuencias de un gran incidente que tendría un impacto perjudicial a los empleados, propiedades locales o fuera de las instalaciones de la planta, el medio ambiente, y los más importante para la propia empresa, su operación y la continuidad del negocio. También debe tomarse en cuenta la reacción en contra del público en general y por lo tanto el prestigio de la empresa estaría en juego. Es ahí donde nace la necesidad del empleo de los análisis de peligros de proceso que busca identificar y evaluar situaciones de riesgo asociadas con el proceso o actividad realizada.

Para el presente estudio, se realizó un análisis de peligro de proceso del tipo HAZOP a un equipo de generación de acetileno, equipo que tiene una alta incidencia en las ocurrencias de eventos de proceso para este tipo de plantas de proceso continuo, para esto se conformó un team de trabajo multidisciplinario que en base a diversas reuniones de trabajo y con toda la documentación e informaciones relevantes realizó el análisis, que permitió identificar los desvíos en el proceso de producción de acetileno y finalmente establecer las medidas correctivas y preventivas a los desvíos encontrados.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Objetivos Generales:

- ✓ Detectar peligros de proceso presentes en la producción de Acetileno.
- ✓ Promover un estudio de análisis de riesgos, como parte fundamental en el proceso productivo de Acetileno.
- ✓ Establecer las pautas necesarias para aplicar el estudio en otros tipos de procesos.

Objetivos Específicos:

- ✓ Tener una aproximación del nivel de riesgo en el generador de la planta de Acetileno.
- ✓ Identificar los principales factores que podrían generar desvíos en el proceso de producción del Acetileno.
- ✓ Establecer las medidas de control para los desvíos encontrados.

CAPÍTULO I - MARCO TEÓRICO

“SI QUISIÉRAMOS... QUE ESE PROCESO DE TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO ESPECIALIZADO SE HAGA DE MANERA CORRECTA, ES PRECISO ABANDONAR LA IDEA DE QUE UN PERITO FUNCIONA COMO UNA MÁQUINA.”

PIERRE LEVI

1. ACETILENO

1.1 Descripción

El acetileno es un hidrocarburo cuya fórmula química $C_2 H_2$. En peso, la proporción de estos elementos asume la relación de 12 partes de carbono (92.3%) por una parte de hidrógeno (7.7%).

Es un gas a presión atmosférica y a temperatura ambiente, incoloro e inodoro, cuando es totalmente puro. El gas industrial tiene olor concentrado semejante al del ajo, debido a pequeñas concentraciones de impurezas.

Es altamente inflamable y ligeramente mas liviano que el aire tendiendo a subir y dispersarse en la atmósfera cuando no esta confinado.

Entre los compuestos que poseen carbono, el acetileno es considerado como el que tiene la más alta temperatura de llama (ver tabla 1.1 y 1.2).

Es un compuesto químicamente inestable, con tendencias a descomponerse (en estado gaseoso mediante el aumento de presión y temperatura) en carbono e hidrógeno. Cuando esto ocurre, hay una gran liberación de energía, con incremento de presión y temperatura.

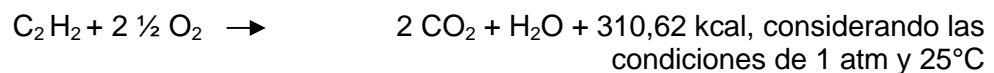
TABLA 1.1 – Temperatura x calor liberado (quema con O₂ puro)

Producto	Temperatura (°C)	Calor liberado (kj/kg)
Acetileno	3.232	48.259
Propano	2.648	46.388
Butano	2.648	45.772

TABLA 1.2 – Intensidad de combustión con oxígeno puro

Producto	Mezcla			
	Estequiometria		Llama Neutra	
	% combustible	Intensidad de combustión (Kcal/s.cm ²)	% combustible	Intensidad de combustión (Kcal/s.cm ²)
Acetileno	28.1	2.77	49	3.45
Hidrógeno	66.7	1.79	80	2.06
Metano	33.3	1.39	40	1.69
Propano	16.7	1.32	20	1.49

Siendo un hidrocarburo el acetileno se quema, generando como productos de combustión, dióxido de carbono y agua. La relación de combustión con el oxígeno es el siguiente:



La cantidad de calor desuelta durante la quema de un hidrocarburo, depende de la relación entre carbono e hidrogeno que la misma posee y la energía almacenada o perdida durante su formación. Como el acetileno absorbe calor (energía) durante su formación puede ceder mas calor durante la quema, en cantidad mayor de lo que si el carbono y el hidrogeno fuesen quemados separadamente.

1.2 Aplicaciones

Su principal utilización es para corte de metales, soldaduras oxiacetilénicas, manuales y calentamiento de metales en ambientes abiertos.

El acetileno también es utilizado para iluminación en áreas remotas, en donde no hay disponibilidad de energía eléctrica, tales como bollas, faros y servicios similares. En estos casos se utiliza el acetileno de absorción atómica (grado especial).

El acetileno tiene aplicaciones como materia prima para una extensa gama de compuestos orgánicos, tales como acetaldehído, ácido acético, anhídrido acético y acetona, también pudiendo ser utilizado en la producción del negro de humo. Estos productos, pueden ser utilizados en la fabricación de diversos otros productos entre ellos, plásticos, caucho sintético, colorantes, productos farmacéuticos y solventes.

El acetileno, cuando es utilizado para soldaduras y cortes, presenta las siguientes ventajas sobre otros gases comunes:

- a) Consume menos oxígeno en las soldaduras oxiacetilénicas;
- b) Capacidad de concentrar la llama en un único punto, produciendo mayor velocidad de reacción;
- c) Calienta más rápido;
- d) Genera temperaturas más elevadas que otros gases;
- e) Libera menos agua.

1.3 Propiedades Físico – Químicas

Las propiedades físico - químicas del acetileno están indicadas en la tabla 1.3.

1.4 Requisitos de seguridad

1.4.1 Acondicionamiento

La inestabilidad química del acetileno crea un serio obstáculo para el transporte y almacenaje del producto. Por ello el método más seguro de acondicionamiento del producto es a través de un cilindro de acero, con masa porosa interna saturada con solvente.

TABLA 1.3 – Propiedades físico - químicas del acetileno

Peso molecular	26,038
Masa específica (21°C / 1 atm.)	1,078 kg/m ³
Densidad relativa (aire atmosférico = 1) (21°C / 1 atm.)	0.900
Punto de ebullición (69 kpa)	-75 °C
Punto de fusión (1 atm.)	-81.8 °C
Punto triple	-82,2 °C a 122 kPa (abs.)
Calor latente de vaporización en el punto de ebullición	810kJ/kg
Calor latente de fusión (a -81°C)	96,67 kJ/kg
Calor específico (15°C / 1atm.) (1)- cp	1.6kJ/(kg)(°C)
Calor específico (15°C / 1atm.) (2)- cv	1,27kJ/(kg)(°C)
Poder calorífico inferior (25°C / 1atm.)	48,257 kJ/kg
Poder calorífico superior (25°C / 1atm.)	50,011kJ/kg
Temperatura crítica	36,0 °C
Presión crítica	6,250kPa (abs.)
Densidad crítica	231 kg/m ³
Limites de inflamabilidad en el aire (21°C / 1atm.)	2 a 82 % (v/v)
Limites de inflamabilidad en el oxígeno (21°C / 1atm.)	2 a 93 % (v/v)
Temperatura de llama en el aire	2,632 °C
Temperatura de llama en el oxígeno	3,120 °C
Temperatura de auto - ignición en el aire (1atm.)	305 °C
Temperatura de auto - ignición en el oxígeno (1atm.)	296 °C

(1) En presión constante

(2) En volumen constante

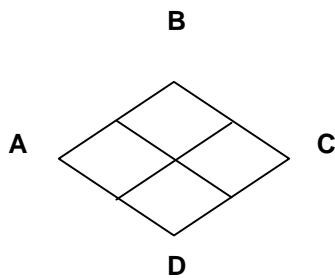
1.4.2 Clasificación del riesgo y datos informativos:

- a) Clasificación ONU (ABNT-NBR 7500): 2
- b) Símbolo de riesgo: inflamable;
- c) Numero ONU (ABNT-NBR 7502): 1001;

Por ser un gas inflamable, el acetileno debe recibir cuidados especiales en cuanto al manejo, producción y transporte.

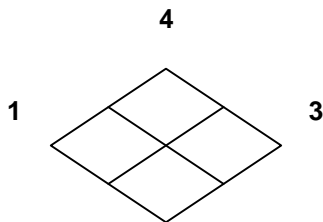
La NFPA (National Fire Protection Association, Hazardous Chemical Data - ítem 49 y Manual Hazardous Chemical Reactions – ítem 491M), a través de la simbología internacional, emplea un cuadrilátero dividido en cuatro partes, para representar el grado de peligro del producto y los procedimientos de emergencia a ser adoptados conforme la siguiente ilustración:

El significado de tales clasificaciones están descritas a continuación:

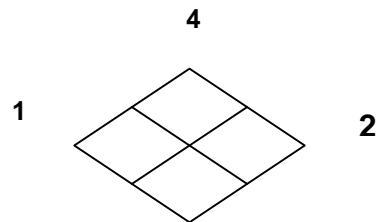


<p>A = En relación con la salud</p> <p>B = En relación con la inflamabilidad</p> <p>C = En relación con la reactividad</p> <p>D = Criterio utilizado solamente cuando el agua y oxidantes puedan generar condiciones peligrosas.</p>
--

De esta forma, para el acetileno dos clasificaciones son adoptadas:



Acetileno cuando no está disuelto en acetona, en cilindros



Acetileno disuelto en acetona

El significado de tales clasificaciones esta descrito a continuación:

Riesgos en relación con la salud (1)

Para ambos casos, el producto es levemente peligroso a la salud.

Utilice equipos de protección individual (EPI) adecuados para el manejo.

Riesgo en relación con la inflamabilidad (4)

Es un gas muy inflamable y que forman mezclas explosivas cuando está disperso en el aire.

Interrumpa el flujo de gas, y mantenga fría las áreas expuestas adyacentes.

Relación a la reactividad para el acetileno no disuelto (3)

Es un producto sujeto a deflagración o detonación, y requiere para esto un fuente de ignición o calentamiento antes del inicio de la reacción. También son sensibles a choques mecánicos o térmicos.

El combate al fuego debe ser realizado de forma que no se exponga al brigadista/bombero.

Relación a la reactividad para el acetileno disuelto en acetona (2)

Es un producto que de por sí es normalmente inestable y que rápidamente cambia su estado químico mas no detona.

El producto, al transformarse químicamente, tiene rápida liberación de energía a presiones de temperaturas normales o un violento cambio químico en elevadas presiones y temperaturas.

El combate al fuego debe ser realizado de forma que no se exponga al brigadista/bombero.

1.4.3 Toxicidad y efectos fisiológicos

El acetileno no tiene efectos tóxicos en el cuerpo, puede causar asfixia por la sustitución de oxígeno en el aire, siendo levemente anestésico y tiene la capacidad de actuar en las contracciones musculares.

El acetileno industrial contiene determinadas impurezas, que son compuestos muy tóxicos tales como, fosfina y gas sulfhídrico, mas estos aparecen en cantidades pequeñas, el punto de vista de riesgo a la salud.

1.4.4 Reacciones químicas de acetileno con otros productos químicos

El acetileno, debido a sus propiedades físicas y químicas puede presentar peligro al reaccionar con otros productos químicos, en condiciones establecidas. Los principales productos, cuyo contacto con el acetileno no es recomendable, están indicados en la tabla 1.4.

TABLA 1.4 – Reacciones químicas de acetileno con otros productos

PRODUCTO	FORMULA	COMENTARIOS
Bromo	Br ₂	Puede reaccionar explosivamente
Hidrato de Celso	CS ₂ O	En presencia de humedad o Hidrato de celso reacciona fuertemente, así mismo a –60°C. Cuando está seco, ninguna reacción ocurre debajo de 42°C.
Cloro	Cl ₂	Puede reaccionar explosivamente.
Cobalto	Co	El cobalto “pirofórico” descompone al acetileno en temperaturas frías y el metal se torna incandescente.
Cobre	Cu	Los acetilenos inestables son formados cuando el acetileno se pasa por cobre que haya sido calentado lo suficiente para formar una película de oxido. La presencia de acetileno húmedo y amoniaco, cobre y latón con concentraciones de cobre establecidos, puede reaccionar rápidamente formando acetilenos explosivos.
Sales de Cobre		Muchas sales de cobre forman acetilenos peligrosos. El acetileno de cobre formado en soluciones cáusticas o amoniacales con sales de cobre y acetileno, son mas explosivos que aquellos derivados de sales cuprosas
Flúor	F ₂	Puede reaccionar violentamente
Yodo	I ₂	Puede reaccionar violentamente
Nitrato Mercurio	[Hg(NO ₃) ₂]	El acetileno forma un acetileno sensible cuando es pasado en solución acuosa de nitrato de mercurio.
Sales de Mercurio		Las sales de mercurio producen acetilenos de soluciones amoniacales por el mismo camino de las sales de cobre. Los acetilenos secos son extremadamente sensibles y violentos.
Acido Nítrico	HNO ₃	El ácido nítrico concentrado en acetileno produce trinito-metano, que se funde a 15°C y es explosivo en estado líquido.
Potasio	K	El potasio fundido se inflama en acetileno
Hidrato de Rubidio	RbH	Si la humedad estuviese presente, los hidratos de rubidio reaccionan fuertemente con acetileno, así mismo a –60°C.

Plata	Ag	Como insoluble, el acetileno puede ser formado con la plata
Sales de plata		Las sales de plata producen acetilenos y soluciones amoniacales, por los mismos caminos de las sales de cobre y mercurio
Nitrato de Plata e Hidróxido de Amoniac	AgNO ₃ y NH ₄ OH	El acetileno de plata es formado en precipitaciones de una solución amoniacal de nitrato de plata con acetileno. El acetileno de plata es altamente explosivo en estado seco. Nota: No representa peligro en las soluciones de nitrato de plata utilizadas en las fábricas de acetileno, debido a la ausencia de amoniac y bajo contenido de AgNO ₃ en la solución (menor o igual a 5%).
Hidrato de Sodio	NaH	Si la humedad estuviera presente, la reacción entre hidrato de sodio y acetileno seria fuerte, así mismo a -60°C.

1.4.5 Explosividad

Cuando se toman las precauciones necesarias, el acetileno puede ser utilizado y manejado con seguridad. El acetileno puede explotar en las siguientes condiciones:

- Cuando es mezclado con ciertas cantidades de aire u oxígeno. Esta es una característica de todos los gases inflamables;
- El acetileno gaseoso, al contrario de la mayoría de los hidrocarbonatos en este estado, se puede descomponer explosivamente cuando está sujeto a una fuente de ignición, asimismo no estando mezclado con aire u oxígeno.
- El acetileno licuado es violentamente explosivo, por lo cual puede ser detonado con un choque.

1.4.6 Licuefacción

El acetileno pasa a un estado líquido cuando es sometido a una temperatura por debajo de su temperatura crítica (36°C), con aplicación de suficiente presión, conforme a lo indicado en la figura 1.1 y la tabla 1.5.

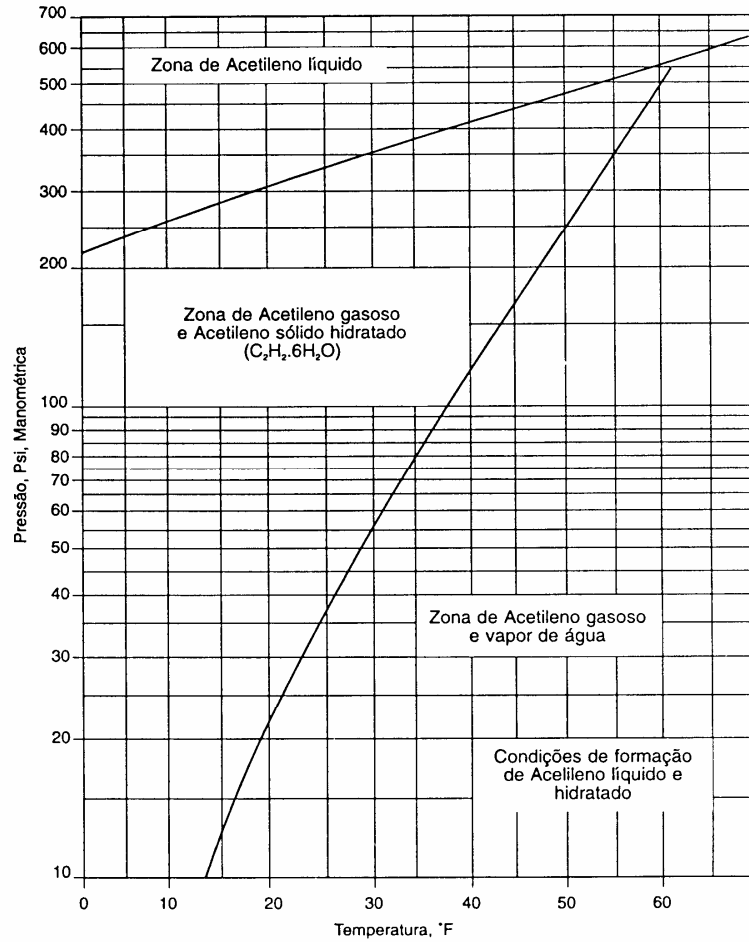


Figura 1.1 - Diagrama de Cambio de Fases del Acetileno

Tabla 1.5 – Correlación entre temperatura y presión máxima para evitar la licuefacción del acetileno

TEMPERATURA (°C)	PRESION MAXIMA	
	(barg)	(psig)
-20	14.1	204.5
-19	14.5	210.3
-18	15.0	217.6
-17	15.5	224.8
-16	15.9	230.6
-15	16.4	237.9
-14	17.0	246.6
-13	17.5	253.8

TEMPERATURA (°C)	PRESION MAXIMA	
	(barg)	(psig)
-7	20.9	303.1
-6	21.5	311.8
-5	22.1	320.5
-4	22.8	330.7
-3	23.4	339.4
-2	24.1	349.5
-1	24.8	359.7
0	25.5	369.8

-12	18.0	261.1
-11	18.6	269.8
-10	19.1	277.0
-9	19.7	285.7
-8	20.3	294.4

1	26.2	380.0
2	26.9	390.2
3	27.6	400.3
4	28.3	410.5
5	29.1	422.1

Nota: La tabla 1.5 fue obtenida a partir del diagrama de la figura 1.1.

Al alcanzar 27.6 bares (400 psig) los equipos de compresión deben tener cuidado para evitar la formación de acetileno líquido.

El líquido es muy inestable y posee una gran cantidad de energía la cual puede ser liberada con violencia explosiva.

El acetileno líquido es un fluido incoloro. Es uno de los líquidos más leves, entre los conocidos (densidad 0.4 con relación al agua).

En algunas fábricas, particularmente las plantas situadas en regiones con temperaturas de ambiente más frío, las partes de tuberías expuestas a estas condiciones, es necesario que se mantengan a dichas presiones, rigurosamente dentro de los límites correspondientes normalizados. Es necesaria la utilización de termómetros para así medir estas temperaturas en los puntos más fríos de las fábricas.

El acetileno solidificado también se descompone con violencia explosiva. Por esta razón, su formación debe ser evitada.

1.4.7 Acetileno hidratado

El acetileno gaseoso puede formar acetileno sólido hidratado ($C_2H_2 - 6H_2O$), resistiendo en el agua en condiciones de temperatura y presión (ver figura 1.1). La formación de este compuesto en las tuberías de alta presión puede provocar una obstrucción en el corta-llamas, disco de válvulas de barril ligadas a pequeños diámetros, manómetros y válvulas de alivio para impedir la formación de acetileno sólido hidratado o acetileno a alta presión se debe tener en cuenta:

- a) Tenerlo seco en cuanto sea posible, para reducir la temperatura a la cual el hidrato se forma;

- b) La temperatura del acetileno debe ser mantenida encima de la temperatura, correspondiente a presión de deformación en la que se puede formar gas saturado con agua.

1.4.8 Polimeración

Las moléculas del acetileno son capaces de reaccionar con otras moléculas del propio acetileno, para formar grandes moléculas de hidrocarbonatos. Estas reacciones son conocidas como Polimeración. Es realizada por calor u otra forma de energía radiante o catalítica. Los materiales formados dependen de las condiciones y variantes de gases, líquidos y sólidos. Temperatura del orden 121°C o más bajas no altera la baja presión con la presencia del catalizador son suficientes para iniciar la reacción de Polimeración el peligro es que la Polimeración normalmente libera calor y puede por lo tanto conducir a ignición y descomposición explosiva de acetileno si las condiciones lo permite.

1.4.9 Acetiletos o Acetilenetos

Cuando el acetileno está unido e impuro puede formar acetiletos con cobre, plata o mercurio estos compuestos producen saltos durante la manipulación y pueden actuar como una fuente de ignición. Las conexiones de cobre deben ser utilizadas con cuidado ya que ellas con concentraciones del 65% de cobre deben ser prohibidas para uso con acetileno. Los filtros por donde pase el acetileno por penetración y no por contacto deben ser totalmente libres de cobre. Los acetiletos formados a partir del contacto con determinados metales (cobre, plata y mercurio) pueden explotar por impacto. A pesar que las cantidades formadas fuesen pequeñas y el poder explosivo bajo ella constituye un peligro por sí misma si exploran dentro del recipiente conteniendo acetileno sobre presionado se obtiene temperaturas suficientemente altas para que se inicie la descomposición del acetileno, esto normalmente ocurre cuando fragmentos de acetiletos se desprenden de la parte interna de los tubos y entran en contacto con el acetileno.

Los acetiletos de cobre, con las mismas condiciones poca humedad puede formar consecuencias de contacto prolongado de cobre metálico con el acetileno, particularmente la superficie de metal está corroída. Para controlar la concentración de cobre en las uniones metálicas (menor o igual al 65%) la

película de acetileno formara una fina capa de metal no produciendo fallas por fricción o contacto el acetileno de plata tiene un poder explosivo mucho mayor pudiéndose formar a partir de las sales de metal en contacto con el acetileno. Depósitos explosivos se pueden formar en soldadura de plata expuestos en contacto con el acetileno.

Los acetiletos de mercurio son también complejos explosivos que se forman por la solución de sus sales de mercurio con acetileno, mas no se forman directamente del mercurio metálico con el acetileno lo mismo en presencia de ácidos diluidos.

1.4.10 Temperatura en condiciones de descomposición/ignición

Dentro de los varios factores que afectan la temperatura de descomposición de acetileno o de mezclas de acetileno/aire y acetileno/oxígeno, destacan:

- a) Composición de mezcla
- b) Presión;
- c) Contenido de vapor de agua;
- d) Temperatura inicial.

La temperatura en el cual un recipiente o material sólido debe ser calentado, para provocar la descomposición del acetileno puro es generalmente mayor que la requerida para inflamar la mezcla acetileno/oxígeno o acetileno/aire. Esta temperatura depende en gran parte del material, recipiente o sólido.

Las temperaturas de descomposición/ignición están indicadas en las tablas 1.6, 1.7, 1.8 y 1.9 y la figura 1.2.

TABLA 1.6 – Temperatura de descomposición/ignición

Acetileno puro	643°C (en tubo de cuarzo)
Acetileno/aire	332°C a la presión atmosférica. Un aumento de presión, disminuye la temperatura requerida para la ignición (1 barg- 305°C)
Acetileno/oxígeno	296°C a presión atmosférica

TABLA 1.7 – Temperatura de ignición en la mezcla de acetileno/aire

Acetileno (% vol.)	Temperatura (°C)			
	0 barg	0.35 barg	0.7 barg	1 barg
70	330	325	316	307
80	331	32	32	515
84	340	330	325	320
88	419	415	410	406
91	576	548	525	515
95	590	558	537	524
100	632	582	550	538

TABLA 1.8 – Temperatura mínima de ignición en la mezcla de acetileno/aire

Acetileno (% vol.)	Temperatura (°C)
7.15	470
9.75	435
14.24	380
22.62	315
30.58	305
37.05	305
38.40	305
52.00	312
60.40	310
68.00	305
74.40	305

TABLA 1.9 – Temperatura mínima de ignición en la mezcla de acetileno/oxígeno

Acetileno (% vol.)	Temperatura (°C)
70.7	297
81.6	296
86.7	296
1.1	306

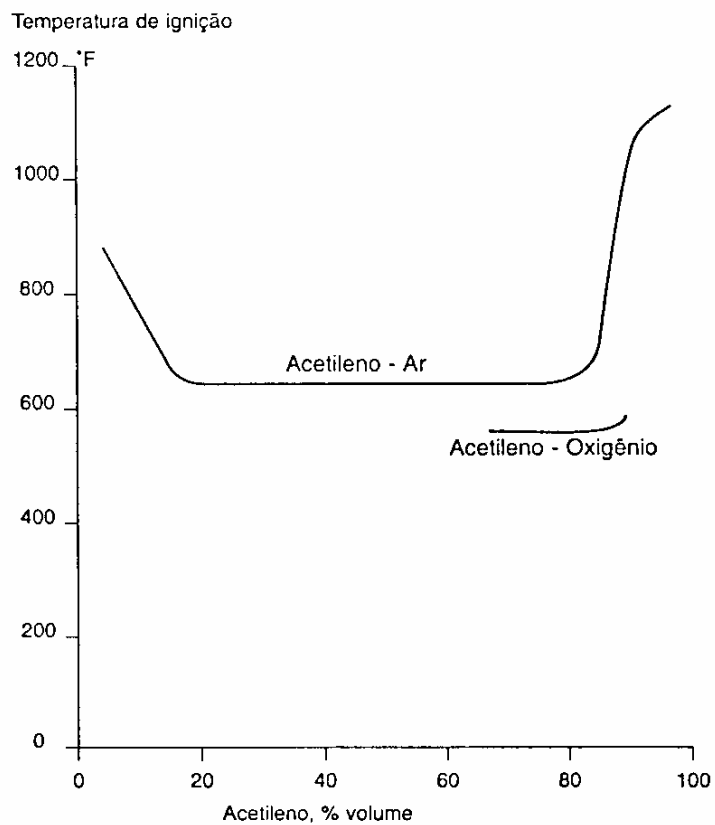


Figura 1.2 – Temperaturas de Ignición

Nota: La presión inferior o igual a la cual el acetileno no puede sufrir ignición no está determinada, mas depende siempre del tamaño del recipiente, del tipo de ignición, de la temperatura del gas y de la presencia de un gas inerte o de oxígeno. En experiencias sucedidas, el acetileno hizo ignición en presiones tan bajas como la atmosférica, por el calentamiento de la pared de una tubería de acetileno de 150 mm de diámetro. En general tubos menores requieren presiones mayores para la ignición, mas las curvas relacionadas con la ignición, basadas en presión por diámetro no son muy bien definidas.

1.4.11 Límites de inflamabilidad

Estos límites dependen de la dirección de propagación de la llama, temperatura del gas encima de todo del diámetro del recipiente.

Los límites de inflamabilidad indicadas en la tabla 1.10 están expresados en volumen porcentual a presión atmosférica y temperatura ambiente.

TABLA 1.10- Límites de inflamabilidad

Límites de inflamabilidad (%)				Calor de combustión (KJ/kg)	
Del Aire		En Oxígeno			
Inferior	Superior	Inferior	Superior	Alto	Bajo
2.5	82.0	2.5	93.0	49.952	48.260

1.4.12 Fuentes de ignición

Las fuentes de ignición son las siguientes:

- a) Fallas eléctricas
- b) Descargas estáticas
- c) Calor de impacto
- d) Calor de fricción
- e) Calor externo o llamas abiertas
- f) Recomposición del gas
- g) Llenado en alta velocidad
- h) Acetilatos de cobre, plata y mercurio.

1.4.13 Descomposición del acetileno

La descomposición del acetileno en sus elementos carbono e hidrógeno, puede ser iniciada por la adición de calor. Cuando el acetileno se descompone su composición puede variar de forma diferente.

Ocasionalmente la presión aumenta de manera suave, pero con mayor frecuencia la presión resultante de descomposición alcanza un nivel muchas veces mayor que la presión inicial. El acetileno algunas veces se comporta diferentemente debido a su onda de descomposición del gas por ser muy sensible a estos tipos de ignición y los pequeños cambios de las condiciones generales, particularmente la presión del gas, proporciones y emisiones del recipiente.

1.4.13.1 Explosión

Una explosión es un proceso de quema que es caracterizado por un aumento rápido de la presión. El acetileno puede explotar por deflagración o por detonación, o también primero por uno y después por el otro.

1.4.13.2 Deflagración

Una deflagración es una explosión a presión constante debido a que se propaga a velocidad relativamente baja, las reacciones que provoca una deflagración son idénticas a las de una combustión, pero la llama se propaga en el gas no quemado a una velocidad comprendida entre 1 m/s y la velocidad del sonido.

Teóricamente, durante la deflagración el volumen constante entre 1 a 5 atmósferas sin pérdida de calor, la presión aumenta de 11.5 a 12 veces en relación con la presión inicial.

La presión mínima del acetileno en la cual la llama de deflagración puede ser propagada a través de un tubo largo de cualquier diámetro es representada por la curva inferior de las figuras 1.3 y 1.4.

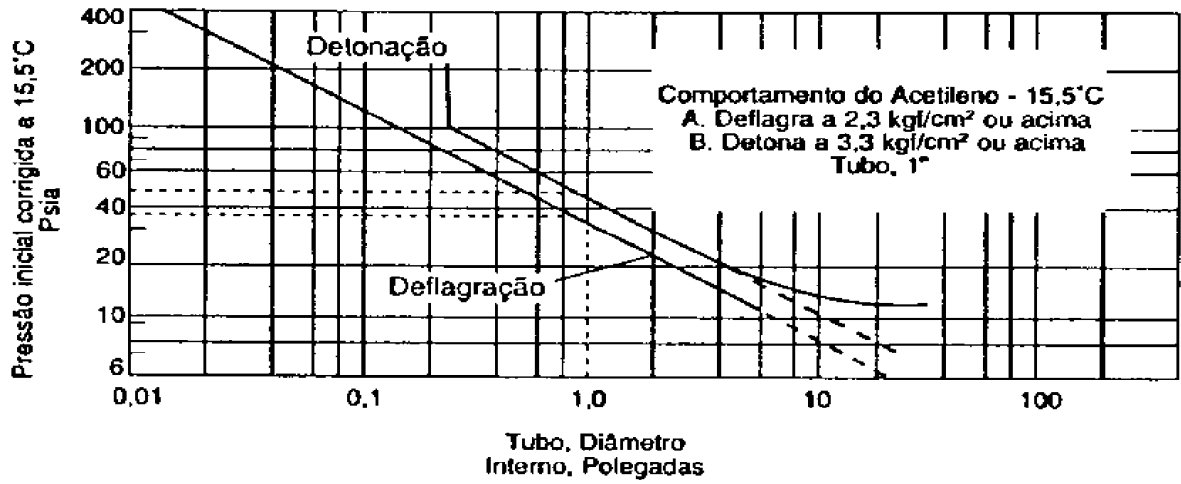


FIGURA 1.3 - Comportamiento del Acetileno - Presiones de deflagración y detonación

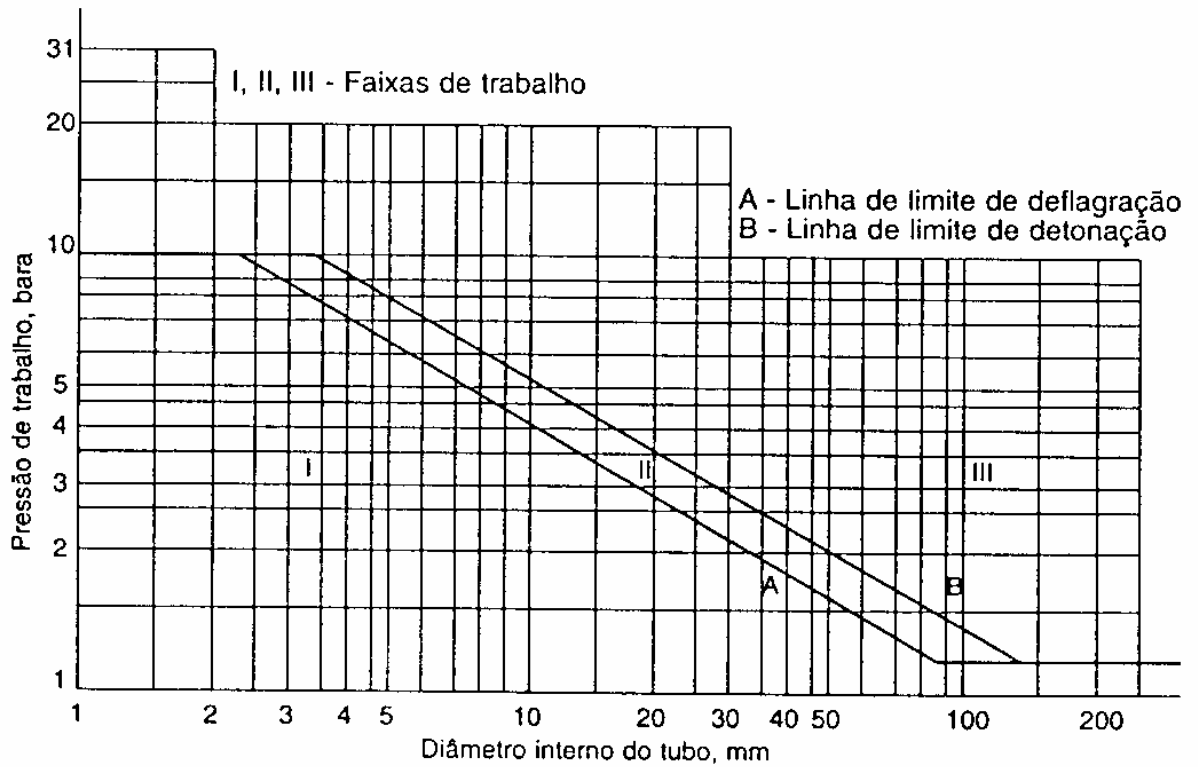


FIGURA 1.4 - Comportamiento del Acetileno - Límites de deflagración y detonación

1.4.13.3 Detonación

En la detonación, la llama se propaga a través del gas no quemado a una tasa mas rápida que la velocidad del sonido. Usualmente, esta tasa es muchas veces mayor que la velocidad del sonido o algunos millares de metros por segundo. Una acentuada diferencia de presión entre los gases quemados y no quemados separados por el frente de detonación. En un instante dado el acetileno no quemado enfrente de la detonación tendrá una presión que corresponde a un momento de ignición de la detonación. En este mismo instante la presión del gas quemado es aumentada debido al calorío del agua la presión del frente de detonación será aun mayor.

Tal acción es diferente a la deflagración, acorde a la presión los volúmenes de gases quemados y no quemados aumenta al mismo tiempo. La presión desarrollada por una detonación pura con acetileno es considerada aproximadamente 50 veces a la presión inicial.

La máxima presión de operación de fabricación de acetileno de 27.6 barg, una detonación podría resultar por una presión aproximadamente de 1.334 barg. Por esta razón las tuberías de alta presión son proyectadas y construidas dentro de rígidas especificaciones

1.4.13.4 Cascading (Deflagración - Detonación)

Un efecto conocido como “cascading” (o acumulación de presión). Puede ocurrir en un tubo que es ligeramente mas largo que el mínimo requerido para la detonación. Durante la primera fase de explosión, la llama se propaga como una deflagración. Desde que la llama se mueve a velocidades mas bajas que la del sonido, la presión desarrollada es igualada a través del recipiente. La segunda fase se inicia cuando la deflagración cambia a detonación, después hace que la llama se mueva a una velocidad supersónica y la presión desarrollada no es igualada. Desde que la detonación se divide en la porción de gas que ya fue comprimida por la fase de deflagración, la presión resultante es mayor de lo que seria si la detonación hubiese sido formada inmediatamente en el gas a su presión original.

Una descomposición por “cascading” puede producir una presión final mucho mas alta que una deflagración o detonación separadas, si una gran porción de gas fuese descompuesta durante la fase de deflagración.

La presión final puede ser estimada por medio de las figuras A.3 y A.4, si la razón entre la distancia de predetonación y la longitud del tubo es conocida (la distancia de predetonación es la distancia recorrida por la llama es descomposición, desde el punto de origen hacia el punto de detonación). Por ejemplo, suponiendo que la llama se propague como una deflagración durante 8/10 de la longitud del tubo y, enseguida, se torne una detonación y continúe hasta el final del tubo. Por la figura A.3, se estima que la onda de choque reflejada en el final del tubo desarrolle 179 veces la presión inicial- muchas veces mayor que en una deflagración o detonación pura.

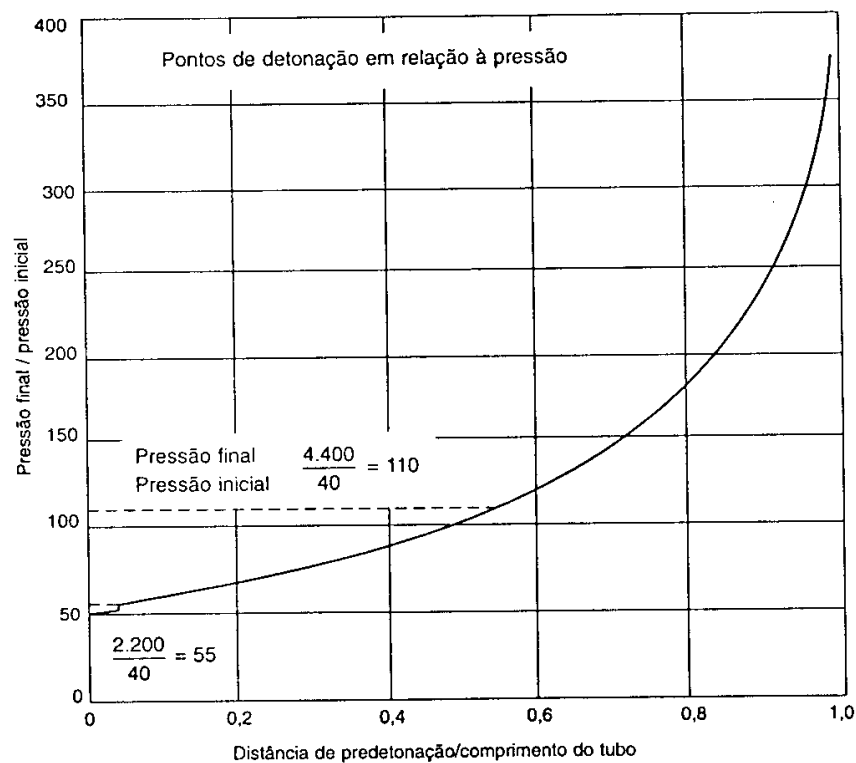


FIGURA 1.5 - Pontos de detonação

La curva superior de la figura 1.5 muestra la presión mínima de acetileno requerida para que una deflagración pase a una detonación en un tubo largo de cualquier diámetro.

Por la figura 1.6, se puede tener una idea general de las distancias de predetonación del acetileno en diferentes presiones. Las líneas horizontales muestran las presiones mínimas requeridas para la detonación en tubos con diferentes diámetros.

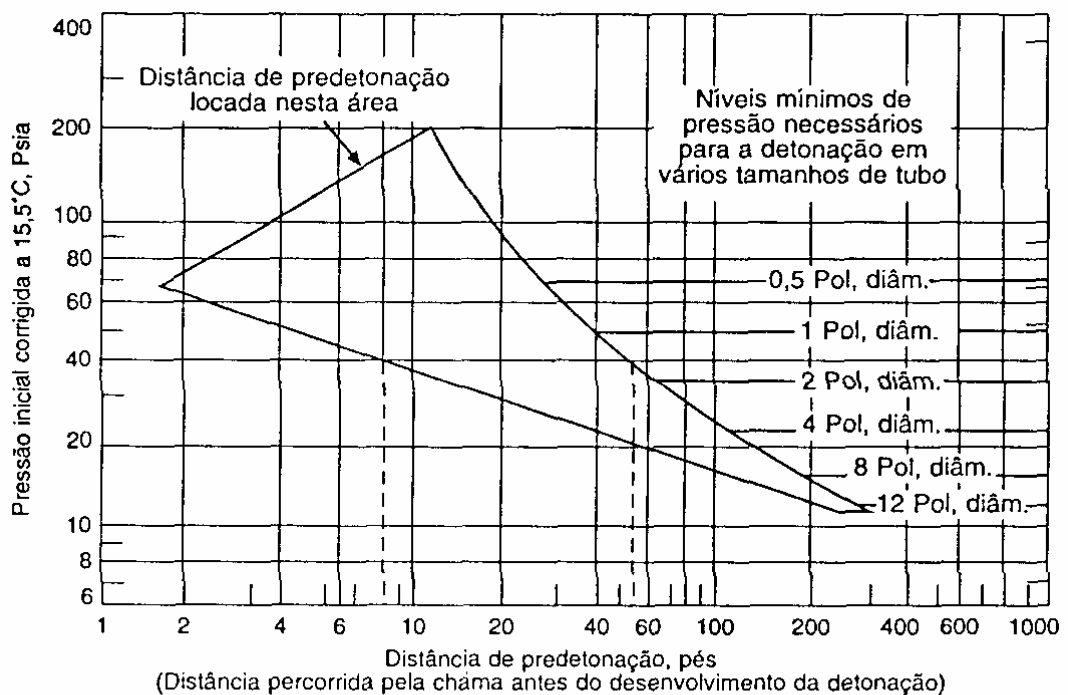


Gráfico orientativo "Deflagração-Detonação"
em função do diâmetro interno do tubo e da pressão de trabalho

FIGURA 1.6 – Niveles mínimos de presión necesarios para detonación en varios tamaños de tubos

Nota: Cuando sufre ignición por encima de una presión mínima de 2.76 bar abs. (40 psia), dentro de un tubo largo con 1 ½" de diámetro o mayor, el acetileno detonará en algún punto situado entre 2.4 m (8 pies) y 16.7 m (55 pies) del punto de ignición, conforme lo mostrado en la figura A.6. Para tubo de 30.08 m (100 pies) de longitud, esta distancia de predetonación indica conforme lo demostrado en la figura A.5 y A.6, que

para estas condiciones, la presión final resultante de la detonación en un tubo largo caerá dentro de la faja de 151.7 barg (2,200 psi) y 303,4 barg (4,400 psi), ósea, habrá un incremento del 75 a 100 veces de la presión inicial.

1.4.13.5 Auto - condensación Térmica

A una atmósfera o menos (excepto sobre ciertas condiciones especiales), la descomposición del acetileno no es auto-sustentable, mas el acetileno se puede polemizar rápidamente con reacciones de condensación a 400°C, o mas, o hasta si mismo en bajas temperaturas en contacto con catalizadores. Entre 700-800°C y por encima ocurre la ruptura de la cadena carbono – hidrogeno, juntamente con el metano y otros hidrocarburos, haciendo que estos productos se originen a través de un mayor complejo de condensación de los productos inicialmente formados. Es posible que las mismas condiciones en las llamas o explosión la disociación definitiva del carbono e hidrógeno ocurran por caminos de este tipo que directamente.

1.4.13.6 Impurezas

La presencia de impurezas debe ser considerada como un factor que contribuye al aumento de la posibilidad de ocurrencia de eventos iniciadores de accidentes. La fosfina (pudiéndose presentar como PH₃, pudiendo ser incluido parte como P₂H₄) reduce la temperatura de ignición de mezclas aire-acetileno. En niveles de 4% de fosfina en el acetileno se puede reducir la temperatura entre 300°C y 400°C, para valores cercanos de 200°C.

1.4.13.7 El efecto de gases diluyentes

Aparentemente, con una misma dilución elevada, no es posible que se evite completamente el peligro de explosión al ser procesado acetileno de alta presión. Si estas explosiones en cierta falla de dilución son mas fácilmente restringidas, y es que la detonación ocurra, lo mismo con apreciable dilución, si la razón entre la compresión y el diámetro de tubo para elevarla suficientemente. Si la detonación ocurre teniendo nitrógeno como diluyente, la presión final a partir de una presión parcial de acetileno, será mas alta que aquella alcanzada sin la presencia de nitrógeno.

1.4.13.8 Soluciones de acetileno en acetona

Las soluciones de acetileno en acetona con presiones de hasta 10atm no se descomponen por fuentes de calor aplicadas en el líquido o en la fase gaseosa por encima del líquido: una explosión solo envuelve el gas por encima del líquido excepto cuando una chispa de platina incandescente ha sumergido en el líquido, o que provoque la liberación de acetileno disuelto en este, debido al calor aplicado, siendo esta la única razón de aumento de presión, además del transcurrido de la explosión de fase gaseosa inicial. Esta presión final esta apenas cerca de las veces aquellas resultantes de las explosiones simples de la fase gaseosa original. Las presiones por encima de 10atm las soluciones inmediatamente explotan.

La parte de la fase líquida envuelta cuando esta por encima del gas de la explosión puede ser determinada en términos de causa entre el carbono total formado y el carbono formado por la descomposición del acetileno originalmente formando la fase gaseosa.

El calor liberado en la descomposición del acetileno, 53.7kcal/mol (un poco menos que el calor de formación de $2C + H_2$, porque hay reacciones laterales en la descomposición), es reducido a 53.0kcal/mol por la presencia de vapor de acetona, ya que la acetona es endotérmicamente descompuesta en $CH_4 + CO + C_2H_4$. Para soluciones de acetona de 40g de acetileno por kilo de solvente, el calor liberado esta cerca solamente de 40kcal/mol de acetileno descompuesto. El acetileno disuelto es convertido principalmente en metano y para cada mol descompuesto, cerca de $\frac{1}{2}$ mol de acetona es descompuesto para formar monóxido de carbono apreciable conversión de acetona en otros productos.

La descomposición en la fase gaseosa sobre la solución es completada en términos de mseg. y es únicamente comunicada en la fase líquida luego de un considerable atraso, representando por el tiempo tomado para que el calor generado libere el acetileno de la solución, La descomposición completa puede ocurrir en hasta 100 seg.

La presión, por tanto, alcanza un máximo, debido a la explosión de la fase gaseosa, en tal caso (cuando la concentración excede 200 g/kg, o sea 7atm y 15°C) pasa a través de un mínimo y enseguida alcanza un segundo máximo,

decaendo a un valor final. La acetona se descompone conforme lo mostrado en la siguiente ecuación general:



1.4.14 Fugas de Acetileno

Todos los cuidados deben ser tomados de manera de evitar las fugas de acetileno, que puedan ocasionar las siguientes situaciones:

- a) Pérdida de gas;
- b) Formación de mezclas explosivas;
- c) Ignición por calor de fricción en caso de vaciamientos en altas velocidades.

Las pérdidas del gas aumentan al nivel de trabajo y los costos de producción de las fábricas a la cantidad del gas comprimido por kilo de carburo usado.

Dependiendo de las proporciones de concentración en el aire atmosférico, el acetileno puede sufrir ignición.

Las aberturas de válvulas de cilindros y de componentes de proceso deben ser hechas obligatoriamente de forma lenta y cuidadosa. La abertura de la válvula del cilindro, sin estar conectado al sistema de regulación de presión, puede permitir altas velocidades del gas, que puede sufrir ignición por el calor generado por la fricción del gas en la salida de la válvula.

Las pruebas de fugas, tanto en cilindros como en tuberías, deben ser realizadas con regularidad, utilizándose espuma de jabón convencional. Las pruebas en cilindros deben ser hechas en varias etapas de operación en los siguientes puntos:

- a) En fusibles de tapa y fundas (el mismo que sean apenas ciegas en los fondos de los mismos)
- b) Válvulas (en todas sus partes);
- c) Soldadura de cilindros (principalmente cuando fueran cilindros nuevos).

En caso de fugas en tuberías y accesorios, la primera disposición es interrumpir el flujo de gas en el punto más próximo y corregirlos. Deben ser realizadas pruebas periódicas con las líneas presurizadas con el propio acetileno o nitrógeno. En caso de mantenimientos, los sistemas deben ser probados.

Propiedades físicas y termodinámicas del acetileno

TABLA 1.11

Presión de Vapor	Temperatura (°C)	Presión (°C)
(Hielo Seco) (Punto de ebullición de propano)	-115	0.067 (sólido)
	-95	0.413 (sólido)
	-84	1.012 (sólido)
	-82	1.212 (sólido y liquido)
	-79	1.419 (liquido)
	-42	4.823
	17	16.192
	3	28.594
	11	35.484
	36	62.702 (punto critico)

TABLA 1.12 – Calor Específico y volumen constante

C_v Calor Especifico en el volumen constante kcal/kg °C				
TEMP (K)	PRESION (bar)	0.1	0.5	1.0
273		0.311	0.312	0.313
280		0.316	0.316	0.317
290		0.322	0.323	0.323
300		0.329	0.329	0.329
310		0.335	0.336	0.336
320		0.341	0.342	0.343

TABLA 1.13 – Calor Específico y presión constante

C_p		Calor Específico y presión constante kcal/kg °C		
TEMP (K)	PRESION (bar)	0.1	0.5	1.0
273		0.387	0.389	0.391
280		0.391	0.393	0.395
290		0.397	0.399	0.400
300		0.403	0.405	0.407
310		0.409	0.411	0.412
320		0.415	0.417	0.418

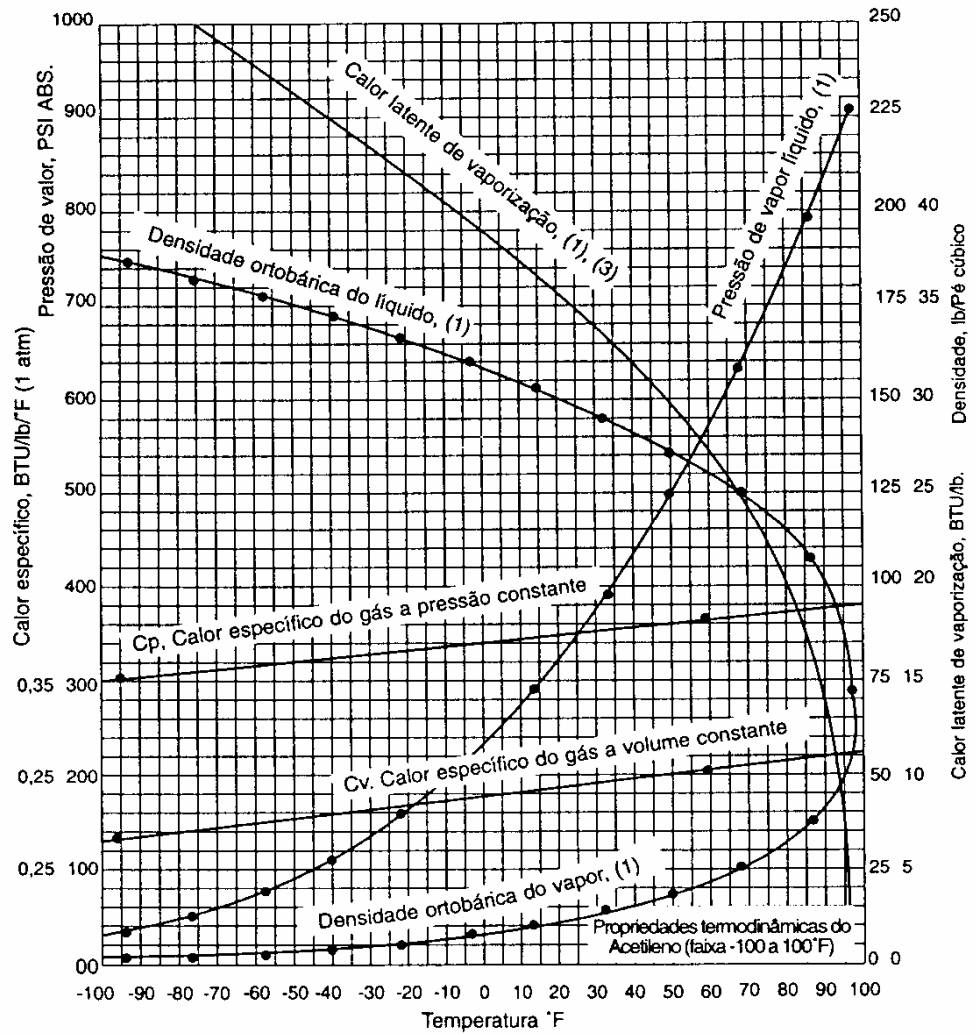


FIGURA 1.7 - Propiedades Termodinámicas del Acetileno

2. EVALUACION DE PELIGROS DE PROCESO

2.1 Definición y Aplicación de Evaluación de Peligros de Proceso

Existen diversas definiciones de peligro, pero de acuerdo al ámbito de nuestro estudio un peligro es una característica inherente física o química que tiene el potencial para causar daño. Un estudio de evaluación de peligro es un esfuerzo organizado para identificar y analizar la importancia de situaciones peligrosas asociadas con un proceso o una actividad, estos estudios son usados para señalar las debilidades en el diseño y la operación de las instalaciones que podrían permitir derrames de sustancias químicas, fuegos, y/o explosiones u otros incidentes de proceso y además proveen a las organizaciones de la información necesaria que ayuda a mejorar la seguridad y manejar el riesgo en sus operaciones.

Los estudios de evaluación de peligros de proceso por lo general están enfocados en temas de seguridad de proceso, como los efectos agudos de derrames imprevistos y/o fugas de sustancias químicas que afecten al personal de planta o a público ajeno al proceso productivo de la planta (contratistas, visitantes, terceros, etc.). Estos estudios complementan las tradicionales actividades de salud y seguridad industrial, como la protección contra resbalones o caídas, empleo de equipo de protección personal, monitoreo para determinar la exposición de los trabajadores a sustancias químicas, etc.

Muchas técnicas de Evaluación de Peligros de Proceso también pueden ser usadas para satisfacer necesidades relacionadas (ejemplo, la operabilidad, intereses económicos y ambientales). Aunque la Evaluación de Peligros de Proceso utilice típicamente métodos cualitativos de analizar potenciales fallos de equipos y los errores humanos que pueden conducir a accidentes, los estudios también pueden destacar desvíos en los sistemas de gestión de los programas de seguridad de proceso de una organización. Por ejemplo, una Evaluación de Peligros de un proceso existente puede revelar desvíos en el Programa de Gerenciamiento del Cambio de la Planta, o deficiencias en sus prácticas de mantenimiento.

2.2 Fundamentos y Orígenes de la Evaluación de Peligros de Proceso

Evaluaciones de Peligros de Proceso han sido realizados en la industria de proceso química (CPI por sus siglas en inglés) durante más de 40 años. Otras revisiones menos sistemáticas, han sido realizadas incluso por más tiempo. Al correr de los años, Las Evaluaciones de Peligros de Proceso han sido llamadas de diferentes maneras. En un tiempo u otro, todos los términos listados en la Tabla 1.14 han sido usados como sinónimos para las EPP. Sin embargo, el término usado no es importante si profesionales de seguridad, la dirección de la empresa, organismos de regulación (gubernamentales, etc.), y el público en general no llegan a entender el significado y la trascendencia del método usado.

Un pre-requisito importante para desarrollar un EPP es la identificación de peligros. Los peligros que no son identificados no pueden ser estudiados. Un EPP eficiente y sistemático, precedido por una esforzada y cuidadosa identificación de peligros, puede aumentar la confianza de los gerentes en su capacidad de gestionar el riesgo en sus plantas e instalaciones.

Tabla 1.14 Sinónimos Populares para la Evaluación de Peligros

-
- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| • Análisis de Peligros de Proceso | • Evaluación Predictiva del Peligro |
| • Revisión de Peligros de Proceso | • Evaluación del Peligro |
| • Revisión de Seguridad de Proceso | • Encuesta de Riesgo de Proceso |
| • Revisión de Riesgo del Proceso | • Estudio del Peligro |
| • Evaluación de Peligro de Proceso | |
-

Fuente: Tabla 1.1, página 12, *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures*.

Los estudios de EPP por lo general están enfocados en las causas potenciales y las consecuencias de acontecimientos episódicos (p. ej., una liberación accidental de una sustancia química) en vez de los efectos potenciales de las condiciones que rutinariamente pueden existir (p.ej., un contaminante emitido de un punto de emisión identificado) o situaciones que de vez en cuando ocurren

(p.ej., un trabajador se cae de una escalera) en las plantas de proceso. Así, los estudios de EPP por lo general no consideran situaciones que implican cuestiones de seguridad y salud ocupacional.

Históricamente, estas cuestiones han sido manejadas por buenos diseños de ingeniería y buenas prácticas en las operaciones. En contraste, las EPP se centran en las maneras en que las fallas de equipos, problemas de software, errores humanos, y factores externos (p.ej., el tiempo) pueden causar fuegos, explosiones, liberaciones y fugas de material tóxico o energía entre otros.

Las EPP ocasionalmente pueden ser realizadas por una sola persona, dependiendo de la necesidad específica del análisis, la técnica seleccionada, el peligro percibido de la situación que está siendo analizada, y los recursos disponibles. Sin embargo, las EPP de más alta calidad requieren los esfuerzos combinados de un equipo multidisciplinario. El equipo de trabajo de la EPP usa la experiencia combinada y punto de vista de sus integrantes para determinar si los problemas identificados son lo bastante serios que involucren cambios.

Si es así, el equipo puede recomendar una solución particular o sugerir que estudios más exhaustivos sean realizados. A veces una EPP no puede dar toda la información necesaria para las personas que toman decisiones, para estos casos, métodos cuantitativos más detallados deberían ser usados (p. ej., el análisis de riesgo cuantitativo – QRA por sus siglas en inglés).

2.3 Definición de Accidente de Proceso

Una definición de seguridad de proceso es “... la ausencia sostenida de accidentes de proceso en una planta...” (American Institute of Chemical Engineers, 1995) para prevenir estos accidentes de proceso hay que entender como estos pueden ocurrir. El uso de métodos de EPP pueden ayudar a las organizaciones a entender mejor los riesgos asociados a un proceso y como reducir la frecuencia y las consecuencias de accidentes potenciales.

Un peligro de proceso representa una amenaza potencial a la gente, a la propiedad y al medio ambiente. Un accidente es definido como "una secuencia específica imprevista de los acontecimientos que causa una consecuencia indeseable." (American Institute of Chemical Engineers, 1995) Así, la secuencia de un accidente es una serie de acontecimientos que transforma esta amenaza en una ocurrencia real. Normalmente, hay una relación directa entre la magnitud del peligro de proceso y la severidad de un accidente.

El primer evento en la secuencia de un accidente es llamado evento inicial. Hay varias clases de eventos que pueden iniciar un accidente: equipo o fallas de software, fallas del sistema de gerenciamiento, errores humanos, y acontecimientos externos.

Evidentemente, el evento inicial podría ser el único acontecimiento en la secuencia de un accidente si (1) no hay ninguna protección establecida contra esto, o (2) el acontecimiento es tan severo que sobrepasa la protección existente. Más a menudo, hay una serie de acontecimientos que unen el evento inicial con el resultado del accidente. Estos eventos intermedios son las respuestas que la ingeniería de seguridad y controles administrativos hacen cuando el evento inicial ocurre. Los eventos intermedios también pueden incluir condiciones externas y circunstancias en las cuales la secuencia del accidente se desarrolla de tal manera que podría influir en el resultado del accidente (p.ej., medidas públicas de respuesta a emergencias).

Los eventos intermedios pueden ser divididos en dos clases: propagación de factores y factores de reducción de riesgo. La propagación de factores son (1) fallas de las medidas de protección establecidas (p.ej., un error operacional o la falla de una válvula de alivio) ó (2) las circunstancias que exacerban el resultado de la secuencia del accidente (p.ej., condiciones meteorológicas malas).

Los factores de reducción de riesgo son (1) la respuesta adecuada de sistemas de ingeniería de seguridad y controles administrativos ó (2) las circunstancias fortuitas que reducen la frecuencia esperada de la secuencia del accidente o disminuyen la severidad del resultado del accidente (p.ej., nadie estaba

alrededor cuando el accidente pasó). La tabla 1.15 también resume los resultados posibles que pueden generar la secuencia de un accidente.

Es importante ver un accidente como una secuencia discreta de eventos porque, en teoría, cada individuo que propaga el evento representa una oportunidad de terminar la secuencia del accidente o disminuir la severidad de su resultado.

Los métodos de evaluación pueden ayudar a todos los involucrados a entender la importancia de las potenciales secuencias del accidente asociadas con un proceso o actividad. Este entendimiento conduce a la identificación de modos de reducir la frecuencia y las consecuencias de accidentes potenciales, de esta manera se mejora la seguridad de las instalaciones de una organización.

3. Métodos de Evaluación de Peligros de Proceso

A continuación veremos de manera muy resumida algunos métodos de Evaluación de Peligro de Proceso, que si bien es cierto no son muy difundidos en nuestra realidad, son necesarios mencionar en el marco de aplicación de nuestro Estudio.

3.1 Revisión de Seguridad – Safety Review

La Revisión de Seguridad fué la primera técnica de Evaluación de Peligro de Proceso utilizada. Esta técnica, que también puede ser considerada como una Revisión de Seguridad de Proceso, una Revisión de Diseño, o una Revisión de Prevención de Pérdidas que puede ser usada en cualquier etapa de la vida de un proceso. Cuando es utilizada sobre instalaciones existentes, la Revisión de seguridad típicamente implica una inspección que puede variar desde una evaluación informal, rutinaria y visual hasta una evaluación formal, realizado por un equipo, que toma varias semanas.

Tabla 1.15 Elementos de un Accidente de Proceso

Secuencias de Eventos del Accidente	
Eventos Iniciales	
<p>Inventarios significativos de</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materiales inflamables • Materiales combustibles • Materiales inestables • Materiales corrosivos • Asfixiantes • Materiales altamente reactivos • Materiales tóxicos • Gases inertes • Polvos combustibles • Materiales pirofóricos <p>Condiciones extremas físicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altas temperaturas • Temperaturas criogénicas • Altas presiones • Vacío • Presión cíclica • Temperature cíclica • Vibración/líquido atrapado • Radiación de ionización • Alto voltaje/corriente • Corrosión • Erosión 	<p>Transtornos de Proceso</p> <p>Desviaciones de Proceso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presión • Temperatura • Flujo • Concentración • Case/cambio de estado • Impurezas • Tasa de reacción/calor de reacción <p>Reacción espontánea</p> <ul style="list-style-type: none"> • Polimerización • Reacción intempestiva • Explosión interna • Descomposición <p>Fallas de recipientes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tuberías, tanques, vasos, empalmes/sellos <p>Mal funcionamiento de equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bombas, válvulas, instrumentos, sensores, fallas de interconexión <p>Pérdida de utilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Electricidad, nitrógeno, el agua, refrigeración, aire, fluidos que transfieren calor, vapor, ventilación <p>Fallas en los Sistemas de Gerenciamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Staff inadecuado • Entrenamiento inadecuado • Insuficiente controles administrativosque y auditorías <p>Errores humanos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño • Construcción • Operación • Mantenimiento • Prueba e inspección <p>Eventos externos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Condiciones climáticas extremoas • Terremotos • Impactos de accidentes cercanos • Vandalismo/sabotaje

Continuación - Tabla 1.15 Elementos de un Accidente de Proceso

Secuencias de Eventos del Accidente		
Eventos Intermedios		Resultados de los Incidentes
Factores de Propagación	Factores de reducción de riesgo	Fenómenos
Falla del Equipo	Respuestas de Control/operador	Descarga
Falla del Sistema de Seguridad	Alarmas	Flash y Evaporación
Fuentes de Ignición	Respuesta del Sistema de Control	Dispersión
Hornos	Manual y Automático	Neutro o boyante
Incineradores	Efecto de una descarga estática	Gas
Vehículos	Sistema de detección de fuego/gas	Gas denso
Interruptores Eléctricos	Sistemas de Respuesta de Seguridad	Fuegos
Electricidad Estática	Válvulas de Alivio	Piscinas de fueo
Superficies calientes	Sistemas de despresurización	Dardos de fuego
Quemadores	Sistemas de Aislamiento	Flash de fuego
Fallas del sist. de gerenciamiento	Interruptores de alta confiabilidad	Explosiones
Errores Humanos	Sistemas de Back-up	BLEVEs
Omisiones	Respuestas de Sistemas de Mitigación	Bolas de fuego
Comisiones	Diques y Drenajes	Explosiones Confinadas
Falla en el diagnóstico	Quemadores	Vapores sin confinar
Toma de decisiones	Sistemas de Protección contra incendios	Explosiones de nubes
Efecto de Dominó	Venteos de explosión	Explosiones físicas
Otras fallas en recipientes	Absorciones de gases tóxicos	Explosiones de polvo
Otros derrames de material	Plan de respuesta de emergencias	Detonaciones
Condiciones Externas	Sirenas/Advertencias	Detonaciones de fase condensada
Meteorología	Procedimientos de emergencia	Proyectiles
Visibilidad	Seguridad Personal	
	Equipos	Consecuencias
	Protección	Análisis de los efectos
	Escape y evacuación	Efectos tóxicos
	Eventos Externos	Efectos termales
	Detección temprana	Efectos por sobrepresión
	Advertencia temprana	Evaluaciones de daño
	Diseño especial	Comunidad
	Estructuras	Fuerza de trabajo
	Entrenamiento	Medio ambiente
	Otros sistem. de gerenciamiento	Activos de la empresa
		Producción

Fuente: Tabla 1.3, página 19, *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures*.

Las Revisiones de Seguridad son requeridas para identificar condiciones de planta o procedimientos que podrían conducir a un accidente y causar lesiones, daños significativos a la propiedad, o impactos ambientales. Una Revisión típica de seguridad incluye entrevistas con muchas personas en la planta: operadores, personal de mantenimiento, ingenieros, jefaturas, personal de seguridad, y otros, dependiendo la organización de la planta. Revisiones de Seguridad deberían ser vistas como esfuerzos cooperativos para mejorar la seguridad total y el

funcionamiento de la planta, y no como una interferencia a las operaciones normales o como una reacción punitiva a un problema percibido.

La Revisión de seguridad por lo general se enfoca en las principales situaciones de riesgo. La valoración sobre el cuidado de la planta y la conciencia en seguridad no son los objetivos normales de una revisión de seguridad, aunque ellos puedan ser los indicadores significativos de sitios donde las mejoras son necesarias. La Revisión de seguridad debería complementar otras actividades de seguridad de proceso, como inspecciones rutinarias visuales, y otras Técnicas de Evaluación de Peligros de Proceso, como el Análisis basado en Checklist y el Análisis What-if.

Al final de la Revisión, el analista hace recomendaciones para las acciones específicas que son necesarias, justifica las recomendaciones, asigna responsabilidades, y propone fechas de cumplimiento. Una evaluación de seguimiento o una re-inspección pueden ser planificadas para verificar que las acciones correctivas han sido completadas correctamente.

3.2 Análisis con Checklist

Un Análisis basado en Checklist usa una lista escrita de artículos o pasos procesales para verificar el estado de un sistema. Los tradicionales checklist varían extensamente en el nivel de detalle y con frecuencia son usadas para indicar el cumplimiento con normas y prácticas. El Análisis basado en Checklist es fácil de usar y puede ser aplicado en cualquier etapa de la vida del proceso. Los Checklist pueden ser usados para familiarizar el personal inexperto con un proceso comparando los atributos de un proceso a varias exigencias establecidas en el checklist.

Los Checklists también proporcionan una base común para la revisión del gerenciamiento de las evaluaciones de un proceso u operación. Un Checklist detallado proporciona la base para una evaluación estándar de peligros de proceso. Puede ser extenso como necesario para satisfacer la situación

específica, pero debería ser aplicado a conciencia para identificar los problemas que requieren atención inmediata.

Checklists de peligros genéricos a menudo son combinados con otras técnicas de EPP para evaluar situaciones arriesgadas. Los Checklists son limitados por la experiencia de sus autores; por lo tanto, estos deberían ser desarrollados por autores con los conocimientos adecuados que tienen la experiencia extensa con los sistemas que ellos analizan. Con frecuencia, los checklists son creados simplemente organizando la información de códigos relevantes, normas, y regulaciones. Los Checklists deberían ser vistos como documentos vivos y deberían ser revisados y actualizados con regularidad.

Muchas organizaciones usan un checklist estándar para controlar el desarrollo de un proyecto - desde el diseño inicial hasta el desmantelamiento de planta. El Checklist completado con frecuencia debe ser aprobado por varios empleados y gerentes antes de que un proyecto pueda moverse de una etapa a la siguiente. De este modo, sirve tanto como medio de comunicación como una forma de control.

3.3 PHA – Análisis Preliminar de Peligro

Un Análisis Preliminar de Peligros (PHA) es una técnica que tiene sus orígenes en las Exigencias del Programa Estándar de Seguridad Militar de USA. Un PHA se enfoca de un modo general en materiales peligrosos y en las principales áreas de una planta. A menudo es conducido inicialmente en el desarrollo de un proceso donde hay poca información sobre los detalles de diseño o procedimientos, y es a menudo un promotor de los análisis de peligros.

Este método nos muestra que tan rentable llega a ser la identificación de peligros en la vida inicial de una planta. A causa de su herencia militar, la técnica PHA a veces es usada para revisar las áreas de proceso donde la energía puede ser liberada en una manera incontrolada.

Un PHA genera una lista de peligros y situaciones peligrosas genéricas considerando las siguientes características de proceso:

- Materias primas, productos intermedios y finales, y su reactividad
- Entorno de las operaciones
- Actividades operacionales (pruebas de equipos, mantenimiento, etc.)
- Equipos de planta
- Interfaces entre los componentes de sistema
- Planos de Ubicación

Uno o varios analistas de peligros evalúan la importancia de los peligros de proceso y asignan el rango de criticidad a cada situación particular. Esta asignación de criticidad es usada para priorizar cualquier recomendación y así mejorar la seguridad que surge del análisis del equipo.

3.4 Análisis What-if

La técnica de Análisis What-If es caracterizada por la lluvia de ideas, donde un grupo de gente experimentada familiarizada con el proceso a estudiar hace preguntas o muestra sus puntos de vista sobre acontecimientos posibles indeseados. Intrínsecamente no es estructurado como algunas otras técnicas (p.ej., HAZOP el Análisis y FMEA). Pero, se requiere que el analista adapte el concepto básico para su aplicación específica. Muy poca información ha sido publicada sobre el Análisis What-If o su aplicación.

Sin embargo, con frecuencia es usado por la industria en casi todas las etapas de vida del proceso y tiene muy buena reputación entre aquellos expertos que la emplean.

El concepto del Análisis What-If genera que el equipo de EPP piense en las preguntas que comienzan " Que Si". Sin embargo, cualquier preocupación sobre la seguridad de proceso puede ser expresada, incluso si no es una pregunta estructurada. Por ejemplo:

- ¿· Qué si la Bomba A para durante el arranque de la planta?
- ¿· Qué si el operador X abre la válvula cerrada por Y?

Por lo general, se registran todas las preguntas sobre un bloc tamaño carta, pizarra, o directamente en un procesador de texto. Luego las preguntas son divididas en las áreas específicas de investigación (por lo general relacionado con las consecuencias de interés), como la seguridad eléctrica, la protección contra incendios, o la seguridad personal. Cada área posteriormente es asignada a un equipo de una o varias personas que sepan del método. Las preguntas formuladas son basadas en la experiencia y aplicadas a los dibujos en CAD y descripciones del proceso existentes; para una planta en operación, la investigación puede incluir entrevistas con el personal de planta no considerada en el team de EPP.

(Mayormente no hay ningún modelo específico u orden para estas preguntas, a no ser que el líder proporcione un modelo lógico como la división del proceso en sistemas funcionales) y las preguntas pueden enfocarse a cualquier condición fuera de lo normal relacionada con la planta, no solamente fallas de los componentes o variaciones del proceso.

3.5 HAZOP - Análisis de Peligros y Operabilidad

La técnica de Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP) fué desarrollada para identificar y evaluar los peligros de seguridad en una planta de proceso, e identificar los problemas de operabilidad que, aunque no sean peligrosos, podrían comprometer la capacidad de la planta en alcanzar la productividad que fué establecida en su diseño.

Aunque originalmente fue desarrollado para preveer los peligros y problemas de operabilidad para con la tecnología, con los cuales las organizaciones tienen poca experiencia, este método es muy eficaz para su uso en operaciones existentes. El empleo de la técnica de Análisis HAZOP requiere una fuente detallada de información que concierne al diseño y la operación de un proceso.

Así, este método es el más frecuente usado para analizar procesos durante o después de la etapa de diseño detallado. Diversas variaciones de la técnica de Análisis HAZOP son puestas en práctica en la industria química.

En el Análisis HAZOP, un equipo interdisciplinario usa un acercamiento creativo, sistemático de identificar el peligro y problemas de operabilidad que son resultado de desviaciones del diseño del proceso que podría conducir a consecuencias indeseables. Un experimentado líder de equipo dirige el equipo sistemáticamente por el diseño de planta usando un juego fijo de palabras (llamado "palabras guía"). Estas palabras guía son aplicadas en puntos específicos o "bloques de estudio" en la planta y son combinados con parámetros de proceso específicos para identificar desviaciones potenciales de la operación.

Por ejemplo, la palabra guía "No" combinado con el parámetro de proceso "Flujo" resulta en la desviación " Ningún Flujo". A veces, el líder usará checklists o su experiencia para ayudar al equipo a desarrollar la lista necesaria de desviaciones que el equipo considerará en las reuniones HAZOP. El equipo entonces buscará llegar a un consenso sobre las causas posibles de las desviaciones (p.ej., falla del operador en el manipuleo de la bomba), las consecuencias de desviaciones (p.ej., la bomba se recalienta), y los respectivos salvaguardas aplicables a las desviaciones (p.ej., la válvula de alivio de presión sobre la línea de descarga de bomba).

3.6 FMEA - Análisis de Modos de Falla y Efectos

Un análisis de modos de fallas y efectos – FMEA, tabulan los modos de falla de un equipo y sus efectos sobre un sistema o la planta. El modo de fallas describe como el equipo falló (en posición abierto, cerrado, prendido, apagado, por fugas, etc.). El efecto del modo de falla es determinado por la respuesta del sistema al fracaso del equipo. Un FMEA identifica modos de fallas que directamente causan o contribuyen considerablemente a la ocurrencia de un accidente.

Errores del operador por lo general no son examinados directamente en un FMEA; sin embargo, los efectos de un desvío en la operación como consecuencia de un error humano por lo general son indicados por un modo de fracaso del equipo. Un FMEA no es eficiente para identificar una lista exhaustiva de combinaciones de fallas de un equipo que desencadena accidentes.

3.7 FTA - Análisis de Árbol de Fallas

El Análisis de Árbol de Fallas - FTA, es una técnica deductiva que se enfoca en un accidente particular o el fracaso del sistema principal, y proporciona un método para determinar las causas de aquel evento. El árbol de defecto es un modelo gráfico que muestra varias combinaciones de fallas de un equipo y los errores humanos que pueden resultar en la falla de un sistema principal.

La fuerza de FTA como una herramienta cualitativa es su capacidad de identificar las combinaciones de fallas básicas de un equipo y los errores humanos que pueden conducir a un accidente. Esto permite al analista de peligros enfocarse en las medidas preventivas o de control que van a ser aplicadas en las causas básicas significativas para reducir la probabilidad de ocurrencia de un accidente.

3.8 ETA - Análisis de Árbol de Eventos

Un Análisis de Árbol de Eventos muestra los resultados posibles de un accidente que resulta de un acontecimiento inicial (la falla de un equipo específico o un error humano). Un ETA considera las respuestas del sistemas de seguridad y operadores al acontecimiento inicial cuando se determinan los resultados potenciales del accidente. Los resultados del ETA son secuencias del accidente; es decir, las combinaciones de fallas o errores que conducen a un accidente.

Estos resultados describen los posibles resultados del accidente en términos de la secuencia de acontecimientos (éxitos o fallas de las funciones de la seguridad) que sigue un evento inicial. Un ETA nos ayudaría mucho analizar los procesos complejos que tienen varios sistemas de seguridad o procedimientos de emergencia en el lugar para responder a acontecimientos de iniciación específicos.

3.9 CCA - Análisis de Causa Consecuencias

Un CCA es una mezcla del Análisis de Arbol, de Fallas - FTA y el Análisis de Arbol de Eventos – ETA, (descritos en las secciones precedentes). La fuerza principal de un CCA es su empleo como un instrumento de comunicación: el diagrama de causa-consecuencia muestra las relaciones entre los resultados del accidente (consecuencias) y sus causas básicas.

Esta técnica es más comúnmente usada cuando la lógica empleada en el estudio de fallas en los accidentes analizados es bastante simple, desde la forma gráfica, que combina los árboles de fallos y los árboles de eventos sobre el mismo diagrama, de esta manera pueden hacerse bastante detallados.

4. Relación entre la Evaluación de Peligros de Proceso y el Gerenciamiento de la Seguridad de Procesos.

A finales de los años ochenta y durante los años noventa en EE.UU. se mostró un progreso notable en la institucionalización de programas formales de Gerenciamiento de Seguridad de Proceso en principalmente las Industrias de Proceso Químicas. Esta creciente actividad fué provocada por una variedad de factores incluyendo: 1) la ocurrencia de accidentes industriales de grandes proporciones, 2) agresivas iniciativas de seguridad de proceso tanto legislativas como reguladoras, y 3) la evolución y publicación de modelos de Gerenciamiento de Seguridad de Proceso por varias organizaciones industriales.

Quizás aún más significativo era el aumento de conciencia y el interés propio de las empresas que se dieron cuenta, que a largo plazo, operando una planta más segura se obtenía como resultado operaciones industriales que generaban más rentabilidad al negocio y mejores relaciones con las comunidades y agencias reguladoras.

En 1989 el CCPS (Center for Chemical Process Safety) publicó sus Directrices para el Gerenciamiento Técnico de la Seguridad de Proceso para la Industria Química, que perfiló una estrategia de 12 elementos para las organizaciones que consideraban adoptar los sistemas de gerenciamiento que aseguren la

seguridad de proceso en sus instalaciones, a continuación se muestran en la tabla 1.16.

TABLA 1.16 ELEMENTOS PARA UN GERENCIAMIENTO DE LA SEGURIDAD DE PROCESOS

• Compromiso: Objetivos y Logros	• Factores Humanos
• Conocimiento del Proceso y Documentación	• Entrenamiento y Performance
• Revisión del Proyecto de Inversión de Capital y Procedimientos de Diseño	• Investigación de Incidentes
• Gerenciamiento de los Riesgos del Proceso	• Normas, Códigos, y Leyes
• Gerenciamiento del Cambio	• Auditorías y Acciones Correctivas
• Integridad del Proceso y Equipo	• Mejora del Conocimiento de la Seguridad del Proceso

Fuente: Tabla 1.2, página 13, *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures*.

Dos de los elementos que pertenecen a esta lista están directamente relacionados con la gerenciamiento del riesgo en las instalaciones y operaciones. En la Revisión del Proyecto de Inversión de Capital se establece que los estudios de peligros deben ser hechos durante toda la vida que dure un proyecto, los que involucrarán el uso de técnicas Evaluación de Peligros. El elemento de Gerenciamiento de riesgos de proceso nos lleva a la identificación de peligros, evaluación de riesgo, y la selección de alternativas de control de riesgo durante toda la vida que opere la planta o instalación industrial. Otros elementos como el gerenciamiento del cambio, entrenamiento, la investigación de incidentes, etc. también pueden implicar el empleo de técnicas de Evaluación de Peligros.

La implementación de un sistema de GSP puede ayudar a una organización a gerenciar el riesgo de una planta durante toda la vida de esta instalación. Los gerentes, en varias veces, deben ser capaces de desarrollar y mejorar su comprensión de los factores que contribuyen al aumento del riesgo en la

operación de la planta, y para desarrollar esta comprensión del riesgo requiere el planteamiento de tres preguntas específicas:

- ¿· Qué puede ir mal?
- ¿· Cómo es esto probable?
- ¿· Cuáles son los impactos?

El esfuerzo necesario para desarrollar la comprensión del riesgo dependerá de:

- (1) Cuanta información la organización posee sobre potenciales accidentes importantes y
- (2) la circunstancia específica que define la necesidad de la organización de la mejor información de riesgo. En cualquier caso, los gerentes primero deberían usar su experiencia e intuición para entender el riesgo al cual sus organizaciones están expuestas durante el funcionamiento y operación de sus plantas e instalaciones.

Si la organización tiene la experiencia pertinente y estrechamente relacionada con el proceso o la operación, entonces será necesario poco análisis formal. En estas situaciones, instrumentos de evaluación de riesgo experimentados (p.ej., los checklists) son comúnmente usados para gerenciar el riesgo.

Por otra parte, si no hay una relevante y adecuada base de experiencia, una organización debería confiar en técnicas analíticas para desarrollar "respuestas" a las tres preguntas de riesgo que cumplen satisfactoriamente las necesidades del Gerenciamiento de riesgos de la organización. En estas situaciones, las organizaciones típicamente usan técnicas de evaluación de riesgo predictivas para creativamente evaluar la importancia de los potenciales accidentes.

El uso de técnicas de evaluación de peligros es una manera de aumentar la comprensión de la empresa del riesgo asociado con el planificado o existente proceso o la actividad de modo que las decisiones apropiadas para el Gerenciamiento de riesgos puedan ser hechas. La figura 1.8 ilustra una estrategia total para considerar el empleo de las técnicas de Evaluación de Peligros para satisfacer la necesidad generada por el Gerenciamiento de riesgos.

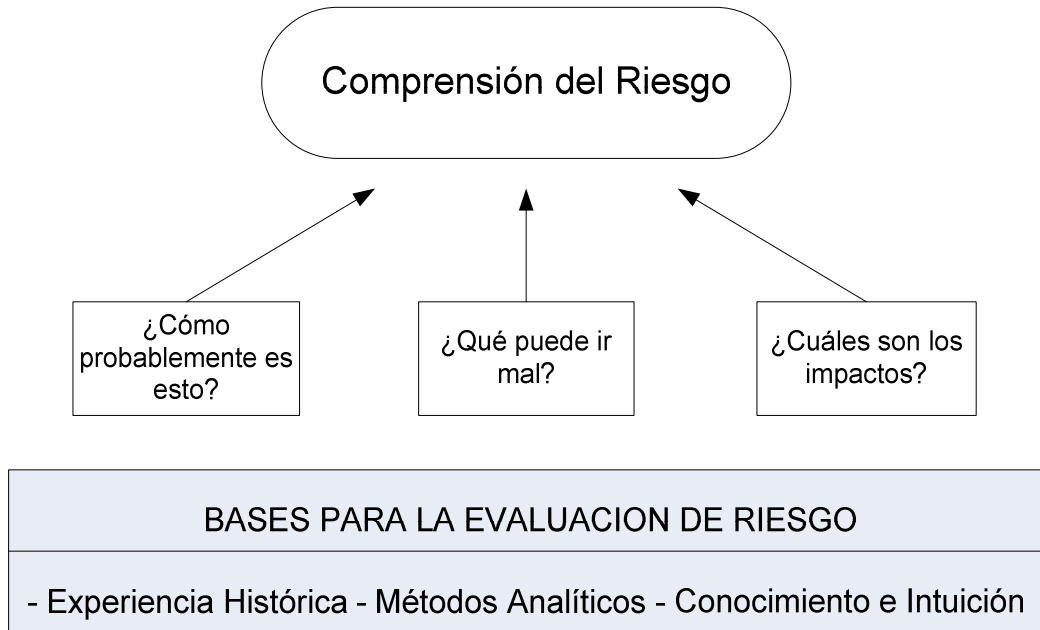


Figura 1.8 Aspectos a considerar para la Comprensión del Riesgo

5. Descripción del método HAZOP

5.1 Orígenes del HAZOP

Las evaluaciones de peligros de proceso HAZOP tienen sus orígenes en la industria química de Gran Bretaña, durante los años 1960, Industrias Imperiales Químicas (Imperial Chemistry Industries - ICI) desarrolló un método estandarizado de analizar peligros de proceso basado en las condiciones de operación básicas y luego cambiando parámetros individuales uno a uno para ver las consecuencias que se originaban.



Fue en el año 1963 que la empresa estaba diseñando una planta de producción nueva de fenol y acetona pero debido a que se contaba con un presupuesto que no era el adecuado, se habían dejado de lado para este diseño todos los implementos o partes consideradas no esenciales. Para lo cual urgía el desarrollar un método de estudio de peligros de proceso que buscaba revisar y examinar actividades específicas. Lo que se logró en un primer momento fue el

desarrollar una técnica basada en la lluvia de ideas (brainstorming) en la cual los miembros del equipo de trabajo son estimulados a emplear su imaginación y dar libertad al pensamiento para identificar posibles problemas con creatividad. Pero al mismo tiempo se buscó el evitar que las reuniones del equipo de análisis se desviaran del objetivo, ya que se desperdiciaba demasiado tiempo alrededor de la solución de puntos y cuestiones improductivas, debido a esto se buscó acotar la discusión mediante algunas preguntas:

- Que se logra con esto?
- Por qué?
- Qué más podría haberse conseguido?
- Qué debe haberse conseguido?

En ese momento, el gerente de producción de la ICI decidió comprobar si esta evaluación crítica podía aplicarse al diseño de la planta de fenol, para poder identificar cualquier deficiencia del proyecto en su diseño y también encontrar la mejor manera de canalizar la inversión de cualquier capital adicional que pudiera estar disponible para la corrección de las condiciones identificadas, entonces se armó un equipo el cual incluía al Gerente del Proyecto, al Gerente de Planta y un experto en la técnica.

Como resultado de este esfuerzo, fueron descubiertos muchos problemas de operación y peligros que de no haberse aplicado la técnica, no habrían sido considerados y a la vez pasados por alto.

Este método se convirtió en una práctica estándar dentro de la compañía y pronto tuvo acogida en la industria química en general (aunque no fuese mundialmente o coherentemente aplicado).

5.2 Definición y Alcance del método

La técnica de Análisis HAZOP está basada en el principio de que varios expertos de diferentes especialidades pueden interactuar de una manera creativa, sistemática e identificar más problemas trabajando juntos que

trabajando separadamente y combinando sus resultados. Aunque la técnica de Análisis HAZOP al principio fuera desarrollada para la evaluación de un nuevo diseño o tecnología, es aplicable a casi todas las fases de la vida de un proceso.

La esencia del Análisis HAZOP es revisar los dibujos de proceso y/o los procedimientos en una serie de reuniones, durante las cuales un equipo multidisciplinario usa un protocolo pre-establecido para metódicamente evaluar la importancia de las desviaciones en la intención establecida en el diseño normal.

La ventaja inicial del brainstorming asociada con el Análisis HAZOP consiste en que esto estimula la creatividad y genera nuevas ideas. Esta creatividad es resultado de la interacción de un equipo con conocimientos diversos. Por consiguiente, el éxito del estudio requiere que todos los participantes expresen libremente sus opiniones, pero debiéndose abstener de criticar el uno del otro para evitar sofocar el proceso creativo. Este acercamiento creativo combinado con el empleo de un protocolo sistemático para examinar situaciones de peligro ayuda a mejorar la meticulosidad del estudio.

El estudio de HAZOP se centra en puntos específicos del proceso o la operación llamados " nodos o bloques de estudio", secciones de proceso o pasos de operación. Uno a la vez, el equipo de HAZOP examina cada sección o paso en búsqueda de las desviaciones de proceso potencialmente peligrosas, que son derivadas de un juego de palabras guía establecida. Un objetivo de las palabras guía es de asegurar que todas las desviaciones relevantes de los parámetros de proceso son evaluadas.

A veces, los equipos consideran un número considerablemente grande de desviaciones (p. ej., hasta 10 e incluso 20) para cada sección o paso e identifican sus causas potenciales y consecuencias. Normalmente, todas las desviaciones para una sección dada o paso son analizadas por el equipo antes de que se siga con el curso del estudio.

Los estudios HAZOP pueden ser realizados en nuevos proyectos así como en instalaciones existentes. Para nuevos proyectos, es mejor conducir un Análisis HAZOP cuando el diseño de proceso está claramente establecido. Normalmente, los P&IDs están disponibles por lo que el equipo puede formular respuestas significativas a las preguntas levantadas en el proceso de Análisis. Además esto permite que sea posible cambiar el diseño sin incurrir en gastos principales. Sin embargo, el estudio HAZOP también pueden ser realizado en las etapas más tempranas del tiempo de vida del proceso mientras los miembros del equipo tengan la documentación del proceso adecuada y el conocimiento en el cual puedan basar su análisis. Pero un análisis HAZOP realizado en esta temprana etapa no debería ser un sustituto de una revisión de diseño al detalle.

Aunque el Análisis básico HAZOP esté bien establecido, la metodología puede variar entre organización y organización. La Tabla 1.17 menciona los términos y definiciones que comúnmente son usadas en el Análisis HAZOP. Las palabras guía mostradas en la Tabla 1.18 son las originales desarrolladas por ICI para el uso en el estudio HAZOP y que son aplicadas para tratar parámetros como aquellos mostrados en Tabla 1.19 Algunas organizaciones han modificado esta lista para ser más específicas en sus operaciones y dirigir los equipos de trabajo de manera más rápida para estudiar las áreas donde problemas significativos de seguridad de proceso pueden existir.

Otras organizaciones han creado listas especializadas de palabras guía o desviaciones específicas para analizar sus operaciones y pasos durante el proceso.

En el método original de la ICI, cada palabra de guía es combinada con parámetros de proceso relevantes y aplicada en cada punto (del nodo o bloque de estudio, la sección de proceso, o el paso que se haya identificado) en el proceso que está siendo examinado.

Lo siguiente es un ejemplo de crear desviaciones que usan palabras de guía y parámetros de proceso:

<u>Palabras Guía</u>		<u>Parámetro</u>		<u>Desviación</u>
NO	+	FLUJO	=	SIN FLUJO
MAS	+	PRESIÓN	=	ALTA PRESION
TANTO QUE	+	UNA FASE	=	DOS FASES
OTRA QUE	+	OPERACIÓN	=	MANTENIMIENTO

Las palabras guía son aplicadas para ambos, los parámetros generales (p.ej., reacción, mezcla) y los parámetros más específicos (p.ej., la presión, la temperatura). Con los parámetros generales, no es insólito tener más que una desviación del uso de una palabra de guía. Por ejemplo, " más reacción " podría significar que una reacción ocurre de una manera más rápida, o que una cantidad mayor de producto pasa.

Por otra parte, algunas combinaciones de las palabras guía y parámetros no generarán ninguna desviación.

Con los parámetros específicos, alguna modificación de las palabras guía puede ser necesaria. Además, los analistas a menudo encuentran que algunas desviaciones potenciales son irrelevantes debido a una limitación física. Por ejemplo, si los parámetros de las temperaturas están siendo considerados, las palabras guía "más" o "menos" pueden ser las únicas posibilidades.

Las siguientes son otras interpretaciones alternativas útiles de las palabras guía originales:

- Tarde o temprano para " otro que " considerando tiempo
- Donde además para "otro que " considerando posición, fuentes, o destino
- Mucho y poco para "más" "y menos" considerando niveles, temperatura, o presión

Tabla 1. 17 - Terminología Común en el Análisis HAZOP

Término	Definición
Secciones de Proceso (Bloques o Nodos de Estudio)	Secciones del equipo con características definidas donde los parámetros de proceso son investigados en busca de desviaciones. Estos son ubicados en el P&ID así como los parámetros del proceso.
Pasos de Operación	Acciones discretas en un proceso no continuo (por lotes) o un procedimiento analizado por el equipo de trabajo. Puede ser manual, automático o automatizado.
Intención	Definición de como la planta se espera que trabaje en la ausencia de desviaciones. Puede ser presentada por las Descripciones de Proceso, Flujogramas, Diagramas de Ingeniería.
Palabras Guía	Palabras que son usadas para calificar o cuantificar la intención del diseño así como servir de guía y estimular el proceso de tormenta de ideas que permite identificar los peligros de proceso.
Parámetro de Proceso	Propiedad Física o Química asociada con el proceso. Incluye puntos generales como reacción, mezcla, concentración, pH, y puntos específicos como temperatura, presión y flujo.
Desviaciones	Bifurcaciones o variantes del diseño inicial que son descubiertas en cada sección del proceso por la aplicación sistemática de las palabras guía a los parámetros de proceso (Flujo, Presión, etc.).
Causas	Razones de porque las desviaciones pueden ocurrir. Una vez que la desviación ha sido mostrada como tal, debe ser considerada como una desviación de gran criticidad.
Consecuencias	Resultados de las desviaciones, normalmente el equipo de trabajo asume que los sistemas de protección fallan, consecuencias menores no son consideradas.
Protecciones	Sistemas de ingeniería o controles administrativos diseñados para prevenir las causas o mitigar las consecuencias de las desviaciones.
Acciones o Recomendaciones	Sugerencias de cambios de diseños, cambio de procedimientos, estudio de áreas, etc.

Cuando se estudia un diseño que implica un juego complejo de parámetros de planta interrelacionados (p.ej., la temperatura, la tasa de reacción, la composición, y la presión), puede ser mejor aplicar la secuencia entera de palabras guía a cada parámetro individualmente que aplicar cada palabra de guía a través de todos los parámetros como un grupo. También, aplicando las

palabras de guía a las instrucciones (p.ej., el paso de proceso), puede ser más útil aplicar la secuencia de palabras guía a cada palabra o frase separadamente, que comienza con la parte clave que describe la actividad. Estas partes de la oración, por lo general, son relacionadas con algún impacto sobre los parámetros de proceso, por ejemplo, en la parte del proceso donde el operador comienza el flujo A cuando la presión B es alcanzada, " las palabras guía serían aplicadas a:

- Comienza el flujo A (no, más, menos, etc.)
- Cuando la presión B es alcanzada (más pronto, más tarde, etc.)

Tabla 1. 18 - Guía Original de Palabras Guía del Análisis HAZOP

Palabra Guía	Definición
No	Negación del Diseño Inicial
Menos	Disminución Cuantitativa
Más	Incremento Cuantitativo
Parte de	Disminución Cualitativa
Tan bien como	Incremento Cualitativo
Reversa	Opositor Lógico
Otro Que	Substitución Completa

Tabla 1. 19 - Parámetros de Proceso Comunes para el Análisis HAZOP

Flujo	Tiempo	Frecuencia	Mezclado
Presión	Composición	Viscosidad	Adición
Temperatura	pH	Voltaje	Separación
Nivel	Velocidad	Información	Reacción

5.3 Proceso de Análisis

Los conceptos que fueron presentados en las líneas anteriores son puestos en práctica en los pasos siguientes:

- (1) Preparación para la revisión, (2) llevar a cabo la revisión, y (3) documentación de los resultados.

La figura 1.9 ilustra el concepto de la técnica de Análisis HAZOP. Es importante reconocer que algunos de estos pasos pueden ocurrir simultáneamente. Por ejemplo, en algunos casos el equipo puede revisar el diseño, registrar las conclusiones, y realizar la continuación durante el mismo período de varias semanas o meses. Sin embargo, los pasos son discutidos separadamente como si ellos sean ejecutados uno por uno.

5.3.1 Preparación para la Revisión.

La cantidad de preparación depende del tamaño y la complejidad del proceso que está siendo analizado. A continuación se explica de manera breve los puntos a considerar para que el estudio HAZOP sea un éxito.

Definir el propósito, los objetivos, y el alcance del estudio. El propósito, objetivos, y el alcance del estudio deberían ser hechos tan explícitamente como fuera posible. Los objetivos normalmente son puestos por la persona que es responsable de la planta o el proyecto; esta persona es asistida por el líder del HAZOP. Es importante que la gente trabaje de manera coordinada para proporcionar la dirección apropiada y el foco del estudio. Es también importante definir que consecuencias específicas deben ser consideradas. Por ejemplo, un estudio de HAZOP podría ser realizado para determinar donde construir una planta de manera que tenga el impacto mínimo sobre la seguridad pública. En este caso, el estudio de HAZOP debería enfocar las desviaciones que causan efectos fuera de sitio.

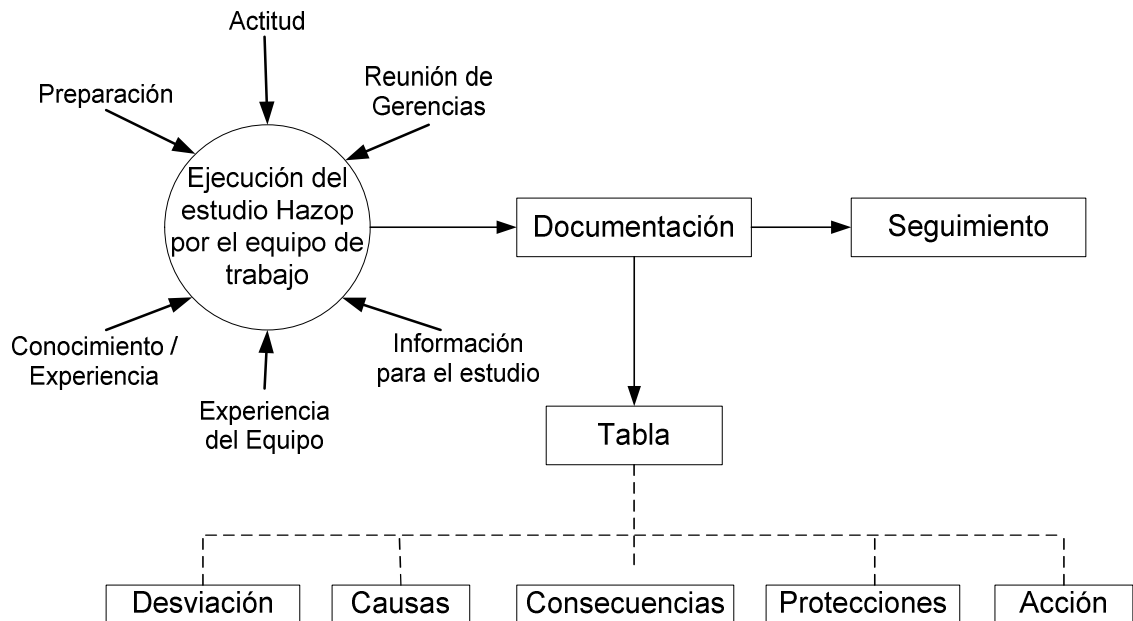


Figura 1.9 Diagrama del Análisis HAZOP

Selección del equipo. El líder del equipo debe asegurar la disponibilidad de un equipo de HAZOP suficientemente clasificado y experto. El equipo, como mínimo, debe consistir en un líder, un redactor del estudio, y otros dos individuos que tienen un entendimiento del diseño y la operación del proceso sustancial. Idealmente, el equipo consiste de cinco a siete miembros, aunque un equipo más pequeño pudiera ser suficiente para una planta más simple, menos peligrosa. Si el equipo es demasiado grande, el acercamiento del grupo será difícil. De otra parte, si el grupo es demasiado pequeño, esto puede encarecer la cantidad de conocimiento necesaria para asegurar la meticulosidad del estudio.

Obtención de la data necesaria. Típicamente la data consiste en varios dibujos de ingeniería en forma de P&IDs, diagramas de flujo, y los lay-outs de planta. Adicionalmente, pueden ser instrucciones de operación, secuencias de instrumento de control, diagramas lógicos, y programas de ordenador. Además de manuales de planta y los manuales de los fabricantes de los equipos. Dibujos y data de carácter importante deben ser provistos a los miembros del equipo HAZOP antes de las reuniones de trabajo.

Conversión de la data en una forma conveniente de trabajo y planificación de la secuencia del estudio. La cantidad de trabajo requerida en esta etapa depende del tipo de proceso. Con procesos continuos, la preparación puede ser mínima. Los bloques de estudio o secciones de proceso pueden ser identificados antes de las reuniones utilizando los diagramas de flujo actualizados y P&IDs. Copias suficientes de cada dibujo deben estar disponibles para todos los miembros del equipo durante las reuniones.

A veces, los líderes del equipo también pueden desarrollar una lista preliminar de desviaciones para ser consideradas en la reunión y preparar una hoja de trabajo para registrar las respuestas del equipo. Sin embargo, el líder debería evitar usar una lista antes montada como "las únicas" desviaciones para ser consideradas. Esto podría sofocar el sinergismo creativo del equipo identificando peligros de proceso y podría causar la omisión de algunas desviaciones importantes debido a la autocomplacencia. Debe ser esperado que, debido al proceso de aprendizaje que acompaña el estudio, algunos cambios sean hechos durante el progreso del estudio.

Coordinación de las reuniones de trabajo necesarias. Una vez que los datos y dibujos han sido facilitados a todos los miembros del equipo de trabajo, el líder está en la posición de planificar las reuniones de trabajo. Un requisito indispensable para hacer esto es estimar el tiempo necesario para el estudio. Un líder puede estimar el tiempo requerido para las reuniones de trabajo considerando el número de secciones de proceso, nodos o bloques determinados. Después de estimar el tiempo requerido para el estudio, el líder del equipo puede agendar las reuniones de trabajo. Idealmente, cada sesión debería durar no más de cuatro a seis horas (preferentemente por la mañana). Sesiones más largas son indeseables porque la eficacia del equipo por lo general comienza a disminuirse. En casos extremos, sesiones pueden ser programadas en días consecutivos con horas más largas, pero tal programación deberá ser llevado a cabo sólo en circunstancias excepcionales (por ejemplo, cuando los miembros de equipo son de fuera de la ciudad y no pueden viajar a la unidad o la planta todos los días).

5.3.2 Llevando a cabo la revisión.

La técnica de Análisis HAZOP requiere que un dibujo de proceso o procedimiento sean divididos en nodos o bloques de estudio, secciones de proceso, o pasos de operación y que los peligros del proceso sean identificados usando las palabras guía. La figura 1.10 ilustra el flujo típico de actividades en una reunión de trabajo HAZOP. Es así como aplicando todas las palabras guía relevantes a cada sección o paso de proceso, se puede registrar (1) la desviación con sus causas, consecuencias, salvaguardas, y acciones, ó (2) la necesidad de más información completa para evaluar la desviación.

El líder del equipo debe asegurarse que todos los miembros del equipo entiendan estas situaciones peligrosas descubiertas.

En la práctica, los líderes HAZOP deben dar las libertades necesarias al equipo, permitiendo el tiempo necesario para considerar las soluciones que son fáciles de lograr, más no permitir al equipo gastar demasiado tiempo en “el diseño de soluciones”. Muchas veces no es posible, para un equipo encontrar una solución durante una reunión de trabajo. Por otra parte, si la solución es objetiva, una recomendación específica debería ser registrada inmediatamente. Para asegurar reuniones eficaces, el líder del equipo debe mantener varios factores en mente: (1) no competir con los miembros; (2) prestar atención al escuchar a todos los miembros; (3) durante las reuniones, no permitir que nadie se ponga a la defensiva; y (4) mantener el nivel de energía alto tomando descansos cuando sean necesarios.

5.3.3 Documentación de los Resultados.

El proceso de registro y documentación es una parte importante del estudio HAZOP. La persona asignada como redactora del estudio para las reuniones de trabajo debe ser capaz de registrar los resultados e informaciones pertinentes de todas las conversaciones que ocurren durante las reuniones. Es imposible registrar de manera manual todo lo dicho durante las reuniones, aunque es muy importante que todas las ideas importantes sean conservadas.

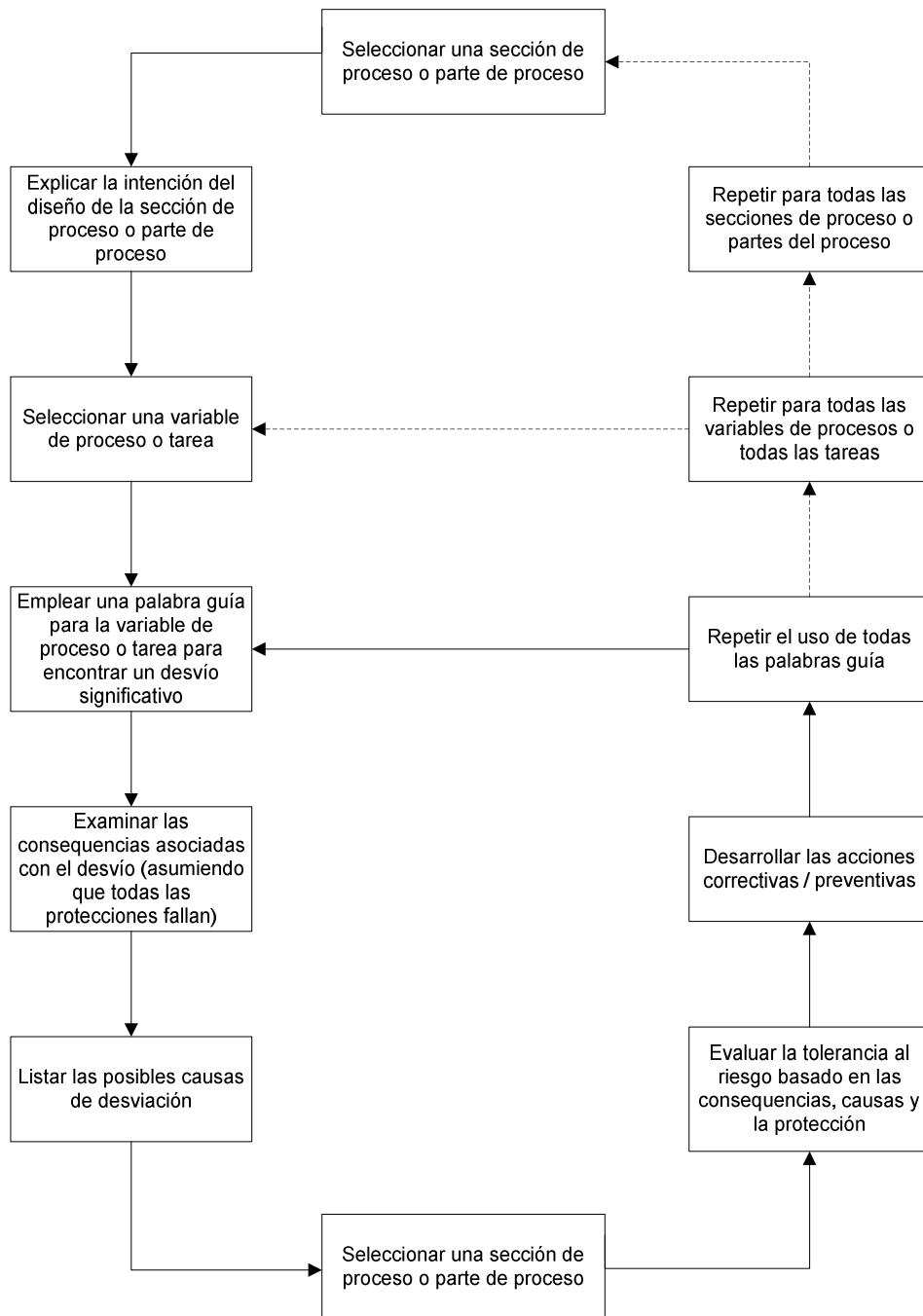


Figura 1.10 Diagrama de Flujo de la Aplicación del Método HAZOP

Algunos analistas pueden decidir reducir al mínimo su esfuerzo en la documentación por no buscar (y no documentar) las causas de las desviaciones para las cuales no hay consecuencias significativas de seguridad. Puede ser provechoso el hacer que los miembros del equipo revisen el informe final y llamarlos nuevamente para una reunión de revisión. El revisar puntos claves a menudo afinará las conclusiones y descubrirá otros problemas. Normalmente, los resultados de las reuniones HAZOP son registrados en un formato (Ver Tabla 1.20); sin embargo, las medidas preventivas / correctivas pueden ser registradas separadamente.

Tabla 1.20 Formato de Hoja de Trabajo de Análisis HAZOP

Ubicación: _____ Fecha: _____ Hoja: _____
 Equipo: _____
 Bloque, instrucción, Operación : _____

PARAMETRO	DESVIO	POSIBLES CAUSAS	CONSECUENCIAS	INDICADOR	RECOMENDACIONES

5.4 Equipos de Trabajo

El nivel y los tipos de habilidades en las cuales el personal debe tener para participar en un EPP dependen de varios factores, incluyendo el tipo de proceso u operación analizada, la técnica seleccionada, y el objetivo del análisis. La mayor parte de gerentes de seguridad de proceso reconocen que los analistas de riesgo deberían tener experiencia empleando la técnica seleccionada, deberían tener buenas habilidades interpersonales y de mando, y deberían tener bastante pericia y técnica en entender el proceso o la operación que está siendo analizada. Otros participantes proporcionan el conocimiento detallado (p.ej. prácticas de operación y mantenimiento) o habilidades especiales (p.ej., el diseño de sistema de control) necesario para un cuidadoso EPP.

Sin embargo, los gerentes a veces pueden pasar por alto el hecho que los tipos de habilidades necesarias en una evaluación de peligro (y, por consiguiente, el número de participantes en el equipo) dependerán del objetivo del estudio.

5.4.1. Miembros del Equipo.

Hay tres participantes básicos que son requeridos para el equipo de trabajo HAZOP:

- (1) líder,
- (2) redactor del estudio,
- (3) experto (s).

El líder del equipo proporciona la dirección para el análisis, organiza y ejecuta actividades de análisis, y facilita cualquier reunión de trabajo que puede ser considerada como parte del estudio. Líderes eficaces tienen fuertes habilidades interpersonales y un entendimiento a fondo del contenido y los objetivos del estudio. Normalmente, el líder del equipo es el miembro más experimentado en el uso de la técnica HAZOP. En la mayoría de los casos, el éxito del estudio depende directamente en la habilidad del líder.

El redactor del estudio es la persona designada para documentar formalmente las sesiones de trabajo que ocurren durante la aplicación del Análisis. Generalmente el redactor del estudio puede ser alguien que no es tan experimentado como el líder de equipo en el uso del HAZOP, pero que ha tenido experiencia básica en el método. Es con frecuencia provechoso que el redactor del estudio tenga buena redacción y habilidades para la organización ya que el equipo intercambiará información de manera constante y en grandes cantidades, para lo cual el redactor debe registrar y clasificar la información transmitida en la reunión de trabajo.

El resto del equipo es compuesto por los expertos en varios aspectos del diseño y la operación del proceso que está siendo evaluado. Estos otros miembros de equipo son escogidos por su conocimiento específico sobre algún aspecto del

proceso que está siendo examinado, como la química de proceso, el diseño de equipo, los procedimientos, la estrategia de control, o las prácticas de mantenimiento. Algunas organizaciones han encontrado eficaz el incluir a gerentes de línea para completar el equipo de trabajo HAZOP.

Con los Gerentes de línea participando, esto ayuda al consenso general en materia de seguridad por el equipo concerniente a mejoras potenciales que puedan ser planteadas durante el estudio y a su futura implementación.

En la Tabla 1.21 es mostrada una variedad de gente que puede ser considerada como parte del equipo HAZOP, pero la composición del equipo exacta dependerá del tipo de proceso que esté siendo analizado, en que etapa del proceso se está trabajando, cuales son los objetivos de la evaluación y que recursos están disponibles.

El número y el tipo de miembros del equipo que de manera eficiente pueden desempeñar papeles en forma combinada, están en función de la complejidad del proceso y la experiencia de cada miembro del equipo

En general, el equipo debe tener miembros con la experiencia práctica en operaciones, mantenimiento, e ingeniería, además debe ser gente con especial conocimiento de química de proceso, inspección, instrumentación, regulaciones ambientales, y estándares de seguridad a nivel corporativo e industriales. Para las revisiones de plantas de proceso existentes (o nuevas plantas que son similares a las plantas existentes), es primordial involucrar al personal de primera línea, ya que ellos por lo general tienen el conocimiento más preciso del equipo de proceso y los procedimientos usados durante la operación cotidiana.

Empleados recientemente jubilados, si es posible, podrían ser miembros excelentes del equipo debido a su conocimiento de la planta y de toda su historia. Todos los miembros de equipo no participarán en el estudio de manera total; unos sólo pueden asistir a parte de las reuniones y los otros simplemente pueden ser llamados para ayudar a resolver puntos específicos. El equipo debe tener la experiencia y pericia necesaria para considerar los accidentes

potenciales, y debe ser capaz de analizar objetivamente cualquier peligro identificado.

Tabla 1.21 Candidatos para ser miembros del equipo HAZOP

• Representante de Construcción	• Ingeniero Mecánico
Ingeniero Civil	• Doctor/Enfermera
• Químico	• Metalúrgista
• Ingeniero Eléctrico	• Supervisor de Operaciones
• Gerente Corporativo de seguridad	• Operador/Técnico
• Ingeniero Ambiental	• Consultor Externo
• Experto de otra planta	• Ingeniero de Proceso
• Ingeniero de Protección contra Incendios	• Programador de Control de Proceso
• Experto en Evaluación de Peligros	• Ingeniero de Proyecto
• Especialista en Factores Humanos	• Registrador/secretario/redactor
• Higienista Industrial	• Ingeniero de Seguridad
• Ingeniero/Técnico de Inspección	• Jefe de Cuerpo de Bomberos
• Ingeniero/Técnico Instrumentista	Toxicólogo
• Supervisor de Mantenimiento	• Especialista en Transporte
• Planner de Mantenimiento	• Representante de Ventas
• Mecánico/Instalador de Tuberías/ Electricista	

5.4.2. Team Leader, Responsabilidades

El team leader viene a ser el responsable de que el análisis de peligro de proceso sea un éxito. Para esto todos los miembros del equipo proveen de su apoyo y ayuda. El líder debe dirigir y controlar el proceso de interacción entre todos los miembros durante la duración del estudio HAZOP, siendo necesario que sean definidas las responsabilidades del líder del equipo como se muestra a continuación:

- Llevar a cabo el programa del estudio propuesto y además preparar y obtener la aprobación de la gerencia de los posibles gastos operativos que involucre la ejecución del estudio.
- Organizar las locaciones de las reuniones de trabajo y toda la logística que ello significa (útiles, breaks, etc.).

- Identificar, obtener, copiar y organizar los dibujos de ingeniería, flujogramas y documentos necesarios para la ejecución del estudio, y garantizar que sean del alcance de cada miembro del equipo.
- Seleccionar e identificar los bloques o nodos para el estudio en coordinación con el Gerente de Operaciones y/o el Redactor del estudio.
- Conducir y presidir las sesiones de trabajo del análisis HAZOP así como todos los asuntos que sean tratados durante el trabajo.
- Asegurar una adecuada revisión técnica respetando el programa de trabajo propuesto.
- Recomendar que se propongan sub-sesiones o investigaciones para tocar puntos específicos donde estos sean más productivos.
- Incorporar comentarios a los informes preliminares, borradores y al informe definitivo.
- Revisar las hojas de trabajo buscando la exactitud técnica del análisis HAZOP de cada día de trabajo.
- Dirigir y supervisar el trabajo del redactor del estudio durante y fuera de las sesiones de trabajo.
- Proporcionar la pericia en la conducción y la ejecución del análisis HAZOP durante todas las sesiones.
- Ayudar en la preparación y divulgación del consolidado de recomendación y acciones correctivas generadas por el estudio HAZOP.
- Asegurar la consistencia en las sesiones de trabajo frente a la política de la empresa, su filosofía del riesgo y los métodos de protección establecidos.

5.4.3. Líneas de Comunicación

Lo fundamental en un estudio del tipo EPP es la comunicación entre todos los miembros del equipo de trabajo, tanto antes, durante y después de realizado el estudio.

Cuando se menciona el término líneas de comunicación, se está sugiriendo las posibles agrupaciones entre los miembros del equipo para llevar a cabo la transmisión de información (p.ej. para 2 personas, la línea de comunicación sería

una sola). Todas las líneas de comunicación deben ser posibles, es decir la interacción entre el quipo debe ser total para que el flujo de información sea continuo entre todos.

Para que esto sea posible, todos los miembros del equipo deben ser capaces de expresar sus ideas de manera clara y concisa. Las ideas que sean consideradas de gran importancia serán discutidas entre todos los miembros del equipo para llegar a un consenso grupal.

Es importante resaltar que los miembros del equipo deben respetar las opiniones y sugerencias que puedan surgir durante el estudio, ya que permitirá que la tormenta de ideas se dé durante todo el proceso de estudio.

**CAPÍTULO II – DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA EN ESTUDIO Y DEL
PROCESO PRODUCTIVO DE ACETILENO**

***"LOS FACTORES CRECIENTES DE RIESGO REQUIEREN DE UN ENFOQUE
MÁS COMPLETO PARA LA ADMINISTRACIÓN DE ESOS RIESGOS, QUE LO
QUE NUESTRA RIQUEZA Y AISLAMIENTO NOS HAN PERMITIDO EN EL
PASADO".***

JEROME LEDERER

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1 Identificación de la Empresa

Razón Social	:	PRAXAIR PERÚ S.R.L.
Unidad	:	Planta Callao
Dirección	:	Av. Venezuela N° 2597
Distrito	:	Bellavista
Provincia	:	Callao
Departamento	:	Lima
País	:	Perú
Código postal	:	Callao 2
Teléfono / Fax	:	517 - 2300 / 517 - 2311
RUC	:	20338570041

1.2 Descripción de la Empresa

PRAXAIR PERÚ S.R.L. es una empresa del sector industrial, de la rama de la: Fabricación de Gases Comprimidos, constituida como persona jurídica bajo la forma de empresa privada.

Praxair Inc. suministra al mercado, productos en las siguientes líneas:

- Gases Industriales.
- Gases Medicinales.
- Gases Especiales.
- Equipos y accesorios para el uso de gases en diferentes métodos de soldadura.
- Productos químicos.
- Nuevas tecnologías para la aplicación de gases.

Los productos (gases medicinales, industriales y especiales) se comercializan en sus diferentes presentaciones:

- Cilindros
- Cisternas
- Recipientes estacionarios (tanques) y portátiles (PGS)

En la planta ubicada en el Callao, la empresa se dedica a la fabricación de:

Dióxido de Carbono CO_2

Acetileno C_2H_2

Estos gases son producidos y envasados en el Callao.

En la planta ubicada en Pisco, la empresa se dedica a la fabricación de:

Argón Ar (*)

Nitrógeno Ni (*)

Oxígeno O (*)

Hielo Seco

(*) Estos gases son envasados en la planta ubicada en el Callao y producidos en la planta ubicada en Pisco.

1.3 Actividades de la Empresa (en Lima)

- Producción de Dióxido de Carbono (CO₂) Acetileno (C₂H₂) y Hielo Seco
- Llenado de gases
- Distribución de productos líquidos
- Mantenimiento Industrial
- Elaboración de Proyectos y Montajes
- Almacenamiento de grandes volúmenes de fluidos
- Asistencia Técnica
- Tienda de Ventas

1.4 Característica de la Planta

Fecha de arranque de la planta	:	18/SET/1958
Número de turnos	:	3
Horas de funcionamiento / día	:	24
Horas de funcionamiento / semana	:	168
Relación de Materias primas e Insumos utilizados	:	

Materia prima	Cantidad / mes (nominal)	Unidad	Uso	Caracterís.
Planta de Producción de Acetileno				
Cloruro de Calcio anhidro	100	kg	Secado de Acetileno	Sólido
Agua	900	M ³	Generación y Enfriamiento	Líquido
Carburo de Calcio	37	Ton	Obtención de Acetileno	Sólido
Acetona	900	Kg	Solvente para cilindro	Líquido
Dimetil formamida	20	Kg	Solvente para cilindro	Líquido
Monkey Dust	100	kg	Purificación de Acetileno	Sólido

Capacidad de producción de la planta :

Producto	Cantidad / mes	Destino	Características
Planta Callao - Acetileno			
Acetileno	15 000 kg	Industria metalmecánica	Gas combustible

1.5 Distribución del Espacio de la Planta de Producción de Acetileno

Descripción del área utilizada	Área
Generación de Acetileno	: 85m ²
Estación de Llenado de Acetileno	: 171m ²
Almacén de Acetona	: 9m ²
Almacén de Carburo	: 72m ²
Sala de Tableros Eléctricos	: 12m ²
Oficina	: 12m ²
Tanques de Borra	: 65m ²
<hr/>	
Total del Terreno	: 426m ²

La planta y oficinas de PRAXAIR PERÚ, ubicadas en el Callao, ocupan un área total de 20 160m² y está localizada en una zona donde prevalecen los terrenos para uso residencial y cerca de una importante avenida, como es la Av. Venezuela, tal como se observa en el plano (Ver ANEXO 9)

2. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

2.1 Organización de la Empresa

La empresa está organizada según se muestra en el Organigrama General mostrado en (Ver ANEXO 15).

Cargos importantes dentro de la empresa a nivel nacional:

Gerente General	:	Ing. Affonso Luiz de Vasconcellos Fatorelli
Asesor Legal	:	Dr. Francisco Alayza
Gerente Desarrollo de Negocios	:	Ing. Miguel Moran
Gerente de Operaciones	:	Ing. Nelio Junior
Gerente de Mantenimiento	:	Ing. César Miranda
Jefe de Instalaciones	:	Ing. Juan Neyra
Jefe de Calidad	:	Ing. Ronald García
Gerente de SSMA	:	Ing. Walter Asparria
Supervisor de Planta de Acetileno	:	Ing. Javier Marquez
Jefe del Almacén	:	Ing. Darío Medina
Jefe de Distribución y Transporte	:	Ing. Freddy Vargas
Gerente de RR.HH.	:	Dr. Rocío Guerrero
Gerente de Ventas	:	Ing. Enrique Rachitoff
Jefe del Proyecto Six Sigma	:	Ing. Abelardo Cornejo
Jefe de Contabilidad y Administ.	:	Adm. Richard Cumpa
Jefe de Logística	:	Adm. Gladys Lingan
Jefe de Sistemas	:	Ing. Pedro Venturo
Jefe de Tecnología	:	Ing. Manuel Villavicencio
Gerente de Sucursales	:	Ing. José Nuñez Ing. Arturo Vargas

3. POLITICA DE LA EMPRESA

3.1 Objetivos de la Empresa

Visión

Ser la empresa con los más altos estándares de calidad en sus operaciones y consolidada como la empresa líder en la elaboración, distribución y servicios de Gases Industriales, Medicinales y Especiales del País.

Misión

Producir, suministrar y brindar la más alta tecnología, aplicaciones y servicios en gases industriales, medicinales y especiales, con el objetivo de superar las expectativas de nuestros clientes.

Compromiso

El mejoramiento continuo y la innovación como herramienta para conseguirlo, constituyen el compromiso permanente con nuestros clientes internos, externos y con la comunidad en general, anticipando sus necesidades y elevando los estándares de calidad de productos y procesos. Así la Alta Dirección de PRAXAIR PERU adopta la política de Calidad del grupo PRAXAIR Inc.

3.2 Política de Calidad de la Empresa

- Satisfacer siempre los acuerdos establecidos con nuestros clientes, buscando superar sus expectativas.
- Suministrar a tiempo, productos que sean seguros de utilizar y ambientalmente aceptados.
- Operar las unidades productivas, velando por la seguridad del personal y la comunidad.
- Conducir el negocio de manera que los clientes encuentren que es sencillo tratar con Praxair.
- Promover el mejoramiento continuo de la gestión de nuestro sistema de calidad, procesos y productos.
- Fomentar que los empleados y la empresa desarrollen al máximo su potencial.

3.3 Política de Medio Ambiente

Praxair Perú S.R.L empresa dedicada a la Producción, Comercialización y Distribución de Gases Industriales y Medicinales está comprometida con un gerenciamiento ambiental eficaz y tiene como responsabilidad buscar la

prevención de la contaminación, a través de la mejora continua de nuestros procesos, la cual se difunde a todo el personal y partes interesadas. Nuestra Política Ambiental está apoyada en los siguientes compromisos:

- **CONOCER LOS ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS** de nuestras actividades, productos y servicios, minimizando sus impactos sobre el medio ambiente.
- **ATENDER Y RESPONDER LAS COMUNICACIONES AMBIENTALES** de nuestros clientes, empleados y demás partes interesadas.
- **RESPETAR LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL** y otros requisitos aplicables.
- **FORMAR Y CONCIENTIZAR** a nuestros colaboradores en las buenas prácticas ambientales.
- **ESTABLECER Y REVISAR PERIÓDICAMENTE, LOS OBJETIVOS Y METAS AMBIENTALES**, como parte de nuestro compromiso de mejora continua.

3.4 Principios de Seguridad Praxair Perú S.R.L.

El sistema de Seguridad se basa en seis principios básicos que son:

- Todos los accidentes pueden ser evitados
- Seguridad es una responsabilidad de todos los niveles jerárquicos
- Los esfuerzos en seguridad garantizan la continuidad del negocio
- Seguridad es una condición del empleo
- Cada trabajador es responsable por su propia seguridad
- Todos los trabajadores están obligados a suspender una actividad o negarse a iniciarla, si la misma no puede ser ejecutada de forma segura

4. Proceso Productivo del Acetileno

4.1 Aspectos Generales

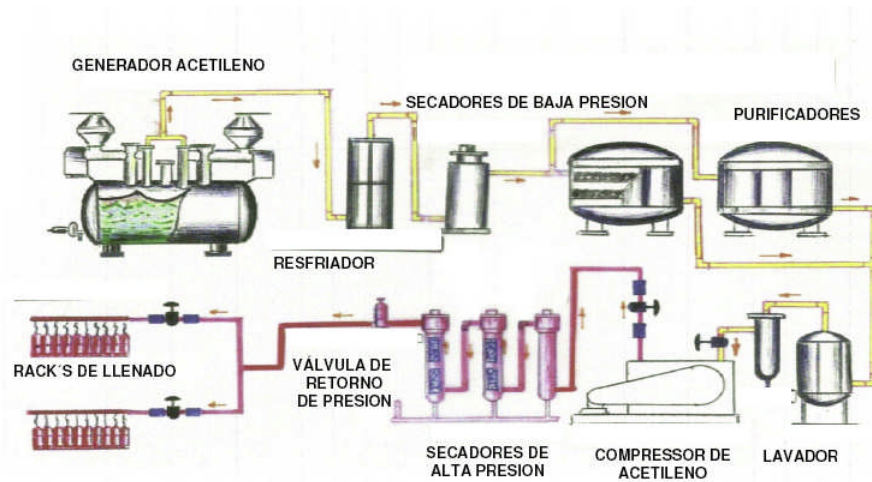


Diagrama 4.1 Proceso de Producción de Acetileno

El acetileno es producido como resultado de la reacción química entre dos materiales diferentes, carburo de calcio y agua. El carburo de calcio cae en el agua, donde se produce una reacción química que da como resultado la formación de gas de acetileno, e hidróxido de calcio o cal de carburo de calcio, el cual es descargado como un desecho proveniente del generador.



Generador de Acetileno

El Generador de Acetileno está diseñado para generar acetileno a presiones que no excedan los 15 PSI.

4.2 Descripción del Proceso de Producción de Acetileno

En esta planta se cuenta con un equipo gasógeno (generador de gas) que trabaja por lotes, en el cual se carga 1000 kg de Carburo de Calcio en piedra, estos se van dosificando por el sistema de alimentación del generador a 8m³ de agua, la alimentación de carburo al generador es controlado por un presostato el cual acciona y corta la alimentación dependiendo de las condiciones del generador. La reacción química produce gas Acetileno (C₂H₂) y un residuo líquido en forma pastosa, llamado Hidróxido de Calcio - Ca(OH)₂.

Este gas se encuentra a 150 °F, por lo que el gas producido ingresa a un sistema de enfriamiento intercooler, de donde el gas sale a temperatura ambiente.



Sistema Intercooler y Secador de Baja Presión

El gas, luego pasa a ser deshumedecido en secadores de baja presión, los cuales contienen Cloruro de Calcio Anhidro, para después ingresar a purificadores, estos equipos contienen tierra filtrante que atrapa todas las impurezas presentes en el gas Acetileno, luego un lavador de gases o llamado Scrubber en donde es retenido cualquier partícula de polvo que haya arrastrado el gas desde el purificador.



Purificadores de Acetileno

El gas es comprimido en un proceso de 3 etapas, y antes de ser envasado ingresa a un sistema de secadores de alta presión donde además de deshumedecer el gas es retenida cualquier traza de aceite que pudiera haber filtrado del sistema de compresión.

Finalmente ingresa a las baterías de llenado donde el Acetileno ingresará en cilindros que contienen un masa porosa inundada en acetona para poder disolver el gas y mantenerlo estable, de esta manera la manipulación se realiza de forma segura durante su despacho y distribución.



Compresores de Acetileno y Secadores de Alta Presión

Cabe señalar que debido a su naturaleza básica, el Hidróxido de Calcio (residuo) es enviado como subproducto para el tratamiento de aguas en otras industrias.



Baterías de Llenado de Cilindros

4.3 Generador de Acetileno – Descripción

El generador de acetileno produce gas de acetileno mediante el sistema de caída de carburo en el agua, empleando carburo en tamaño que varía de 25 a 50 de granulometría, el carburo no debe contener más del 15% de polvo. Se emplean dos tolvas en forma alternada para obtener una producción continua de acetileno sin suspender el funcionamiento para volver a llenar las tolvas.



Lata de Carburo de Calcio

Cuando disminuye la presión del tanque, un interruptor de mercurio sensible a la presión pone en marcha el avance por tornillo en una tolva, la cual hace avanzar el carburo hacia la válvula de alimentación. El funcionamiento del avance por tornillo acciona una bomba hidráulica que suministra presión para abrir la válvula de carburo y permitir que el carburo caiga en el tanque. A medida que se produce el acetileno, la presión del tanque aumenta para accionar un interruptor de mercurio que detenga el avance por tornillo y cierre la válvula de carburo. La válvula de carburo con resorte se abre cuando está funcionando el avance por tornillo, y se cierra cuando se detiene el avance por tornillo. Como medida de seguridad, el avance por tornillo no funcionará cuando el nivel de agua este bajo o si la presión del aire de regulación es baja, siempre y cuando la unidad de alarma esté funcionando adecuadamente.

Cuando el carburo se agota en la tolva que está funcionando, la presión del tanque disminuye hasta una presión determinada, y acciona el interruptor de mercurio de baja presión para automáticamente poner en marcha la segunda tolva. La luz piloto se apagará para indicar a la persona encargada que se ha efectuado el cambio. Cuando la segunda tolva se detiene debido a que la presión alcanza el límite superior en el interruptor de mercurio de baja presión, la persona encargada mueve el interruptor de botón de la tolva.

La luz piloto se encenderá para indicar que la segunda tolva está funcionando con el interruptor de mercurio de alta presión. Luego la tolva vacía es llenada a mano con la ayuda de la tolva de relleno y el montacargas neumático.

Si la presión del tanque fuera excesiva, cualquiera de las 4 válvulas de seguridad o todas ellas liberarán el acetileno a la atmósfera, 2 de las válvulas se hallan en el elevador del tanque, y las 2 restantes, cada una en los dispositivos de control de retroceso de llama.

En el conducto principal de salida hay 2 dispositivos de control de retroceso de llama, los cuales están llenos con agua a fin de impedir que las llamas producidas por accidentes lleguen al interior del tanque.

A medida que se va produciendo el acetileno, el agua es dosificada y cae en el tanque automáticamente, manteniendo la proporción adecuada entre agua y carburo. Cuando se añade agua, el lodo de cal es drenado automáticamente del tanque a fin de mantener un nivel de agua que no ocasione riesgos.

El tanque cuenta con un agitador de paleta accionado por motor, el cual agita el lodo aguado de cal en forma intermitente para que este último no se asiente. El agitador actúa cada vez que funciona un avance por tornillo de la tolva. Asimismo, si las tolvas no están funcionando debido a una reducida demanda de acetileno, el regulador de tiempo accionará el agitador 2 de cada 10 minutos.

Todos los dispositivos de seguridad son impulsados por aire comprimido y son a prueba de fallas en caso de mal funcionamiento. El sistema de alarma emite una señal cada vez que sucede lo siguiente:

- El nivel de agua del tanque es bajo.
- El nivel de agua del tanque es elevado.
- La temperatura del tanque es elevada.
- La presión de aire del sistema de control es baja.

4.3.1 Tolvas de Carburo

Dos tolvas de carburo se hallan instaladas en la parte superior del tanque del generador de acetileno.

Los componentes son los siguientes:

- a. Casco de la tolva. Mantiene el carburo listo para caer en el tanque del generador.
- b. Manómetro de la tolva. Registra la presión del acetileno en la tolva, que será ligeramente más baja que la presión del tanque. Este manómetro se emplea para indicar cuándo la presión es purgada a cero para la recarga, y luego, igualdad con la presión del tanque después de la recarga.
- c. Válvula de Alivio. Empleada para desfogar manualmente la presión de la tolva antes del llenado con carburo. También es utilizada para purgar el aire de la tolva después del llenado.
- d. Válvula de Compensación. Empleada para igualar la presión en las tolvas después del llenado con carburo. Normalmente, esta válvula se mantiene cerrada.
- e. Avance por tornillo. El avance por tornillo tipo taladro, impulsa el carburo hacia la válvula de alimentación. Es impulsado por un motor eléctrico controlado por interruptores externos de mercurio que son accionados por la presión de acetileno en el tanque.
- f. Válvula de Alimentación de Carburo, esta válvula tiene un asiento de goma suave sujetado contra la abertura del avance por tornillo mediante la fuerza del resorte. Cuando gira el avance por tornillo, una bomba hidráulica rotativa de engranajes incrementa la presión en el cilindro hidráulico que está conectado a la válvula mediante una barra. El cilindro supera la fuerza del resorte y abre la válvula permitiendo que el carburo ingrese en el tanque. Una válvula de orificio está regulada para derivar algo de aceite hacia el sumidero de manera que el tiempo para abrir la

válvula de carburo es aproximadamente el mismo que tarda el cierre de dicha válvula. Los cilindros hidráulicos están conectados transversalmente de modo que cuando se abre la tolva en funcionamiento, la tolva de reserva tiene fuerza hidráulica para ayudar al resorte en el cierre. Esta dobla el asiento lo suficiente como para alejar el “incremento” en el borde y permitir que el resorte sólo la cierre herméticamente.

- g. Manómetro del sistema hidráulico. Registra la presión de aceite en el sistema hidráulico. Una válvula de seguridad se halla regulada en 200 PSIG con el fin de proteger la bomba y el cilindro contra la sobrepresión en caso de obstruirse la válvula de orificio.
- h. Interruptores de Control. Un interruptor selector y dos interruptores articulados se hallan instalados cerca al tanque del generador. El interruptor selector se emplea para cambiar de una tolva a otra. Cada interruptor articulado es un interruptor de conexión y desconexión (ON-OFF SWITCH) para uno de los motores de alimentación por tornillo de la tolva. La presión de acetileno dentro del tanque generador acciona los interruptores externos de mercurio que controlan el avance por tornillo de la tolva.

4.4 Parámetros Críticos de Operación – PCO

Un Parámetro Crítico de Operación es un límite o un punto medible con respecto del cual el diagnóstico y detección de fallas, la evaluación y los procesos de toma de decisiones terminarán y se implementarán acciones predeterminadas para concluir una condición que pudiese ocasionar una fatalidad en las instalaciones o una fatalidad fuera de las instalaciones, incluyendo lesiones o daños en propiedad.

4.4.1 Requisitos

Los Parámetros Críticos de Operación se identifican durante la fase de diseño para todos los procesos nuevos o modificados de producción, almacenaje y distribución por medio de las evaluaciones de peligros de proceso.

Por cada PCO, se deberá documentar y comunicar lo siguiente al personal de operaciones encargados del proceso:

- Una descripción del riesgo y probables consecuencias del evento significativo de seguridad operativa
- El parámetro que debe monitorearse
- El límite de operación del parámetro
- El Límite del Parámetro Crítico de Operación
- Las acciones de respuesta requeridas que deban implementarse.

Existen condiciones de operación segura hasta que se llega a un límite operativo. El diagnóstico y detección de fallas se inician al llegar al límite operativo y continúa hasta que el problema es corregido o se llega al límite del PCO. Si se llega a ese límite, todas las acciones de diagnóstico y detección de fallas se interrumpirán.

NOTA: Cuando se establezcan PCOs para un proceso, los límites no deberán ser violados bajo ninguna circunstancia.

4.4.2 Aplicación de los PCOs

Los parámetros críticos de operación para los generadores de acetileno deberán cumplir los siguientes requisitos:

1. En caso de proyectos de instalación de plantas de generación de acetileno, el gerente del proyecto, u otras personas responsables de la administración global del proyecto, relacionado con una nueva construcción, modificación de plantas, o modernización de éstas serán responsables por la comunicación exitosa de los PCOs así como su divulgación total al personal correspondiente de operaciones (Gerencia, Jefaturas, Supervisores, Operarios).

2. Para plantas instaladas, la gerencia de operaciones deberá ser responsable por la operación segura continua de todos los procesos bajo su ámbito de autoridad. Esto incluye el mantenimiento continuo de todos los equipos involucrados en el proceso de generación de acetileno, calibración y pruebas de cualquier sistema de seguridad crítico que se tenga implementado para controlar los riesgos del proceso que presenten potencial de ocasionar importantes eventos de seguridad operativa.
3. La tabla 2.1 muestra los siguientes parámetros críticos de operación sugeridos para el proceso de generación de acetileno:

Tabla 2.1 Parámetros Críticos de Operación (PCOs) Generales para el Generador de Acetileno

Riesgo	Consecuencia	Parámetro	Límite de Operación	Límite del COP	Respuesta
Alta Presión de Generador de Acetileno	Ruptura de sistema	Presión	1 barg (15 psig)	1.24 barg (18 psig)	Interrupción de adición de carburo de calcio, ventear presión
Alto Nivel de Agua de Generador de Acetileno	Inundación de las tolvas	Nivel de agua	Nivel de Operación Superior	Más 100 mm (4 pulgadas)	Interrupción de adición de agua, abrir válvula de drenado
Alta Temperatura de Generador de Acetileno	Ruptura de sistema	Temperatura	82°C (180°F)	93°C (200°F)	Parar operación del generador

4.5 Procedimientos de Operación y Funcionamiento de la Planta de Producción de Acetileno

El proceso de generación de acetileno cuenta con los siguientes procedimientos de operación y funcionamiento:

- a. Partida de la fábrica de acetileno (tipo Rexarc de media presión)
- b. Parada de la fábrica de acetileno;
- c. Acciones por falta o caída de energía eléctrica;
- d. Controles del generador de acetileno;
- e. Control de agua del generador de acetileno;
- f. Abastecimiento de carburo de calcio al generador;
- g. Inertización y recarga de los silos de carburo;
- h. Operación y mantenimiento del generador de acetileno;
- i. Preparación del generador de acetileno para el mantenimiento y abertura
- j. Limpieza del generador de acetileno;
- k. Bloqueo y trabado mecánico de las bocas de hombre del generador de acetileno;
- l. Plan de mantenimiento del generador de acetileno;
- m. Sistemas de protección contra incendio en la fábrica de acetileno;
- n. Identificación de condiciones de emergencia en las fábricas de acetileno;
- o. Actuación en caso de emergencias en la fábrica de acetileno;
- p. Procedimientos de emergencia para el nivel alto de agua en el generador de acetileno;
- q. Verificaciones operacionales del generador de acetileno;
- r. Verificación del funcionamiento de la "alarma del nivel alto de agua";
- s. Verificación del funcionamiento de la "alarma del nivel bajo de agua";
- t. Verificación del funcionamiento de la válvula de drenaje (descarga del generador);

Cabe señalar que estos procedimientos fueron revisados por el equipo de trabajo durante la ejecución del estudio HAZOP.

4.6 Checklist Operacionales

Las verificaciones operacionales del generador de acetileno forman parte importante del proceso productivo de la planta ya que permiten identificar cualquier condición anormal durante el funcionamiento de la misma.

Las frecuencias de las revisiones están basadas en la criticidad de cada ítem de proceso dentro frente al desempeño de seguridad operativa del generador. Se tienen checklists que son de frecuencia horaria, diaria, semanal, mensual e incluso anual. Entre los principales ítems que son verificados tenemos:

- a. Válvulas manuales del nivel de agua.
- b. Panel de instrumentación y control
- c. Cortallamas hidráulico
- d. Silos de carburo
- e. Sistema hidráulico
- f. Válvulas de drenaje
- g. Agitador del generador
- h. Válvulas de seguridad y alivio
- i. Presostatos de alta y baja presión
- j. Líneas de agua
- k. Tuberías del generador
- l. Unidades de alarma
- m. Compresor de aire, etc.

Además estos checklists están íntimamente relacionados con el Plan de Mantenimiento del Generador (Ver ANEXO 4) ya que cualquier condición detectada es canalizada inmediatamente al área de mantenimiento para su corrección.

4.7 Sistemas de Control de la Planta de Producción de Acetileno

4.7.1. Todo generador debe tener:

- a. Manómetro para indicar la presión de proceso;
- b. Válvula de alivio para el exceso de presión;

- c. Termómetro que indique la temperatura del proceso;
 - d. Indicador del nivel de agua del generador;
 - e. Termómetro que indique la temperatura del agua para la generación;
 - f. Instrumento de control del ingreso y del consumo de agua para la generación.
- 4.7.2. Los manómetros o presostatos de los generadores no deben ser instalados con protección de corta-llamas.
- 4.7.3. Los generadores Rexarc deben ser equipados con dispositivos de alivio de presión:
- a. La presión máxima de alivio debe ser ajustada en $1,3 \text{ kgf/cm}^2$ (1,2 barg / 18 psig);
 - b. La válvula de bloqueo no puede ser instalada entre el dispositivo de alivio de presión y el generador;
 - c. La tubulación de salida proveniente del alivio de presión debe ser única para cada válvula de alívio e no puede estar conectada a otra tubulación de venteo;
- 4.7.4. El control del nivel de agua en el generador debe estar operativo tanto cuando el generador está en operación y durante las paradas entre turnos de trabajo, incluyendo las paradas los fines de semana.
- 4.7.5. Los niveles: alto, operacional, bajo y los PCOs del nivel de agua del generador deben estar registrados en la carcasa del generador.
- 4.7.6. El generador debe tener un termómetro que indique la temperatura del proceso que mida la temperatura del gas en la descarga del generador.
- 4.7.7. El generador debe tener controles para cuando hubiera interrupción del ingreso del agua y alta temperatura de generación. Estos controles deben ser revisados (no calibrados) mensualmente.

- 4.7.8. El control de ingreso de agua al generador debe desconectar el alimentador, en caso de bajo caudal de agua.
- 4.7.9. Todo generador debe tener un agitador de agua funcionando cuando el generador está en operación y durante las paradas entre turnos de trabajo, incluyendo las paradas en los fines de semana, cuando el generador estuviera cargado con carburo de calcio. El tiempo de operación del agitador debe ser ajustado de forma que esté conectado durante 3 minutos y durante la alimentación de Carburo de Calcio; desconectado durante 7 minutos.
- 4.7.10. Una alarma debe ser instalada para indicar cuando el agitador para.
- 4.7.11. El operador debe inspeccionar el funcionamiento del agitador, si la operación del agitador no sea la adecuada y este fallando, el operador deberá paralizar la operación para que la falla sea reparada.
- 4.7.12. En caso el agitador este parado por un período de 6 horas durante las paradas no asistidas de la fábrica (entre turnos y finales de semana), la cal decantada podrá trabar el agitador.
- 4.7.13. Las tuberías de alimentación de agua al generador deben tener una manguera de desconexión positiva.
- 4.7.14. El sistema de alimentación de agua al generador debe ser instalado de forma que asegure que solamente agua limpia o agua recuperada sea utilizada. Solamente una manguera (agua limpia o recuperada) debe estar conectada al sistema de agua principal.
- 4.7.15. Los sistemas de alimentación de agua al generador y abastecimiento no pueden ser directamente conectados de la red pública.
- 4.7.16. Todo generador debe estar conectado a una fuente continua de baja presión de gas inerte (N₂, Aire o CO₂), por ejemplo en la fase gas de un

tanque, a ser utilizado para la operación, emergencia o inertización; y también debe estar ligado a una fuente de alimentación secundaria de aproximadamente 20m³ de gas inerte. Una alarma sonora debe ser activada cuando la alimentación secundaria fuera accionada.

4.7.17. Para la alimentación de Nitrógeno o Aire al sistema de instrumentación y control del generador es exigida una desconexión positiva, que permita asegurar que todos los controles no sean operados durante los mantenimientos.

4.7.18. El gas inerte no debe estar conectado durante la operación normal o cuando fuera necesario la entrada al generador.

4.7.19. La tubulación de retorno del acetileno (baterías de llenado, balanzas, mantenimiento de cilindros, etc) para el generador, deben tener una manguera para desconexión positiva, de esta manera aseguramos que las fuentes de acetileno estarán desconectadas y tapadas durante la inertización, mantenimiento y cuando fuera necesaria la entrada al generador.

4.7.20. Una válvula de retención debe ser instalada en la línea de alimentación de agua para evitar el regreso del agua, lo que provocaría la succión del acetileno para los sistemas de bombeo de agua limpia y/o recuperada.

4.7.21. El generador debe estar siempre conectado eléctricamente con los equipos adyacentes y debidamente aterrados a la malla de tierra de la planta.

4.7.22. Los cables de aterramiento no deben tener contacto con cualquier proceso donde el acetileno pueda estar presente, ya que los cables de cobre en contacto con el acetileno forman el acetileno de cobre que genera centellas.

- 4.7.23. La descarga de cal de carburo debe siempre ser direccionada para un local no-confinado. La tubería no puede tener puntos de niveles mas altos que de los puntos de descarga del generador, para eliminar la condición de regreso al generador.
- 4.7.24. La operación del generador debe ser automáticamente interrumpida caso ocurra baja presión del gas de instrumentación. La operación del sistema debe finalizar en condición de falla.
- 4.7.25. La operación del generador debe ser automáticamente interrumpida en caso sea accionado el sistema de Parada de Emergencia u otro sistema contra incendio.
- 4.7.26. Las bocas de hombre de los generadores deben estar bloqueadas con candados que solo podrán ser retirados con la presencia del supervisor de producción.

4.8 Condiciones Especificas - Otros

- 4.7.1. Todo generador debe ser inspeccionado periódicamente, para asegurar que está en buenas condiciones de operación y que no hay fugas.
- 4.7.2. Informes de producción y análisis periódicos deben ser realizados a fin de identificar y corregir tendencias anormales. Desarrollar gráficos diarios específicos para presión, temperatura, rendimiento y consumo de carburo de calcio, y otros.
- 4.7.3. Todos los instrumentos de control deben ser calibrados conforme al plan de mantenimiento establecido.
- 4.7.4. Durante la operación deben ser realizadas verificaciones periódicas en los instrumentos de control para certificar que están funcionando correctamente.

- 4.7.5. Después de la ejecución de los mantenimientos y reparaciones en el generador se debe observar atentamente si todos los instrumentos están operando normalmente.
- 4.7.6. En el arranque del generador, la presión y la temperatura deben aumentar lentamente hasta alcanzar los límites operacionales.
- 4.7.7. Observar y registrar las condiciones de operación en el arranque del generador, a fin de establecer una base de datos de tiempo, presión, temperatura, sonido y otros.
- 4.7.8. Antes y después del arranque del generador, debe ser realizado un test de fuga en las conexiones, utilizando espuma de jabón.

CAPÍTULO III – APLICACIÓN DEL MÉTODO HAZOP AL GENERADOR DE ACETILENO

“LA EVALUACIÓN DE RIESGO ES EL FACTOR CRÍTICO EN CUALQUIER SITUACIÓN DE GERENCIAMIENTO DE SEGURIDAD PERO LAS TÉCNICAS QUE AHORA SON DISPONIBLES, COMBINADAS CON LA CRECIENTE DISPONIBILIDAD DE LAS BASES DE DATOS HISTÓRICOS, PERMITIRÁN QUE LOS RIESGOS SEAN DETERMINADOS CON GRAN EXACTITUD. UNA VEZ QUE EL RIESGO PUEDA SER CALCULADO ENTONCES PUEDE SER OPTIMIZADO SU USO PARA EL BIEN DEL COMUNIDAD.”

A.J. HERBERT (1976)

1. Cronograma de Trabajo

El Cronograma de Trabajo establecido para la ejecución del estudio fue el siguiente:

Actividades	Tiempo de Ejecución
Definición del propósito, objetivos y campo de estudio	1 semana
Elección y Entrenamiento del Equipo de trabajo	2 días
Coordinación con la Gerencia de Operaciones	1 día
Recopilación y Difusión de la data necesaria para el estudio	2 días
Reuniones con el Equipo y Trabajo de Campo	1 semana
Redacción del Draft Inicial	1 día
Revisión del Draft	1 día
Redacción del Informe Final	1 día
Documentación del Estudio	3 días
Presentación a la Gerencia de Operaciones	1 día
Establecimiento y Comunicación del Plan de Acción	2 días
Seguimiento de las acciones correctivas	En Adelante →

Todas las actividades y los plazos establecidos al comienzo del estudio se respetaron y no se presentó ningún tipo de retraso debido al compromiso de la Gerencia de Operaciones y la predisposición de los miembros del equipo en llevar a cabo el estudio.

2. Definición y delimitación del sistema a estudiar

El Generador de Acetileno se dividió en tres bloques para un mejor estudio del equipo, los bloques definidos fueron:

- Alimentación del Generador
- Generador
- Aire de Instrumentación

Se estimó que el Estudio HAZOP iba a demandar en conjunto de dos a tres días para la revisión de todos los bloques del Sistema de Generación de Acetileno.

Durante la definición de los bloques, se buscaron cambios significativos en las condiciones, flujos del proceso y en la función de los equipos que ayudarían a ubicar futuros desvíos en las operaciones del Generador.

3. Miembros del Equipo

Como un primer paso a la realización del estudio, se procedió a seleccionar al equipo que participará en la Evaluación de Peligros de Proceso tipo HAZOP. La relación de la gente necesaria para que el estudio tenga éxito fué:

- Líder - Persona con experiencia en Procesos de Planta y conocimiento de Evaluaciones de Peligros de Proceso. El Ing. César Miranda, Gerente de Mantenimiento se designó como el líder.
- Redactor del Estudio - Persona técnicamente hábil que puede registrar la información rápidamente y con exactitud, con experiencia básica en Evaluaciones de Peligro de Proceso y además de ser responsable de

toda la documentación del estudio. El Autor (Orlando Laura) ocupó esta posición además de desempeñar el papel de facilitador a los miembros del equipo en la ejecución del estudio.

- Ing. Químico de Proceso - Persona conocedora del diseño de la planta (y los fundamentos de las especificaciones de diseño) además de saber las interacciones químicas que podrían ocurrir entre las sustancias químicas que son materias primas del proceso, productos intermedios, y los materiales de construcción de la planta de Acetileno. El Ing. Javier Marquez, Supervisor de la Planta de Acetileno ocupó esta posición.
- Operador - Persona experimentada que puede explicar cómo los operadores descubrirían los desvíos del proceso y como ellos responderían. El Sr. Juan Carlos Martínez, operador de 8 años de experiencia en el funcionamiento de la planta, llenó esta posición.
- Especialista en Instrumentación y Controles - Persona familiarizada con el control y los sistemas de parada de la planta, es necesaria para ayudar al equipo HAZOP a entender como la planta responderá para tratar las desviaciones del proceso de producción del Acetileno. El Sr. Enrique Díaz Yagui, técnico instrumentista del área de Mantenimiento ocupó esta posición.
- Especialista en Seguridad - Persona familiar con la seguridad de la planta, procedimientos de emergencia y Evaluaciones de Peligro de Proceso. El Ing. Walter Asparria ocupó esta posición.

4. Logística de las reuniones de trabajo

El trabajo del team HAZOP comenzó a las 8:00 de la mañana del lunes. Para abrir la reunión, el Ing. César Miranda y mi persona presentamos el programa establecido para los días siguientes, Además informamos al grupo sobre las visitas a planta como parte de la revisión. Finalmente se reiteraron los objetivos

del estudio HAZOP y se dieron 3 directrices para identificar cualquier condición de seguridad u operación del sistema de Generación de Acetileno:

- 1) Todos los miembros de equipo tendrán igualdad de voz y como consecuencia se respetarán todos los comentarios y puntos de vista referentes al estudio a realizar.
- 2) Todos deben enfocar problemas potenciales, no soluciones, ya que éstas serán discutidas más adelante.
- 3) Cualquier desviación de proceso es pieza clave para explorar y comenzar un nuevo análisis.

Además, nuevamente se repasó durante un espacio de aproximadamente una hora la técnica de Evaluación de Peligros de Proceso HAZOP y la descripción del proceso de producción del Acetileno pero enfocado más al Generador. Además se registraron todas las recomendaciones consideradas relevantes por uno o más miembros del equipo en un block (adicional al ingreso de toda la data en las tablas HAZOP), de esta manera se aseguró que todas las recomendaciones son registradas con exactitud y sin omisión alguna.

Para cada bloque (Alimentación del Generador, Generador, etc.), se revisó en primer lugar los P&IDs, identificando los posibles desvíos durante el proceso normal de la planta, también se revisaron los procedimientos operacionales, los parámetros críticos de operación (PCO), el programa de mantenimiento de la planta y los diversos sistemas de control y protección.

Las reuniones del equipo siguieron durante los días establecidos hasta haberse examinado todas las desviaciones posibles para el generador. El último día de trabajo con el equipo se re-examinó el generador pero principalmente el modo de la operación de arranque de la planta. Para esto se repasó el procedimiento de arranque del generador. El equipo entonces comenzó a formular desviaciones durante el arranque y hace las preguntas habituales del HAZOP: ¿cuáles son las causas, consecuencias, protecciones, y acciones recomendadas a considerar para esta desviación?

Además, tanto procedimientos de parada rutinarios como los procedimientos de emergencia para el generador también son examinados. Al final de cada día se repasaron las recomendaciones registradas sobre el bloc de anotaciones para asegurarse que todas estas fueron registradas con exactitud y ninguna recomendación fué omitida.

Luego de haberse examinado todas las desviaciones posibles para el sistema de Generación de Acetileno, se pasó a redactar el Draft Inicial que iba a contener:

1. Introducción
2. Localización y Distribución de la Planta de Acetileno
3. Descripción de las Instalaciones y el Proceso
4. Acetileno, Hidróxido de Calcio – Características Peligrosas
5. Descripción breve del método utilizado
6. Resultados Obtenidos (Tablas HAZOP)
7. Acciones Correctivas
8. Equipo HAZOP
9. Documentación del Estudio

Este draft inicial fué entregado a cada miembro del equipo para luego ser revisado un vez más entre todo el grupo, esto permitió definir algunos cambios y/o recomendaciones finales antes de ser redactado el Informe que sería presentado a la Gerencia de Operaciones y luego a Gerencia General.

Al finalizar con la última reunión para la revisión del draft inicial, el Ing. Miranda y mi persona agradecemos a los miembros del equipo por su participación activa durante los días que duró el estudio. El informe final fué completado y redactado por mi persona en colaboración del Ing. Antonio Espinoza y enviado a cada miembro del equipo.

5. Documentación utilizada

La documentación necesaria para la ejecución del estudio fue:

- P&ID (Process and Instrumentation Diagram) actualizado de todo el proceso de Generación de Acetileno
- Flujogramas de Proceso
- Lay - Out de la Planta
- Manuales de Operación del Equipo generador tipo REXARC - 2400
- Procedimientos y Verificaciones Operacionales del Generador de Acetileno
- Plan de Mantenimiento del Generador de Acetileno y de todos sus componentes críticos.
- Informes de Mantenimientos al Generador de Acetileno.
- Plan de Atención de Emergencias de la Planta de Acetileno.
- Informes de Incidentes/Accidentes de proceso en generadores de Acetileno
- MSDS del Acetileno, Carburo de Calcio e Hidróxido de Calcio.
- Otros

6. Resultados Obtenidos – HAZOP Generador de Acetileno

Los resultados obtenidos se muestran en los cuadros resúmenes que se muestran a continuación.

Tabla 3.1 - Bloque: Alimentación del Generador

PARAMETRO	DESVIO	FRECUENCIA	SEVERIDAD	NIVEL DE RIESGO	F	C	R
Presión	Alta	Remoto	Moderado	Aceptable	4	3	4
Granulometría	Alta	Remoto	Despreciable	Aceptable	4	5	4
Concentración de Acetileno	Alta	Remoto	Severo	Aceptable con controles existentes	4	2	3
Cantidad de Carburo	Alta	Remoto	Severo	Aceptable con controles existentes	4	2	3
	Ausencia	Remoto	Severo	Aceptable con controles	4	2	3

Recomendaciones:

- Verificar el cumplimiento del Programa de Mantenimiento In Situ con los respectivos registros de verificaciones y calibraciones cuando el equipo así lo requiera, además de las verificaciones operacionales (check - list).
- Mediante observaciones a los operarios, verificar que los procedimientos de Alimentación de carburo de calcio al generador de acetileno e

Inertización sean correctamente ejecutados para controlar los desvíos por Presión Alta, Concentración Alta de Acetileno, y Cantidad Alta o Ausencia de Carburo de Calcio en los silos de Alimentación

- Verificar que el Carburo de Calcio sea de buena calidad y no genere la Granulometría Alta como desvío.
- Considerar el sistema de inertización como crítico en el Programa de Mantenimiento.
- Diseñar un sistema de Medición de carga para el Carburo, desvío cantidad de Carburo Alta.

Tabla 3.2 - Bloque: Generador de Acetileno

PARAMETRO	DESVIO	FRECUENCIA	SEVERIDAD	NIVEL DE RIESGO	F	C	R
Presión	Alta	Improbable	Catastrófica	Aceptable	5	1	4
	Baja	Improbable	Catastrófica	Aceptable	5	1	4
	Vacío	Improbable	Catastrófica	Aceptable	5	1	4
Temperatura	Alta	Improbable	Catastrófica	Aceptable	5	1	4
Nivel	Alto	Improbable	Catastrófica	Aceptable	5	1	4
Nivel	Bajo	Improbable	Catastrófica	Aceptable	5	1	4
Agitación	No	Remoto	Despreciable	Aceptable	4	5	4
Caudal	Bajo	Remoto	Despreciable	Aceptable	4	5	4

Recomendaciones:

- Verificar el cumplimiento del Programa de Mantenimiento In Situ con los respectivos registros de verificaciones y calibraciones cuando el equipo así lo requiera, además de las verificaciones operacionales (check - list).
- Mediante observaciones a los operarios, verificar la correcta aplicación del procedimiento de operación de la planta.
- Reentrenamiento de todos los operarios sobre el procedimiento de operación de la planta y establecer periodicidad de 3 a 6 meses para refrescar todos los procedimientos de operación de la planta así como las verificaciones operacionales.
- Las revisiones eléctricas que incluyen alarmas no fueron consideradas en el plan de mantenimiento, modificar el plan de mantenimiento e incluir periodicidad para la revisión de todo el sistema eléctrico y de alarmas.

Tabla 3.3 - Bloque: Aire de Instrumentación

PARAMETRO	DESVIO	FRECUENCIA	SEVERIDAD	RIESGO	F	C	R
Presión	No	Improbable	Despreciable	Aceptable	5	5	4

Recomendaciones:

- El sistema de aire de instrumentación no se encuentra incluida como ítem crítico en el Plan de Mantenimiento, considerarlo.
- No se cuenta con un pulmón de reserva en caso falle el compresor del sistema de Instrumentación.
- Instalar alarma que indique alguna falla o no operación del compresor del sistema de Instrumentación.

7. Comunicación de los Resultados Obtenidos

Todos los resultados obtenidos en el estudio fueron comunicados a la Gerencia de Operaciones, inmediatamente después de haber sido redactado el informe final.

En la reunión de presentación de los resultados del estudio, a pesar de haber obtenido en las evaluaciones de peligros, la mayoría de riesgos de nivel aceptable, se vió la necesidad de corregir e implementar todos los controles necesarios para minimizar la ocurrencia de los desvíos identificados por el equipo HAZOP.

Para esto se comunicó también a la Gerencia General buscando el respaldo y compromiso en la ejecución del Plan de Acción que más adelante se explicará en el Capítulo IV.

CAPÍTULO IV – ESTABLECIMIENTO DE MEDIDAS CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS

“EL PREVENCIÓNISMO EN SU MÁS AMPLIO SENTIDO EVOLUCIONÓ DE UNA MANERA CRECIENTE, ENGLOBANDO UN NÚMERO CADA VEZ MAYOR DE FACTORES Y ACTIVIDADES, DESDE LAS PRECOCES ACCIONES DE REPARACIÓN DE DAÑOS (LESIONES) HASTA UNA CONCEPCIÓN BASTANTE AMPLIA, DONDE SE BUSCÓ LA PREVENCIÓN DE TODAS LAS SITUACIONES GENERADORAS DE EFECTOS INDESEADOS AL TRABAJO.”

FRANCESCO M.G.A.F. DE CICCIO E MÁRIO LUIZ FANTAZZINI

1. Plan de Acción

El Plan de Acción se emitió considerando el corregir las condiciones identificadas durante y como resultado del análisis realizado, además el grado de importancia establecido en cada acción a tomar está basado en los niveles de riesgo identificados en el estudio HAZOP. El establecimiento del plan de acción se realizó en coordinación entre las respectivas Gerencias de Operaciones, Mantenimiento, SSMA y el área de Logística con la Gerencia General para garantizar que los plazos sean reales y las acciones a tomar estén de acuerdo a las políticas de la empresa.

2. Tiempos Estimados de Cumplimiento

En la tabla 4.1 se muestra el Plan de Acción generado por el Estudio y en consenso de todos los involucrados.

Todos los 15 ítems del plan de acción fueron cumplidos en el plazo establecido por los responsables asignados para cada ítem, el área de SSMA se encargó de hacerle seguimiento hasta su total cumplimiento.

Tabla 4.1 Plan de Acción resultado del estudio HAZOP realizado el Generador de Acetileno

Planta		PLAN DE ACCION							
Responsable		Callao - Acetileno							
		SSMA - Mantenimiento - Operaciones - Logística							
N°	Items identificados	Acción a tomar	Fecha de identificación	Fecha limite de cumplimiento	Importancia	Responsable	Días	Status	Observaciones
ALIMENTACION DEL GENERADOR DE ACETILENO									
1	El desvío por Presión Alta en la Alimentación de Carburo, depende del estado de válvulas de proceso, válvulas de seguridad (PSV), Indicadores de Presión, entre otros instrumentos los cuales se encuentran incluidos en el Plan de Mantenimiento como críticos pero no se evidenciaron los registros de inspección y/o calibración.	Verificar el cumplimiento del Programa de Mantenimiento In Situ con los respectivos registros de verificaciones y calibraciones cuando el equipo así lo requiera, además de las verificaciones operacionales (check - list).	03/11/2008	15/12/2008	Moderada	Javier Marquez	0	TERMINADO	
2	Posibles fallas de los operarios en la aplicación de los procedimientos de Inertización del Silo y Alimentación podrían generar desvíos de Presión Alta, Concentración Alta de Acetileno, y Cantidad Alta o Ausencia de Carburo de Calcio en los silos de Alimentación.	Mediante observaciones a los operarios, verificar que los procedimientos de Alimentación de carburo de calcio al generador de acetileno e Inertización sean correctamente ejecutados para controlar los desvíos identificados.	03/11/2008	15/12/2008	Alta	SSMA	0	TERMINADO	
3	No se evidenciaron certificados de calidad del Carburo de Calcio, así como certificados de especificaciones de tamaño adecuado para la operación del Generador, la Granulometría Alta es relacionada como desvío.	Verificar que el Carburo de Calcio sea de buena calidad y coordinar que el proveedor cumpla con las especificaciones adecuadas para la operación del Generador	03/11/2008	31/12/2008	Leve	Logística - J. Marquez	0	TERMINADO	
4	El sistema de inertización está incluido en el Plan de Mantenimiento pero no como ítem crítico.	Considerar el sistema de inertización como crítico en el Programa de Mantenimiento.	03/11/2008	17/11/2008	Baja	Mantenimiento	0	TERMINADO	
5	No se tiene un método o sistema de medición eficaz de la cantidad de carburo cargada por servicio en el Generador de Acetileno	Diseñar un sistema de Medición de carga para el Carburo, desvío cantidad de Carburo Alta.	03/11/2008	15/12/2008	Alta	Mantenimiento	0	TERMINADO	
GENERADOR DE ACETILENO									
6	Se evidenció el Plan de Mantenimiento con algunos registros de las calibraciones de los equipos y verificaciones operacionales.	Verificar el cumplimiento del Programa de Mantenimiento In Situ con los respectivos registros de verificaciones y calibraciones cuando el equipo así lo requiera, además de las verificaciones operacionales (check - list).	04/11/2008	15/12/2008	Alta	Mantenimiento - SSMA	0	TERMINADO	
7	No se pudo verificar la ejecución de labores de planta de los operarios de acuerdo a los procedimientos de operación y funcionamiento de la Planta de Acetileno	Mediante observaciones a los operarios, verificar la correcta aplicación del procedimiento de operación de la planta.	04/11/2008	15/12/2008	Alta	SSMA - J. Marquez	0	TERMINADO	
8	El último entrenamiento de todos los operarios sobre el procedimiento de operación de la planta y verificaciones operacionales fué en Enero del 2008.	Reentrenamiento de todos los operarios sobre el procedimiento de operación de la planta y establecer periodicidad de 3 a 6 meses para refrescar todos los procedimientos de operación de la planta así como las verificaciones operacionales.	04/11/2008	15/12/2008	Alta	Javier Marquez	0	TERMINADO	
9	Las revisiones eléctricas que incluyen alarmas no fueron consideradas en el plan de mantenimiento como crítico.	Modificar el plan de mantenimiento e incluir periodicidad para la revisión de todo el sistema eléctrico y de alarmas.	05/11/2008	15/12/2008	Alta	Mantenimiento	0	TERMINADO	
AIRE DE INSTRUMENTACION									
10	El sistema de aire de instrumentación no se encuentra incluida como ítem crítico en el Plan de Mantenimiento.	Modificar el plan de mantenimiento e incluir sistema de aire de instrumentación como crítico.	05/11/2008	17/11/2008	Baja	Mantenimiento	0	TERMINADO	
11	No se cuenta con un pulmón de reserva en caso falle el compresor del sistema de Instrumentación.	Instalar pulmón de reserva en el Sistema de Instrumentación de la Planta.	05/11/2008	15/12/2008	Moderada	Javier Marquez	0	TERMINADO	
12	EL compresor del sistema de Instrumentación no cuenta con una alarma o dispositivo de aviso en caso este deje de funcionar.	Instalar alarma que indique alguna falla u no operación del compresor del sistema de Instrumentación.	05/11/2008	15/12/2008	Moderada	Javier Marquez	0	TERMINADO	
O T R O S - V A R I O S									
13	No se evidenció ubicación de PI&D en la planta de Acetileno, el PI&D se encontraba en poder de Mantenimiento	Facilitar copia de PI&D, que este al alcance de todos los funcionarios de la planta	03/11/2008	17/11/2008	Baja	Javier Marquez	0	TERMINADO	
14	Varios de los Procedimientos de Operación de la planta no se encontraron en la Planta de Acetileno	Mantener actualizado File de Procedimientos Operacionales y Emergencia en la planta	03/11/2008	17/11/2008	Moderada	Javier Marquez	0	TERMINADO	
15	No se evidenció uso del cuaderno de ocurrencias por parte de los operarios, este cuaderno permite registrar cualquier evento y/o estado de las operaciones de la planta	Entrenamiento de todos los operarios sobre el uso y aplicación del cuaderno de ocurrencias, durante la operación de planta.	04/11/2008	15/12/2008	Alta	Javier Marquez	0	TERMINADO	

CAPÍTULO V – CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS Y RECOMENDACIONES

“EL HOMBRE QUE PONE EN DISCUSIÓN UNA CUESTIÓN SOCIAL IMPORTANTE MERECE RESPETO Y ADMIRACIÓN, PERO AQUEL QUE DECLARA INSISTENTEMENTE POSEER LA RESPUESTA, DEBE SER MIRADO CON DESCONFIANZA”

JAMES L. KUETHE

1. Conclusiones de los Resultados Obtenidos

- El acetileno es un gas altamente inflamable y ligeramente más liviano que el aire, debido a su naturaleza química presenta inestabilidad para ser llenado en cilindros de acero como otros gases, por lo que es el único gas que necesita ser disuelto en acetona dentro de una masa porosa para poder alcanzar estabilidad y poder ser manipulado para su posterior uso en principalmente corte de metales, soldaduras oxiacetilénicas, manuales y calentamiento de metales en ambientes abiertos.
- En la industria de los gases, el acetileno puede producirse por medio de la reacción de carburo de calcio en agua, dentro de un equipo gasógeno bajo ciertas condiciones de operación y medidas operativas.
- Podemos concluir que como parte de un sistema de gerenciamiento de seguridad de proceso, un análisis de riesgo es parte fundamental

en la estructura de este sistema de gestión ya que permite gerenciar el riesgo de un proceso en sus diversas etapas durante su ciclo de vida (Desarrollo, Diseño, Construcción, Operación, Desactivación y Desmantelamiento) las evaluaciones de peligro revelan de manera eficiente carencias en el diseño y la operación antes de que una unidad sea ubicada, construida, u operada, aprovechando así de manera eficaz los recursos designados a garantizar la seguridad y la vida productiva de la planta.

- La aplicación del método de análisis de riesgo HAZOP permitió revisar de manera minuciosa el proceso de Generación de Acetileno para determinar desviaciones de proceso que puedan conducir a consecuencias indeseables durante la operación de la planta.
- Además, comparado con otros métodos, su aplicación permite un “Brainstorming” estructurado de forma sistemática, empleando un orden lógico ya que sigue una serie de pautas pre-establecidas (las palabras guía).
- Para la ejecución del estudio HAZOP, los bloques o nodos en los cuales se dividió el generador de acetileno fueron tres: la Alimentación del Generador, el Generador propiamente dicho y el Aire de Instrumentación.
- La mayoría de los desvíos encontrados para los bloques estudiados fueron del tipo de riesgo aceptable. Los desvíos que no se consideraron en el estudio fueron debido a que no generaban consecuencias indeseables para la operación, incluso en muchos casos optimizaban el proceso (por ejemplo la granulometría como desvío en baja mejoraba el rendimiento de la producción del acetileno ya que demoraba menos tiempo en reaccionar con el agua).
- El método HAZOP original permite un análisis cualitativo de los desvíos encontrados, para el presente estudio se hizo una variación

del método agregándole la valoración de frecuencia, y severidad a los desvíos para definir niveles de riesgo y de esta manera se le daba un mayor carácter cuantitativo al análisis realizado.

- El Plan de Acción establecido buscó corregir todas las condiciones inadecuadas para el proceso que fueron identificadas durante el estudio, además se clasificó y priorizó las acciones basado en la severidad que podría desencadenar los desvíos identificados para los tres bloques estudiados.
- El apoyo de la Gerencia General y de la primera línea de mando de la empresa fué fundamental para el éxito del estudio ya que permitió la agilidad en las coordinaciones con el personal involucrado y además el poder llevar a cabo el plan de acción al 100%.

2. Recomendaciones

- Los miembros del equipo de trabajo deben tener gran familiaridad con la industria de procesos. El equipo debe estar conformado por un número equilibrado de miembros de la organización a nivel multidisciplinario, que involucre diversos tipos de profesionales y técnicos relacionados íntimamente con el proceso a estudiar.
- La elección de los equipos de trabajo debe estar basada además de su conocimiento del proceso, en su capacidad de interrelación y proactividad para la ejecución del estudio.
- La capacidad del líder del equipo de trabajo es de gran importancia al momento de llevar a cabo el análisis, se recomienda que los líderes o cabezas de grupo tengan habilidades en el manejo de las relaciones interpersonales, que permitan que el flujo de comunicación sea constante entre todos los miembros del grupo y así llevar a cabo el estudio de manera organizada y sistemática.

- Es recomendable que todos los procedimientos de seguridad, mantenimiento, operación, etc. que van a ser revisados y estudiados estén actualizados y completamente divulgados e implementados y que esto sea reflejado en las operaciones de la planta.
- Se recomienda para este tipo de análisis recopilar todas las informaciones necesarias referidas al Programa de Mantenimiento establecido para el(los) equipo(s) estudiado(s) tanto manejo de data documentaria como verificaciones In Situ de los respectivos registros, verificaciones operacionales, calibraciones y toda la información que esto involucre.
- El manejo de informaciones relacionadas a la seguridad del proceso como diagramas de ingeniería, procedimientos de operación, manuales de los equipos, hojas de seguridad, verificaciones operacionales, planes de mantenimiento, identificación de componentes de proceso, checklists, procedimientos de seguridad, plan de contingencia, etc. debe ser de carácter general y de conocimiento obligatorio para todos los involucrados en el proceso así mismo las responsabilidades deben ser asumidas por las personas responsables.
- Tanto antes, durante y después de la ejecución del estudio, la comunicación de todas las informaciones de la planta es vital, debe de ser en flujo a doble vía y con data actualizada, se recomienda la implementación de sistemas de identificación y reportes de condiciones en el proceso que presenten algún tipo de potencial para la ocurrencia de algún evento de seguridad de proceso (Por ejemplo: implementar un reporte inmediato de identificación de condiciones de proceso que permita informar por ejemplo, la falta de calibración en algún equipo, falla en alguna alarma, fuga en la bomba de aceite, etc.).

FUENTES DE INFORMACIÓN

- **American Institute of Chemical Engineers.** *Evaluating Process Safety in the Chemical Industry.* [Segunda edición], Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, New York, Estados Unidos, 1995.
- **American Institute of Chemical Engineers.** *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures.* [Segunda edición], Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, New York, Estados Unidos, 1995.
- **American Institute of Chemical Engineers.** *Journals – Bulletins.* New York, Estados Unidos.
- **American Institute of Chemical Engineers.** *Plant guidelines for technical management of chemical process safety.* [Segunda edición], Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, New York, Estados Unidos, 1995.
- **Burns, Thomas E.** *Serious Incident Prevention.* [Segunda edición], Elsevier Science, Woburn, Estados Unidos, 2002.
- **Compressed Gas Association.** *G-1 Acetylene* [Onceava edición], Compressed Gas Association, Versión Electrónica, Estados Unidos, 2002.
- **Compressed Gas Association.** *G-1.2 Acetylene Metering and Piping* [Tercera edición], Compressed Gas Association, Versión Electrónica, Estados Unidos, 2006.
- **Creus Sole, Antonio** *Instrumentación Industrial.* [Séptima edición], Alfaomega y Marcombo, México D.F. México, 2005.
- **De Cicco, Francesco M.G.A.F y Fantazzini, Mario Luiz.** *Tópicos especiales de gerenciamiento de riesgos.* [Primera edición], ITSEMAP del Brasil, Sao Paulo, Brasil, 1994.
- **Jones, D.R.H.** *Failure Analysis Case Studies II - A sourcebook of case studies selected from the pages of Engineering Failure Analysis 1997-1999* [Primera edición], Elsevier Science, Oxford, Reino Unido, 2001.

- **Kletz, Trevor** *¿Qué Falló? Desastres en Plantas con Procesos Químicos ¿Cómo evitarlos?* [Traducido de la cuarta edición en inglés de *What Went Wrong*] [Primera edición en español], McGraw-Hill/Interamericana de España, Madrid, España, 2002.
- **Lees, Frank P.** *Loss Prevention in the Process Industries*. [Segunda edición], Butterworth - Heinemann, Oxford, Reino Unido, 1996.
- **Louvar, Joseph F. and B. Diane.** *Health and Environmental Risk Analysis – Fundamentals with Applications*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, Estados Unidos, 1998.
- **Molak, Vlasta** *Fundamentals of Risk Analysis and Risk Management*. Lewis Publishers, Florida, Estados Unidos, 1996.
- **National Fire Protection Association NFPA 51A - Standard for Acetylene Cylinder Charging Plants**, National Fire Protection Association, Florida, Estados Unidos, 2001
- **Nolan, Dennis P.** *Application of HAZOP and What-If safety reviews to the Petroleum, Petrochemical & Chemical Industries*. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, New Jersey, Estados Unidos, 1994.
- **Rosaler, Robert C.** *Standard Handbook of Plant Engineering*. [Tercera edición], McGraw-Hill, Digital Engineering Library, 2004
- **Sanders, Roy** *Chemical Process Safety - Learning form Case Histories* [Primera edición], Butterworth - Heinemann, Woburn, Estados Unidos, 1999.
- **Speight, James** *Chemical and process design handbook* [Primera edición], McGraw-Hill, New York, Estados Unidos, 2002.
- **Storch de Gracia, J.M.** *Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras*. [Primera edición], McGraw-Hill/Interamericana de España, Madrid, España, 1998.
- **Vincoli, Jeffrey W.** *Basic Guide to System Safety* [Segunda edición], John Wiley & Sons, Inc, New Jersey, Estados Unidos, 2006.

ANEXOS

ANEXO 1 - REFERENCIA NORMATIVA INTERNACIONAL

1. American Petroleum Institute

Norma API 750 – “Gerenciamiento de Peligros de Proceso”

La API 750 viene a ser una práctica recomendada por el Instituto Americano de Petróleo, la cual establece 11 áreas de acción indispensables para la prevención de eventos catastróficos en los procesos:

- Informaciones de Seguridad en el Proceso.
- Análisis de Peligros de Proceso.
- Gerenciamiento del Cambio
- Procedimientos de Operación
- Prácticas de Trabajo Seguro
- Entrenamientos
- Garantizar la calidad e integridad mecánica de los equipos críticos.
- Revisión de Seguridad en Pre – Partida
- Respuesta y Control de Emergencias
- Investigación de Incidentes relacionados al proceso.
- Auditoría de los sistemas de Gerenciamiento de Seguridad de Proceso.

En la sección 3 de este documento, se describe la importancia del Análisis de Peligros de Proceso para minimizar la probabilidad de ocurrencia y consecuencias de los eventos de proceso, se menciona una metodología general para estos estudios, las pautas a seguir, los Equipos de Análisis, además de establecer la necesidad de Análisis Periódicos y la emisión del reporte final.

2. Occupational Safety & Health Administration

29 CFR – 1910.119 “Gerenciamiento de la Seguridad de Procesos con Químicos Altamente Peligrosos”

Este código de regulación federal contiene las exigencias para prevenir o reducir al mínimo las consecuencias de las liberaciones catastróficas de sustancias químicas tóxicas, reactivas, inflamables, o explosivas. Estas liberaciones pueden resultar en peligros de explosión, fuego o del tipo tóxico. Los elementos del Sistema de Gestión de Procesos exigido son:

- Participación del Empleado
- Informaciones de Seguridad en el Proceso.
- Análisis de Peligros de Proceso.
- Procedimientos de Operación
- Entrenamiento
- Contratistas
- Revisión de Seguridad en Pre – Partida
- Integridad Mecánica
- Permisos de Trabajo en Caliente
- Gerenciamiento del Cambio
- Investigación de Incidentes
- Respuesta y Control de Emergencias
- Auditoría de Cumplimiento

Tal como se aprecia, es exigido un Análisis de Peligro de Proceso Inicial, el cual debe ser realizado dependiendo de la complejidad del proceso (What If, HAZOP, Árbol de Fallas, Checklists, u otro análisis equivalente) además se establece que este análisis debe ser revalidado y actualizado cada cinco años, cabe señalar que el Acetileno no está considerada en la lista de Sustancias Químicas sumamente Peligrosas, Tóxicas y Reactivas que deben cumplir con esta normativa.

El Apéndice C de esta regulación americana sirve como una guía para ayudar a los empleadores y empleados con el cumplimiento de esta sección, así como el proporcionar otras recomendaciones e informaciones de ayuda.

3. Environmental Protection Agency

40 CFR – Parte 68 “Guía General de Programas de Gerenciamiento de Riesgo para Prevención de Accidentes con Químicos”

Esta regulación publicada para la prevención de accidentes químicos en instalaciones que usan sustancias sumamente peligrosas establece como obligatorio que cada instalación cuente con su Plan de Gerenciamiento de Riesgos, este plan se basó en códigos de industria existentes y normas.

Por lo que se exige a las empresas de todos los tamaños que usan ciertas sustancias inflamables y tóxicas para desarrollar un Programa de Gestión de riesgos, que incluye:

- La evaluación de peligro que detalla los efectos potenciales de una liberación accidental, un historial de accidentes de los cinco años pasados, una evaluación del evento más grave;
- El programa de prevención que incluye precauciones de seguridad y mantenimiento, supervisión, y entrenamiento de los operadores;
- Programa de respuesta de emergencias que cubre detalladamente la asistencia médica, entrenamiento de los trabajadores, procedimientos para informar al público y la forma como deberían responder las agencias (por ejemplo el cuerpo de bomberos) en caso ocurra un accidente.

El Programa de Gestión de Riesgos trata de reducir el riesgo químico a nivel local. Esta información ayuda al personal de la compañía de fuego, la policía, y el personal de respuesta de emergencias (quien debe estar preparado para responder a los accidentes químicos), y es útil a los ciudadanos en el entendimiento de los peligros químicos en la comunidad.

Además esta documentación es enviada a la EPA y hecha disponible al público, estimulando la comunicación entre la industria y el público aledaño a ella y buscando mejorar la prevención de posibles accidentes y prácticas de respuesta de emergencias a nivel local.

ANEXO 2 - EVENTOS DE SEGURIDAD CON GENERADORES DE ACETILENO

1. Accidente Fatal – Planta de Acetileno, Unidad Salvador, Brasil

Contenido:

Descripción del Accidente

Fecha del Accidente: 05 / 01 / 2002

El operador Mauricio Dias dos Reis, de 41 años, casado, con 21 años trabajando en White Martins, y el Operador José Jorge Souza de Menezes, de 35 años, casado, con 8 años en White Martins, salieron de la plataforma de acetileno corriendo en dirección al portón de salida de la Unidad, después de ser alcanzados por un flash de fuego en la sala de generación de acetileno.

Ellos fueron inmediatamente llevados para el Hospital, donde recibieron los primeros auxilios y fueron trasladados a la Unidad de Cuidados Intensivos.

Los dos operadores sufrieron quemaduras en más de 85% de sus cuerpos y fallecieron los días 13 y 15/01/2002, respectivamente.

Datos Relevantes

1. El 02/01/2002, se limpió el generador y durante su mantenimiento fue identificada la necesidad de cambiar las partes internas de la válvula de descarga de Carburo de Calcio. Debido a la falta de tiempo, esta actividad fue programada para el 07/01/02.
2. El 04/01/2002, el Supervisor de Producción Paulo Roberto planeó las actividades para los dos turnos del día 05/01/2002 (Sábado), cuando ellos deberían llenar los cilindros, drenar e purgar el generador. El primer turno estaba programado para trabajar desde las 06:00h hasta 10:00h e el segundo turno desde las 10:00h hasta 14:00h.
3. El 04/01/2002, los operadores recibieron el uniforme Nomex y fueron entrenados para usarlos, pero a la hora del accidente ellos no lo estaban usando.

4. El 05/01/2002, a las 10 horas, el Gerente de Operaciones, Claudio Lacerda, nuevamente dió las instrucciones al operador Mauricio Dias dos Reis para drenar y purgar el generador.
5. El 05/01/02, el primer turno terminó la operación como fue planeado normalmente y el segundo turno continuo la operación hasta aproximadamente las 11:30h, cuando ellos debieron interrumpir la operación, purgar e iniciar la operación de drenaje del Cal de Carburo de Calcio del generador de Acetileno.

Causa Raíz

Falla en el Gerenciamiento / Falla de los Operadores

Causa Secundaria – Falla de Mantenimiento / Falla de los Operadores.

2. Accidente – Planta de Acetileno, Unidad Belém, Brasil

Contenido:

Descripción del Accidente

Fecha del Accidente: 04 / 06 / 1998

Durante la operación de alimentación del generador de acetileno, el operador de producción de gases abrió la tapa del silo y al accionar el elevador eléctrico, de modo que se pueda acoplar el bag, ocurrió un flash seguido de una violenta liberación de energía.

El evento ocurrió debido a la presencia de acetileno en el silo, esto sucedió ya que no se cumplió el procedimiento de despresurización/ inertización del sistema. El acetileno fué liberado después de la apertura del silo y a través de una centella liberada en la botonera de accionamiento del elevador eléctrico, ocurrió la ignición de la mezcla inflamable producida.

3. Accidente Serio – Planta de Acetileno, Brasil

Contenido:

Descripción del Accidente

Fecha del Accidente: 15 / 10 / 2001

El operador Adriano Aparecido Feriani, de 27 años, al realizar el trabajo de abastecimiento de carburo de calcio al Hooper del generador 03, despresurizó el silo a través de la válvula de venteo y pisó el pedal para la inertización del silo manteniendo presionada por cierto tiempo. Después de esta operación, el abrió la válvula del silo y posicionó el bag en el Hooper utilizando el elevador eléctrico, y en seguida abrió el bag, derramando las piedras dentro del Hooper. El funcionario estaba ubicado con la mano izquierda empujando el bag hacia el Hooper y con la mano derecha estaba con un cabo de madera direccionando lo restante del carburo hacia adentro del silo, cuando ocurrió un flash.

Descripción de la lesión: Quemadura de 2º grado en el dorso de la mano izquierda y de 1º grado en el cuello/cara.

Causa Raíz : Falla del Operador

- Operador no siguió el procedimiento de carga de carburo (**Causa Raíz**)
- Operador no usaba guantes y ninguna ropa resistente a fuego (Causa contribuyente).
- Operador provocó la ignición de la mezcla inflamable (aire + acetileno) al forzar la entrada del carburo de calcio que estaba preso al ingreso del silo (Causa contribuyente).

ANEXO 3 - TABLAS HAZOP DEL GENERADOR DE ACETILENO

HAZOP - ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD

Estudio: ACETILENO - CALLAO / PRAXAIR PERU S.R.L. **Fecha:**

Hoja:1

Equipo: GENERADOR/ALIMENTACION DE LOS SILOS

Bloque, instrucción, Operación : ALIMENTACION DE LOS SILOS

PARAMETRO	DESUDIO	POSIBLES CAUSAS	CONSECUENCIAS	INDICADOR	F	C	R	RECOMENDACIONES
Presión	Alta	* Falla de válvula reguladora de equalización de los silos de presiones - B4200AC * Falla del operador * Falla en el sello de caucho por desgaste (disco de compresión) * Nivel de aceite insuficiente para trabajo de pistón. * Rotura del resorte de compresión. * Saturación del filtro (screen) del venteo del HOOPER	Aumento de presión en el silo (HOOPER)	PI4204 / PI4205	4	3	4	* Abrir valvula manual de alivio - V4200Aca/Acb * Cumplimiento del programa de mantenimiento y verificaciones operacionales (check - list)
Granulometría	Alta	* Falla del proveedor. * Material fuera de especificación.	Obstrucción del sin - fin de carga (ruptura del sin-fin) Fuga de acetileno del Generador al Silo.	Sonido	4	5	4	* Inspección visual previa a la carga
Concentración de Acetileno	Alta	* Inertización deficiente * Fuga en el Sin-fin (retorno) - sello de caucho	* Posible flash de deflagración en la apertura del silo. * Lesión del operador.	* Olor característico * PI 4208 - Presión igual a la del generador	4	2	3	* Verificar Gas de Inertización * Nota 1
Cantidad de Carburo	Alta	Sobreexceso de carga de carburo	* Se obstruyen valvulas de venteo o cierre * Ruptura de las bases de los soportes de los hoopers	< 525 Kg de Carburo	4	2	3	Verificar la carga de carburo en cada lata
	Ausencia	Silos vacios	Ingreso de aire al Compresor	PI4208	4	2	3	Llevar control de Consumo de Carburo en los silos

Nota 1: Verificar programa de calibración y Mantenimiento de equipos e instrumentos

Nota 2: Seguir procedimientos operacionales

HAZOP - ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD

Estudio: ACETILENO - CALLAO / PRAXAIR PERU S.R.L.

Fecha:

Hoja:2

Equipo: GENERADOR DE ACETILENO

Bloque, instrucción, Operación : GENERADOR

PARAMETRO	DESVIO	POSIBLES CAUSAS	CONSECUENCIAS	INDICADOR	F	C	R	RECOMENDACIONES
Presión	Alta	Parada de compresores. Falla Válvula X4204Ac Exceso de carburo Falla PSV4201ACa y/o PSV4201ACb Falla PSHH4202 / TSAH4202	- Ruptura del generador - Descomposición del gas, riesgo de deflagración.	PI4206, PI4207 PI4208, PI4209	5	1	4	- Notas 1, 2 y 3 - Cumplir con el programa de verificaciones operacionales
	Baja	Falta de alimentación de carburo y falla del presostato de baja PSL 4200 Válvula de venteo V4200Aca/Acb	Parada del compresor por corte de presostato PSL4200 si falla puede formar mezclas inflamables en el compresor. Parada de la planta.	PI4206, PI4207 PI4208, PI4209	5	1	4	Nota 2
	Vacío	Falla de presostato de baja para corte de compresor. PSL4203 / PSL4206	Entrada de aire al generador con formación de mezcla inflamable con posible explosión del generador por causa de ignición	PI4208, PI4213. PI4214	5	1	4	Nota 2

Nota 1: Verificar programa de calibración y Mantenimiento de equipos e instrumentos

Nota 2: Seguir procedimientos operacionales

Nota 3: Verificar los parámetros de operación

HAZOP - ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERATIBILIDAD

Estudio: ACETILENO - CALLAO / PRAXAIR PERU S.R.L.

Fecha:

Hoja:3

Equipo: GENERADOR DE ACETILENO

Bloque, instrucción, Operación : GENERADOR

PARAMETRO	DESVIO	POSIBLES CAUSAS	CONSECUENCIAS	INDICADOR	F	C	R	RECOMENDACIONES
Temperatura	Alta	Insuficiencia de agua. Ingreso de agua con temperatura elevada. Obstrucción de duchas. Falla TIAH.4202 y/o TIC4203 Falta aire de instrumentación Falla del operador. Falla de válvula piloto o válvula de entrada de agua	Suena la alarma Descomposición del gas Aumento de la presión del generador. Parada de la planta	TIAH 4202 PI 4200 TSAH 4202	5	1	4	Notas 1, 2 y 3
Nivel	Alto	Falla de válvula PCV1800W. Falla de aire. Falla de la válvula de drenaje LV 4204 Válvula de descarga cerrada X1810A Obstrucción de la línea de drenaje. Falla en la alarma Falla del operador. Falla del controlador de nivel alto. Falla controlador descarga de borra.	Obstrucción en la línea de gas. Parada de la planta. Pérdida de producción Posible inundación de los silos (Hooper)	PI 4202 LSAH 4202	5	1	4	Notas 1, 2 y 3

Nota 1: Verificar Programa de Calibración y Mantenimiento de equipos e instrumentos

Nota 2: Seguir procedimientos operacionales

Nota 3: Verificar Parámetros de Operación

HAZOP - ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERATIBILIDAD

Estudio: ACETILENO - CALLAO / PRAXAIR PERU S.R.L.

Fecha:

Hoja: 4

Equipo: GENERADOR DE ACETILENO

Bloque, instrucción, Operación : GENERADOR

PARAMETRO	DESVIO	POSIBLES CAUSAS	CONSECUENCIAS	INDICADOR	F	C	R	RECOMENDACIONES
Nivel	Bajo	Falla válvula de drenaje Traba de válvula PCV1800W. Falla controlador de descarga. Falla operador. Falla alarma.	Parada de la planta Aumento de temperatura	PI4203 LSAL4203 TIAH 4202	5	1	4	Notas 1 y 2
Agitación	No	Falla del agitador Falla eléctrica Falla del motor Falla del temporizador	Decantación de borra Parada de la planta	Sonido	4	5	4	Notas 1, 2 y 3
Caudal	Bajo	Falla de la válvula de línea de retorno. Falla de operador Obstrucción de la línea Válvula de entrada de agua cerrada. Falla de la bomba Falla del operador	Pérdida de rendimiento. Aumento de temperatura Parada de la planta	FIQ 1800 PI 1805 TIAH 4202	4	5	4	Notas 1 y 2

Nota 1: Verificar Programa de Calibración y Mantenimiento de equipos e instrumentos

Nota 2: Seguir procedimientos operacionales

Nota 3: Verificar Parámetros de Operación

HAZOP - ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD

Estudio: ACETILENO - CALLAO / PRAXAIR PERU S.R.L.

Fecha:

Hoja: 5

Equipo: GENERADOR DE ACETILENO

Bloque, instrucción, Operación : AIRE DE INSTRUMENTACION

PARAMETRO	DESVIO	POSIBLES CAUSAS	CONSECUENCIAS	INDICADOR	F	C	R	RECOMENDACIONES
Presión	No	Falla del compresor. Pérdida en la línea Obstrucción en la línea. Falla de válvula reguladora.	Parada de planta Todas las alarmas de la planta colapsan	PI 506A, PI 500	5	5	4	Notas 1 y 2 Instalar pulmón de reserva y alarma

Nota 1: Verificar Programa de Calibración y Mantenimiento de equipos e instrumentos

Nota 2: Seguir procedimientos operacionales

ANEXO 5 - P&ID DEL GENERADOR DE ACETILENO Y OTROS EQUIPOS

ANEXO 6 - HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS – GENERADOR DE ACETILENO



EQUIPOS DE PLANTA ACETILENO CALLAO

GENERADOR ESTACIONARIO DE ACETILENO

1 DATOS GENERALES

MARCA	:	REXARC
MODELO	:	2400ATX
N° DE SERIE	:	ATX 12838 - S
CAPACIDAD	:	2,4 TON/DIA
PROCEDENCIA	:	USA

2 DATOS TECNICOS

CAPACIDAD DE CARBURO POR HOPPER	:	1200 LBS.
TIPO DE CARBURO	:	CARBURO DE CALCIO 0 - 80
TAMAÑO DE CARBURO	:	GRADO ENTRE 4Y 80 MM.

CAPACIDAD DE GENERACION ACETILENO : 7600 PIE CUBICO/HORA

CON 02 UNIDADES DE HOPPER CAPACIDAD 1200 LBS. C/U
CON SUS RESPECTIVOS MOTORES DE ALIMENTACION ANTI-EXPLOSION

CON 02 UNIDADES DE CONDENSACION DE 26 Ø X 174 CM.

CON 01 UNIDAD DE PURIFICACION PARA ACETILENO ESTANDART
CAPACIDAD DE TIERRA FILTRANTE: 1600 LIBRAS

CON 01 UNIDAD DE PURIFICACION PARA ACETILENO ESPECIAL
CAPACIDAD DE TIERRA FILTRANTE: 1600 LIBRAS

CON 02 UNIDADES SECADORAS DE BAJA PRESION DE 60 Ø X 137 CM

CON 02 UNIDADES LAVADORA DE GASES DE 55 Ø X 62 CM.

MOTOR DEL AGITADOR DEL GENERADOR**1 DATOS GENERALES**

MARCA	HOWELL ELECTRIC MOTOR
MODELO	C23A T5148

2 DATOS TECNICOS

POTENCIA	3 / 4 HP
VOLTAJE	230 - 460
AMPERAJE	2.4 - 1.2
REVOLUCIONES	1725 - 1425 RPM
FRECUENCIA	60 - 50 HZ
FRAME	D560

REDUCTOR DE VELOCIDAD DEL AGITADOR**1 DATOS GENERALES**

MARCA	GROVE GEAR
MODELO	BMX325 - 2
SERIE	7007850182
POTENCIA	1.51 HP
REVOLUCIONES	1750 RPM
RATIO	60 a 1
FACTOR DE SERVICIO	1

BOMBA DE TANQUE DE AGUA AL GENERADOR**1 DATOS GENERALES**

MARCA	:	AURORA PUMPS
MODELO	:	30MP
N° DE SERIE	:	19431

2 DATOS TECNICOS

ROTACION	:	82 RPM
----------	---	--------

MOTOR**1 DATOS GENERALES**

MARCA	:	GENERAL ELECTRIC
MODELO	:	5KK224070

2 DATOS TECNICOS

TIPO	:	K
POTENCIA	:	2 HP
VOLTAJE	:	220/440 V
AMPERAJE	:	5,84/2,92 A
REVOLUCIONES	:	1735 RPM
FRECUENCIA	:	60 Hz
FASES	:	3
RPM	:	1735

BOMBA DE TANQUE DE AGUA AUXILIAR AL GENERADOR**1 DATOS GENERALES**

MARCA	:	AURORA PUMPS
MODELO	:	LHH5 AI
N° DE SERIE	:	

2 DATOS TECNICOS

ROTACION	:	1735rpm
----------	---	---------

MOTOR**1 DATOS GENERALES**

MARCA	:	WEG
MODELO	:	

2 DATOS TECNICOS

TIPO	:	TE16
POTENCIA	:	3HP
VOLTAJE	:	220V
AMPERAJE	:	
REVOLUCIONES	:	1800
FRECUENCIA	:	60 Hz
FASES	:	3

COMPRESOR DE AIRE**1 DATOS GENERALES**

MARCA	:	INGERSOL RAND
MODELO	:	2540N7.5
SERIE	:	767369

MOTOR**1 DATOS GENERALES**

MARCA	:	BALDOR
SERIE	:	F994
SPEC	:	37F428X54
FRAME	:	213T
CLASE	:	B
CODIGO	:	H
DES	:	B

2 DATOS TECNICOS

POTENCIA	:	7.5 / 5 HP
VOLTAJE	:	230 / 460 // 190 / 380
AMPERAJE	:	22 / 11 // 21 / 10.5 A
REVOLUCIONES	:	1725 // 1425 RPM
FRECUENCIA	:	60 / 50 HZ
FACTOR DE SERVICIO	:	1.15
FASES	:	3

ANEXO 7 - HOJA RESUMEN DE INSTRUMENTOS – GENERADOR DE ACETILENO

INSTRUMENTACION DE GENERADOR ACETILENO - PLANTA CALLAO

TAG Nº	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	TIPO	SET (PSI)
PI - 4209	GENERADOR SALIDA DE ACETILENO FLAME ARRESTER	PARTE SUPERIOR DEL FLASH BACK "A" GENERADOR	Manómetro	-
PI - 4208	PRESION DE ACETILENO SALIDA DEL GENERADOR	PARTE SUPERIOR DEL GENERADOR	Manómetro	-
PI - 4206	TOMA DE PRESIÓN PARA ALARMA DEL GENERADOR	COSTADO DE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD PSV 4200ACA DEL GENERADOR	Manómetro	-
PI - 4207	TOMA DE PRESIÓN DE RETORNO DEL MANIFOLD DE LLENADO	COSTADO DE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD PSV 4200ACB DEL GENERADOR	Manómetro	-
PI - 4202	INDICACION DE NIVEL ALTO DE AGUA	PANEL FRONTAL DE INSTRUMENTOS DEL GENERADOR	Manómetro	-
PI - 4203	INDICACION DE NIVEL BAJO DE AGUA	PANEL FRONTAL DE INSTRUMENTOS DEL GENERADOR	Manómetro	-
FIQ - 1800	INDICADOR DE FLUJO DE AGUA - INGRESO A GENERADOR	LÍNEA DE INGRESO DE AGUA AL GENERADOR	Medidor Flujo	-
PI - 4200	INDICADOR DE PRESIÓN POR ALTA TEMPERATURA EN GENERADOR	PANEL FRONTAL DE INSTRUMENTOS DEL GENERADOR	Manómetro	-
PI - 1805	PRESION SUMINISTRO DE AGUA HACIA GENERADOR	SALIDA DE LA VÁLVULA REGULADORA DE AGUA, PARTE SUPERIOR DEL GENERADOR	Manómetro	-
LSAL - 4203	PRESOSTATO DE NIVEL BAJO EN GENERADOR	PANEL DE PRESOSTÁTOS - PEQUEÑO	Controlador	-
PI - 4213	PRESIÓN DE SUCCIÓN DEL COMPRESOR #1 DE ACETILENO	PARTE SUPERIOR COMPRESOR DE ACETILENO #1	Manómetro	-
PI - 4214	PRESIÓN DE SUCCIÓN DEL COMPRESOR #2 DE ACETILENO	PARTE SUPERIOR COMPRESOR DE ACETILENO #2	Manómetro	-
PSV - 4201ACA	ALIVIO DE PRESIÓN DEL GENERADOR SALIDA FLAME ARRESTER "A"	SALIDA FLAME ARRESTER PARTE SUPERIOR DEL GENERADOR	Válv. Segurid.	15
PSV - 4201ACB	ALIVIO DE PRESIÓN DEL GENERADOR SALIDA FLAME ARRESTER "B"	SALIDA FLAME ARRESTER PARTE SUPERIOR DEL GENERADOR	Válv. Segurid.	15
TSAH - 4202	PRESOSTÁTO DE ALTA TEMPERATURA DEL GENERADOR	PANEL DE ALARMAS SONORAS DEL GENERADOR	Presóstato	-
PSHH - 4202	PRESOSTÁTO DE ALARMA ALTA PRESIÓN DEL GENERADOR	PANEL DE PRESOSTÁTOS	Presóstato	18
PSL - 4200	PRESOSTÁTO DE ALARMA BAJA PRESIÓN DEL GENERADOR	PANEL DE PRESOSTÁTOS	Presóstato	5
PSL - 4203	PRESOSTÁTO DE BAJA PRESIÓN SUCCIÓN COMPRESOR #2	PANEL DE PRESOSTÁTOS	Presóstato	3
PCV - 1800W	REGULADOR DE PRESIÓN DEL INGRESO DE AGUA AL GENERADOR	LÍNEA DE INGRESO DE AGUA AL GENERADOR	Autoregulador	-
LV - 4202	VÁLVULA DE DIAFRAGMA ACCIONADA POR CONTROLADOR PARA DRENAJE DE BORRA	DRENAJE DE BORRA	Válvula de Diafragma	-
LSAH - 4202	PRESOSTATO DE ALTO NIVEL EN GENERADOR	PANEL DE PRESOSTÁTOS - PEQUEÑO	Controlador	-
X1810	VÁLVULA DE DESCARGA DE BORRA	DRENAJE DE BORRA	Válvula de Compuerta	-
PSL - 4206	PRESOSTÁTO DE BAJA PRESIÓN SUCCIÓN COMPRESOR #1	PANEL DE PRESOSTÁTOS	Presóstato	3
TIAH - 4202	TERMOSTÁTO DE ALTA TEMPERATURA DEL GENERADOR	PANEL FRONTAL DE INSTRUMENTOS DEL GENERADOR	Controlador	-
TIC - 4203	CONTROL DE INGRESO DE AGUA - GENERADOR	PANEL FRONTAL DE INSTRUMENTOS DEL GENERADOR	Controlador	-
X4204AC	VÁLVULA DE REGULACIÓN LA ENTRADA DEL SECADOR DE BAJA PRESIÓN	LÍNEA DE ENTRADA DE GAS AL SECADOR DE BAJA PRESIÓN	Válvula Diafragma	-
V4200ACA	VÁLVULA DE ALIVIO MANUAL DEL SILO (HOOPER) #1	ENCIMA DEL SILO (HOOPER) #1	Válvula Diafragma	-
V4200ACB	VÁLVULA DE ALIVIO MANUAL DEL SILO (HOOPER) #2	ENCIMA DEL SILO (HOOPER) #2	Válvula Diafragma	-

INSTRUMENTACION DE ALIMENTACIÓN GENERADOR ACETILENO - PLANTA CALLAO

TAG Nº	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	TIPO
PI - 4208	PRESION DE ACETILENO SALIDA DEL GENERADOR	PARTE SUPERIOR DEL GENERADOR	Manómetro
PI - 4204	PRESIÓN DE LA TOLVA (HOOPER) "A" DEL GENERADOR	PARTE SUPERIOR DE LA TOLVA "A", SOBRE EL GENERADOR	Manómetro
PI - 4205	PRESIÓN DE LA TOLVA (HOOPER) "B" DEL GENERADOR	PARTE SUPERIOR DE LA TOLVA "B", SOBRE EL GENERADOR	Manómetro
B4200AC	VÁLVULA REGULADORA - EQUALIZADORA DE PRESIÓN DE LOS SILOS (HOOPERS)	TUBO DE INTERCONEXIÓN ENTRE LOS SILOS (HOOPERS)	Válvula de Compuerta
V4200ACA	VÁLVULA DE ALIVIO MANUAL DEL SILO (HOOPER) #1	ENCIMA DEL SILO (HOOPER) #1	Válvula Diafragma
V4200ACB	VÁLVULA DE ALIVIO MANUAL DEL SILO (HOOPER) #2	ENCIMA DEL SILO (HOOPER) #2	Válvula Diafragma

INSTRUMENTACION DE AIRE INSTRUMENTACION - PLANTA CALLAO

TAG Nº	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	TIPO
PI - 500	PRESION COMPRESOR AIRE	PARTE SUPERIOR DE COMPRESOR DE AIRE	Manómetro
PI - 506A	PRESION AIRE DE INSTRUMENTACION A VALV. CONTROL DE BORRA	REGULADOR DE SUMINISTRO DE AIRE DE INSTRUMENTACIÓN, COSTADO DEL GENERADOR	Manómetro

ANEXO 8 – HOJAS DE SEGURIDAD DEL PRODUCTO



Emergencia: Llame a cualquier hora del día o de la noche al teléfono 0800-1-1421
Para informaciones de rutina consulte a su proveedor Praxair Perú S.A. más cercano.

1 – Identificación del Producto y de la Empresa

Producto: ACETILENO ABSORCIÓN ATÓMICA (HSDP. N° P-4559-H)

Nombre químico: Acetileno

Sinónimos: Narcileno, etino.

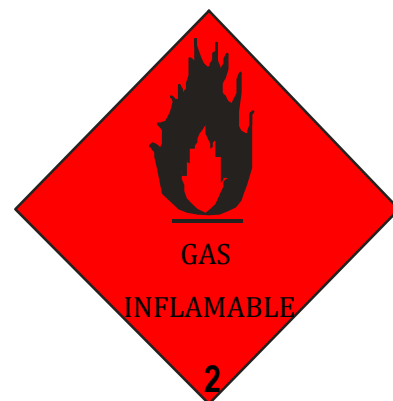
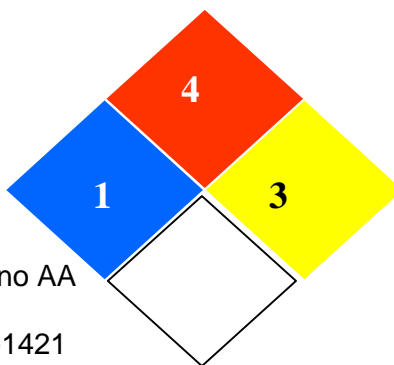
Grupo químico: Alquino.

Fórmula: C₂H₂

Nombre(s) comercial(es): Acetileno AA

Teléfono de emergencia: 0800-1-1421

Empresa: Praxair Perú S.A.
Av. Venezuela 2597 Bellavista – Callao.
Perú.



2 – Composición e Informaciones sobre los Componentes

Descripción: Este producto es una sustancia pura y esta sección cubre solamente los materiales de los cuales este producto es fabricado. Para mezcla de este producto solicite las Hojas de Datos de Seguridad del Producto de cada componente. Vea la sección 16 para mayor información sobre mezclas.

Material: Acetileno (CAS 74-86-2) (ONU 1001)

Porcentaje (%): 99,0 mínimo

CAP¹ (Concentración Ambiental Permisible) / TLV = Asfixiante simple (ninguna establecida a al fecha)

LEB² (Límite de Exposición Breve) = DMF = 8 ppm, Acetona = 780 ppm

3 – Identificación de Peligros

EMERGENCIA

¡CUIDADO! Gas Inflamable bajo presión.
Puede formar mezclas explosivas con aire.
Dispositivos de seguridad, en la parte superior o inferior,
se funden entre 98-104°C (208-220°F)
No descargue a presiones por encima de 15 psig (103 kPa)
Puede causar vértigo y somnolencia.

Equipo autónomo de respiración puede ser requerido para el personal de rescate.

Olor semejante al ajo

Concentración ambiental permisible / TLV: Ver Sección 2. ACGIH recomienda un límite de tolerancia de 0,5 mg/m³ para humos de soldadura no clasificados que pueden ser generados durante los procesos de soldadura con este producto.

EFFECTOS DE UNA ÚNICA SOBRE EXPOSICIÓN (AGUDA):

INHALACIÓN: Asfixiante. Los efectos son debidos a la falta de oxígeno. Concentraciones moderadas pueden causar dolor de cabeza, somnolencia, mareos, excitación, salivación excesiva, náusea, vomito e inconciencia. El vapor liberado por una descarga de líquido puede también causar falta de coordinación y dolores abdominales. Los efectos pueden ser retardados. La falta de oxígeno puede causar la muerte.

CONTACTO CON LOS OJOS: El vapor conteniendo acetona puede causar irritación. El líquido puede causar irritación y congelamiento.

INGESTIÓN: Una manera poco probable de exposición. Este producto es un gas a presión y temperatura normales. El contacto con el líquido en que se encuentra disuelto el acetileno, puede resultar en el congelamiento de los labios y boca, puede causar náuseas y problemas de irritación de las vías respiratorias.

CONTACTO CON LA PIEL: El gas no representa ningún efecto nocivo. El líquido (acetona) puede causar congelamiento. El contacto directo con acetona o DMF, puede causar quemaduras e irritación.

EFFECTOS DE UNA REPETIDA SOBRE EXPOSICIÓN (CRÓNICA): No hay evidencia de efectos adversos a través de las informaciones disponibles.

OTROS EFFECTOS DE SOBRE EXPOSICIÓN: El acetileno es un asfixiante. La falta de oxígeno puede ocasionar la muerte.

CONDICIONES MÉDICAS AGRAVADAS POR LA SOBRE EXPOSICIÓN: El conocimiento de las informaciones toxicológicas disponibles y de las propiedades físico - químicas del material sugiere que es improbable que una sobre exposición agrave las condiciones ya existentes.

INFORMACIONES SIGNIFICATIVAS DE LABORATORIOS CON POSIBLE RELEVANCIA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS A LA SALUD HUMANA:
Ninguno conocido.

CARCINOGENICO: *Este producto no es listado como carcinógeno por los organismos NTP (National Toxicology Program), OSHA (Occupational Safety and Health Administration) e IARC (International Agency for Research on Cancer).*

4 – Medidas de Primeros Auxilios

INHALACIÓN: Lleve la víctima al aire fresco. Administre respiración artificial si no estuviese respirando. Si se dificulta la respiración personal calificado debe ser administrar oxígeno a la víctima. Llame a un médico inmediatamente.

CONTACTO CON LA PIEL: Para exposiciones al gas frío o líquido, inmediatamente bañe el área quemada por congelamiento con agua tibia (no exceder 41 °C). En caso de exposición masiva Llame a un médico.

INGESTIÓN: Si liquido fuese ingerido no provoque vómitos, llame al medico de inmediato.

CONTACTO CON LOS OJOS: En caso de contaminación por salpicaduras, inmediatamente lave completamente los ojos con agua corriente durante 15 minutos como mínimo. Los párpados deben ser mantenidos abiertos y distantes del globo ocular para asegurar que todas las superficies sean enjuagadas completamente. Llame a un médico inmediatamente, de preferencia oftalmólogo.

NOTA PARA EL MÉDICO:

- *Aspirar acetona puede causar serios daños a los pulmones. Si grandes cantidades fuesen ingeridas, el contenido del estómago deberá ser evacuado inmediatamente*
- *No tiene antídoto específico. Asfixia y colapsos pueden suceder. El tratamiento debe ser dirigido para el control de los síntomas y de las condiciones clínicas del paciente.*
- *En caso de ingesta de DMF, se recomienda hacer lavado estomacal.*

5 – Medidas de Prevención y Combate de Incendios

Punto de fulgor (método o norma): 0°F (-17,8 °C)

Temperatura de auto-ignición: 581 °F (305 °C) a 1 atm..

Límite de inflamabilidad en aire (% en volumen):

Inferior: 2,5%.

Superior: 100%.

Medio de combate al fuego: ¡CUIDADO! Gas Inflamable bajo presión. Retire todo el personal del área de riesgo. Enfríe inmediatamente los cilindros con agua pulverizada a una distancia segura, teniendo cuidado en no extinguir las llamas. Remueva las fuentes de ignición si esto no representa un riesgo. Si

las llamas fuesen accidentalmente extintas, puede ocurrir una reignición explosiva. Use equipo autónomo de respiración si es necesario. Interrumpa el flujo de gas si esto no representa riesgo, mientras continúa enfriando con agua pulverizada. Retire todos los cilindros del área del incendio si esto no representa riesgos. Deje que la llama queme completamente el producto. Las brigadas de incendios deben estar informadas acerca de las características del producto.

Procedimientos especiales de combate al fuego: Cuando los cilindros posean DMF como solvente del Acetileno, retire todo el personal del área de riesgo, que no estén envueltos en la emergencia. No se aproxime sin equipo autónomo de respiración y vestimentas protectoras resistentes al fuego. Enfríe inmediatamente los cilindros con agua pulverizada a una distancia segura, teniendo cuidado en no extinguir las llamas, retire los recipientes lejos del área de fuego si no hay riesgo. Las brigadas de incendios locales deben estar informadas acerca de las características del producto.

Posibilidades no comunes de incendio: Gas extremadamente inflamable. Forma mezclas explosivas con el aire y agentes oxidantes. Los cilindros se pueden explotar debido al calor del fuego. No extinga por completo las llamas debido a la posibilidad de una reignición explosiva. Vapores inflamables se pueden propagar de una fuga. Las atmósferas explosivas pueden ser prolongadas. Antes de entrar en las áreas, especialmente las confinadas verifique la atmósfera con un equipo adecuado (Ejem. Explosímetro), ninguna parte del cilindro debe estar expuesta a temperaturas mayores a 52 °C (aproximadamente 125 °F). Todos los cilindros son provistos de un dispositivo de alivio de presión destinado a aliviar el contenido cuando estén expuestos a temperaturas elevadas. Los vapores pueden causar explosión o se encendidos por bombillos o lámparas piloto, otras llamas, cigarrillos, chispas, calentadores, equipos eléctricos, descargas estáticas u otros puntos de ignición en lugares distantes al punto de manejo del producto.

Productos posibles de causar combustión en contacto con acetileno:
Monóxido de carbono, dióxido de carbono.

6 – Medidas de Control para Derrames / Fugas

Medidas a tomar si el material derrama o fuga: CUIDADO! Gas inflamable bajo presión. Forma mezclas explosivas con el aire. Retire todo el personal del área de peligro. Utilice equipo autónomo de respiración cuando sea necesario. Remueva todas las fuentes de ignición de no existir riesgo. Reduzca los vapores aplicando agua pulverizada. Contenga la fuga si no hay riesgo. Ventile el área de la fuga o retire los recipientes con fugas para áreas bien ventiladas. Gas inflamable se puede propagar la fuga. Antes de entrar en las áreas, especialmente las confinadas verifique la atmósfera con un equipo adecuado (Ejem. Explosímetro)

Método para la disposición de residuos: Prevenga para que el material no contamine el ambiente. Mantenga el personal alejado Alivie lentamente para la atmósfera externa. Descarte cualquier producto, residuo, recipiente disponible o tubería de manera que no perjudique al medio ambiente, en total cumplimiento con las regulaciones nacionales, estatales y locales. Si es necesario entre en contacto con su proveedor para asistencia.

7 – Manejo y Almacenamiento

Precauciones a ser tomadas en el manejo: Proteja los cilindros contra daños físicos. Utilice un carro de mano para mover los cilindros; no arrastre, ruede o deje caer. Todos los sistemas de tuberías de acetileno y equipos conectados deben ser aterrados. Los equipos eléctricos deben ser protegidos contra la formación de chispas o ser a prueba de explosión. El control de fugas debe ser realizado con agua y jabón, nunca use fuego. Nunca use tuberías de cobre para acetileno; use acero inoxidable. Abra la válvula del cilindro lo mínimo para garantizar un flujo aceptable en la operación, eso va a permitir cerrar la válvula lo más rápido posible en caso de emergencia. No abra la válvula del cilindro de acetileno más de 1 1/2 vueltas. Nunca use acetileno a presiones mayores que 15 psig (103,5 kPa). Los cilindros de acetileno son más pesados que otros cilindros porque ellos tienen en su interior un relleno de material poroso y una cantidad determinada de acetona. Nunca intente levantar un cilindro por la tapa de la válvula; la tapa existe solamente para proteger a la válvula. Nunca inserte objetos (ej: llaves hexagonales, destornilladores, etc.) dentro del orificio de la tapa de la válvula; esto puede causar daños a la válvula y consecuentemente fugas. Use una llave ajustable para remover tapas apretadas u oxidadas. Abra la válvula suavemente. Si estuviese muy dura, descontinúe el uso y entre en contacto con su proveedor. No utilice el cilindro como parte de un circuito eléctrico o para formar un arco eléctrico. El efecto producido por el arco eléctrico en las paredes del cilindro puede causar la ruptura del mismo. Para mayores precauciones con el uso del acetileno vea la Sección 16.

Precauciones a ser tomadas en el almacenamiento: Almacene y utilice siempre con ventilación adecuada. Mantenga los cilindros de acetileno lejos del oxígeno y otros oxidantes a una distancia mínima de 6,1 mts (20 pies), o una barrera de material no combustible. Esta barrera debe tener al menos 1,53 m de altura (5 pies) y ser resistente al fuego al menos 1/2 hora. El almacenamiento en exceso, es decir, por encima de 70,79 m³ (2500 pies³) está prohibido en edificaciones donde hayan otros ocupantes. Asegúrese que los cilindros estén fuera de riesgo de caídas o hurtos. Los cilindros de acetileno deben ser mantenidos con su tapa de modo de proteger la válvula. Enrosque firmemente la tapa de la válvula con las manos. Identifique el área de almacenamiento y uso con carteles de "**NO FUME, NO ENCENDER FUEGO**". No deben existir fuentes de ignición en el sitio. Todos los equipos eléctricos del área de almacenamiento deben ser a prueba de explosión. Las áreas de almacenamiento deben tener códigos nacionales de electricidad para Clase 1 en las zonas de riesgo. No permita almacenar en temperaturas mayores a 52 °C (aproximadamente 125 °F). Almacene en forma separada los cilindros llenos y vacíos. Use el sistema FIFO "First in, first out" (primero que entra, primero que sale) para prevenir el almacenaje de cilindros llenos por largos períodos. Se recomienda colocar los cilindros de forma que tengan tres puntos de contacto unos con otros (en forma de colmena). Así mismo, es aconsejable sujetarlos con cadenas u otro medio que evite las caídas.

8 – Control de Exposición y Protección Individual

Protección respiratoria (tipo específico): Use equipo de respiración autónomo para trabajar en espacios donde la ventilación o la deficiencia de la atmósfera local, no permiten la exposición del trabajador por debajo del TLV para gases y humos, durante las operaciones de corte y soldadura. Sin embargo, respiradores con suministro de aire son necesarios cuando se estuviese trabajando en espacios confinados con este producto. Para la utilización de cilindros de acetileno con DMF, se deberá usar respirador con filtro químico para vapores orgánicos cuando las condiciones sobrepasen el TLV para el DMF.

Ventilación / controles de ingeniería

Extracción local: Use sistema de ventilación (extracción) local, si es necesario, para controlar la concentración de gases y humos por debajo de TLV de este producto en las zonas de respiración de los trabajadores.

Especiales: Ninguna.

Mecánica (general): Bajo ciertas condiciones, sistema de ventilación con extracción puede ser aceptable para garantizar que se mantenga la concentración de gases y humos peligrosos por debajo del límite de tolerancia en el lugar de trabajo

Otros: Ninguno.

Guantes protectores: Se recomienda el uso de guantes de cuero reforzado para el manejo de los cilindros. Para soldadura use guantes de soldadura y corte.

Protección de los ojos: Lentes de seguridad sin coloración con protección lateral. Proveer tejidos protectores y lentes, a otras personas se es necesario. En el caso de operaciones de soldadura y corte, se debe utilizar máscara de soldador.

Otros equipos protectores: Si es necesario, usa protección para las manos cabeza y cuerpo, para prevenir lesiones, originadas por radiación y chispas. Mínimo esto incluye guantes de carnaza, lentes de seguridad filtrantes y zapatos de seguridad, pudiendo incluir mangas largas de carnaza, delantal de carnaza, gorro, así como camisa y pantalón. Independientemente de los equipos de protección, nunca toque partes eléctricas conectadas.

9 – Propiedades Físico-Químicas

Estado físico: Gas

Color: Gas Incoloro

Olor: Similar al del ajo

Peso molecular: 26,04

Fórmula: C₂H₂

Punto de ebullición, a 10 psig (68,9 kPa): -75 °C (-103 °F)

Punto de congelamiento, a 10 psig (68,9 kPa): -82,2 °C (-116°F)

Punto de fulgor (método o norma): -17,8 °C (0°F)

Temperatura de auto-ignición: 305 °C (581 °F) y 1 atm

Límite de inflamabilidad en el aire, % en volumen:

Inferior: 2,5%

Superior: 100 %

Presión de vapor: 4378 kPa (635 PSIG) a 21,1 °C (70 °F)

Densidad del gas (aire = 1): 0,906 kg/m³ a 21,1 °C (70 °F) y 1 atm

Gravedad específica (aire = 1): 1,1716 a 0 °C (32 °F) y 1 atm

Solubilidad en agua (vol/vol): 1,7 a 0 °C (32 °F) y 1 atm

Porcentaje de materia volátil en volumen: 100

10 – Estabilidad y Reactividad

Estabilidad: Inestable *

* Es Acetileno es estable cuando es transportado. Evite el uso de presiones por encima de 15 psig (103 kPa)

Incompatibilidad (materiales a evitar): Cobre, plata, mercurio y sus mezclas; agentes oxidantes; ácidos, halógenos y humedad.

Productos con riesgo posible después de la descomposición: La descomposición a altas temperaturas puede producir CO/CO₂/H₂. El proceso de soldadura y corte puede formar productos reactivos como monóxido de carbono y dióxido de carbono. Otros productos de descomposición son originados por operación normal de la volatilización, reacción u oxidación del material que se está trabajando.

Riesgo de polimerización: No ocurrirá.

Condiciones a evitar: Temperaturas y presiones elevadas y /o la presencia de un catalizador.

11 – Informaciones Toxicológicas

El proceso de soldadura puede generar gases y vapores peligrosos. (Vea las secciones 3, 10 15 y 16)

12 – Informaciones Ecológicas

No es esperado ningún efecto ecológico. El Acetileno no contiene ningún material químico de las Clases I o II (destruidores de la capa de ozono). El Acetileno no es considerado como un contaminante de mar por la DOT.

13 – Consideraciones sobre el Tratamiento y Disposición

Método de disposición de residuos: No intente deshacerse de los residuos o cantidades no utilizadas. Devuelva el cilindro a su proveedor.

14 – Informaciones sobre Transporte

Número de identificación: UN 1001

Nombre de embarque: Acetileno Disuelto.

Clase de riesgo: 2,2

Rótulo de riesgo: GAS INFLAMABLE.

Aviso de advertencia (cuando es requerido): GAS INFLAMABLE.

INFORMACIONES ESPECIALES DE EMBARQUE: Los cilindros deben ser transportados en posición vertical, en vehículo bien ventilado. Cilindros

transportados en vehículos cerrados con compartimientos no ventilados pueden presentar serios riesgos de seguridad.

El llenado de este cilindro solo debe ser realizado por Praxair.

15 – Regulaciones

No registra.

16 – Otras Informaciones

Asegúrese de leer y comprender todas las etiquetas y otras informaciones en los recipientes de este producto.

PELIGRO ADICIONALES A LA SEGURIDAD Y SALUD: El uso acetileno en soldadura y corte puede crear peligros adicionales.

Humos y gases pueden ser peligrosos a la salud y generan serios daños a los pulmones.

- **Mantenga la cabeza lejos de los humos. No respire humos o gases. Use ventilación suficiente, extracción local o ambos para mantener humos y gases lejos de su zona de respiración y área en general. La sobre exposición a humos puede resultar en vértigo, náusea, sequedad o irritación de la nariz, garganta y ojos, también de otras situaciones poco confortantes.**

Los humos y gases no pueden ser clasificados simplemente. La composición de ambos depende del metal con que se está trabajando, del proceso, del procedimiento y de los electrodos utilizados. Posiblemente, materiales peligrosos pueden ser encontrados en fundiciones, electrodos y otros materiales. Solicite la HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL PRODUCTO para cada material en uso.

Contaminantes en el aire pueden adicionar peligros a los humos y gases. Contaminante como el vapor de hidrocarburo clorado de las actividades de limpieza es un alto riesgo.

- **No use arcos eléctricos en presencia de hidrocarburos clorados – fosfógenos altamente tóxicos pueden ser producidos.**
- Revestimientos de metal que estén siendo trabajados, así como pintura, electro galvanizados o galvanización, pueden generar humos cuando son calentados. Residuos de limpieza pueden ser peligrosos.
- **Evite usar arcos eléctricos en partes con residuos de fosfato (preparaciones de limpieza, sustancias contra óxidos) – fosfina altamente tóxica puede ser producida.**

Para saber la cantidad de humos y gases, usted puede tomar una muestra del aire. Analizando la misma, puede ser determinada cual protección respiratoria debe ser utilizada. Un ejemplo es tomar el aire del interior del casco del operario

o de la zona de respiración. Para otras informaciones sobre prácticas de seguridad y descripciones más detalladas de los peligros a la salud en uso de soldadura y sus consecuencias, consulte a su proveedor de productos de soldadura.

OBSERVACIONES PARA EL MÉDICO

AGUDA: *Gases, vapores y polvos pueden causar irritación en los ojos, pulmones, nariz y garganta. Algunos gases tóxicos asociados con procesos de soldadura y relacionados pueden causar edema pulmonar, asfixia y muerte. Sobre exposición aguda puede incluir señales y síntomas tales como: Ojos lacrimosos, irritación de la nariz y garganta, dolor de cabeza, vértigo, respiración difícil, tos frecuente o dolor en el pecho.*

CRÓNICA: *Inhalación prolongada de contaminantes de aire puede producir acumulación de estos en los pulmones, una condición que puede ser vista como áreas densas en los rayos X del tórax. La gravedad del cambio es proporcional a la duración de la exposición. Las modificaciones observadas no están necesariamente asociadas con síntomas o señales de dolencia o reducción de la función pulmonar. Además de esto, las modificaciones en los rayos X pueden ser causadas por factores no relacionados con el trabajo como el fumar, etc.*

VESTIMENTAS Y EQUIPOS PROTECTORES PARA OPERACIONES CON SOLDADURA:

Guantes protectores: Use guantes para soldadura y corte.

Protección de los ojos: Use casco con máscara y lentes con filtro especial.

Otros equipos protectores: Utilice protección para la cabeza, mano y cuerpo. Además, si es necesario, permitirá ayudar a prevenir daños producidos por la radiación, chispas y choques eléctricos. Mínimo esto incluye guantes de cuero, lentes de seguridad filtrantes y zapatos de seguridad, pudiendo incluir mangas largas de cuero, delantal de cuero, gorro, así como camisa y pantalón. Independientemente de los equipos de protección, nunca toque partes eléctricas conectadas.

OTRAS CONDICIONES DE RIESGO EN MANEJO, USO Y ALMACENAJE:

Gas Inflamable a alta presión. Use tuberías y equipos adecuadamente diseñados para resistir las presiones que puedan ser encontradas. Los sistemas que contienen acetileno deben ser instalados solamente por personas especializadas y con conocimiento de las propiedades del acetileno, entrenadas y con experiencia en instalación. **Arcos eléctricos y chispas pueden encender materiales combustibles.** Prevenga el fuego. **Mantenga alejado del calor, chispas y llamas.** Use solamente herramientas a prueba de chispas y equipos a prueba de explosión. **Evite herramientas y equipos incompatibles con el acetileno.** Cobre plata, mercurio y sus sales se combinan, y a en una alta concentración se mezclan pudiendo formar concentraciones explosivas de acetileno. El latón con un contenido de cobre menos al 65% y una cierta cantidad de níquel en generalmente aceptable para el uso del acetileno, más no pueden ser adecuados si existen alto niveles de corrosión y humedad. **Prevenga el flujo en reverso.** Use una válvula de seguridad u otro dispositivo

en la línea o tubería del cilindro. **El gas puede causar sofocamiento rápido en caso de deficiencia de oxígeno.** Almacene y utilice con ventilación adecuada. Cierre las válvulas después de su uso; mantenga cerrada la misma cuando el cilindro esté vacío. **No forme un arco eléctrico con el cilindro.** El defecto producido por la quemadura de un arco puede llevar el cilindro a la ruptura. **Nunca trabaje en sistemas presurizados.** Si existiese fuga, cierre la válvula del cilindro, ventile el sistema para un sitio seguro, de manera de no perjudicar al medio ambiente, en total cumplimiento con las regulaciones nacionales, estatales y locales, entonces repare la fuga. **Nunca realice un aterramiento o deje un cilindro donde pueda formar parte de un circuito eléctrico.** Cuando use gas comprimido dentro o cerca de aplicaciones con soldadura eléctrica, no aterre el cilindro. Aterrándolo, expone el cilindro a daños por arco eléctrico.

Asegúrese de leer y comprender todas las etiquetas y otras instrucciones colocadas en todos los recipientes de este producto.

MEZCLAS: Cuando dos o más gases, o gases licuados son mezclados, sus propiedades peligrosas pueden combinarse y crear riesgos inesperados adicionales. Obtenga y evalúe las informaciones de seguridad de cada componente antes de producir la mezcla. Consulte a un especialista u otra persona capacitada cuando haga la evaluación de seguridad del producto final. Recuerde: gases y líquidos poseen propiedades que pueden causar daños serio o la muerte.

POR MEDIDA DE SEGURIDAD ES PROHIBIDO EL TRASEGADO DE ESTE PRODUCTO DE UN CILINDRO PARA OTRO.

CLASIFICACIÓN DE LA NFPA (National Fire Protection Association):



SALUD	= 1 (Ligeramente Peligroso)
INFLAMABILIDAD	= 4 (Se quema fácilmente en condiciones ambientales)
REACTIVIDAD	= 3 (Puede detonar por impacto y calor)
ESPECIAL	= Ninguno

CONEXIONES ESTÁNDAR DE VÁLVULAS PARA E.U.A. Y CANADÁ

ROSCAS: La conexión CGA-510 es estándar para los cilindros con capacidades mayores a 50 pies³ (1,42 m³). Vea el panfleto V-1 de la CGA para otras conexiones.

DEFINICIONES:

- (1) **Concentración Ambiental Permisible (CAP)(TLV):** Es la concentración promedio ponderada en el tiempo de sustancias químicas a las que se cree pueden estar expuestos los trabajadores, repetidamente durante ocho (8) horas diarias y cuarenta (40) horas semanales sin sufrir daños adversos a la salud .
- (2) **Límite de Exposición Breve (LEB):** Es la exposición al promedio ponderado de la concentración del contaminante en el tiempo a la cual pueden estar expuestos los trabajadores, durante un período continuo de quince (15) minutos, como máximo y no mas de cuatro (4) veces al día,

con intervalos de no exposición por lo menos de sesenta (60) minutos, siempre que no se exceda la concentración promedio ponderada en ocho (8) horas (CAP), sin sufrir:

- a. Irritación.
- b. Daño tisular crónico irreversible.
- c. Narcosis de intensidad suficiente como para aumentar la propensión a accidentes.

(3) CGA - Compressed Gas Association – Asociación de Gases Comprimidos

Praxair Perú S.A. recomienda que todos sus funcionarios, usuarios y clientes de este producto estudien detenidamente esta hoja de datos a fin de quedar notificados de eventuales posibilidades de riesgos relacionados al mismo. A favor de la seguridad se debe:

- 1) Notificar a todos los empleados, usuarios y clientes acerca de las informaciones incluidas en estas hojas y entregar uno o más ejemplares a cada uno.**
 - 2) Solicitar a los clientes que también informen a sus respectivos funcionarios y clientes, y así sucesivamente.**
-

Las opiniones expresadas en este texto son hechas por expertos de Praxair. Se cree que la información contenida aquí esta actualizada hasta la fecha que aparece en la Hoja de Datos de Seguridad del Producto. Ya que el uso de esta información y las condiciones de uso no están bajo el control de Praxair Perú S.A., el usuario está en la obligación de determinar las condiciones de uso seguro del producto.

Las Hojas de Datos de Seguridad del Producto son entregadas en la venta o despacho de Praxair Perú

S.A. o de distribuidores independientes. Para obtener una Hoja de Datos de Seguridad del producto actualizada o confirmar si la que posee está actualizada contacte a su representante de ventas o distribuidor más cercano. Si tiene alguna duda o comentario favor indicarla junto con el número de la hoja de datos y fecha de revisión a su representante de ventas más cercano.



Emergencia: Llame a cualquier hora del día o de la noche al teléfono 0800-1-1421
Para informaciones de rutina consulte a su proveedor Praxair Perú S.A. más cercano.

1 – Identificación del Producto y de la Empresa

Producto: CARBURO DE CALCIO (HSDP N° W-0002-B)

Nombre químico: Carburo de Calcio

Sinónimos: Carburo, Acetilnógeno, Dicarburo de Calcio

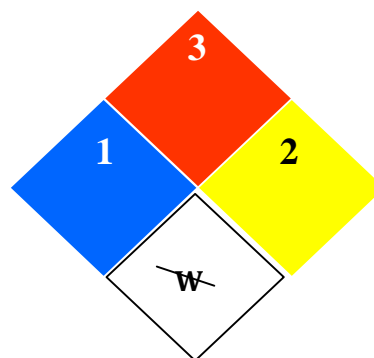
Grupo químico: Compuesto inorgánico del calcio

Fórmula: CaC₂

Nombre(s) comercial(es): Carburo de Calcio

Teléfono de emergencia: 0800-11-421

Empresa: Praxair Perú S.R.L.
Av. Venezuela 2597 Bellavista-Callao.
Perú


NFPA

ONU
2 – Composición e Informaciones sobre los Componentes

Descripción: Este producto es una mezcla y esta sección cubre solamente los materiales de los cuales este producto es fabricado. Los gases resultantes de las reacciones de este producto, son cubiertas por la sección 10. Vea la sección 16 para mayor información importante sobre mezclas.

Material:	Carburo de Calcio	(CAS 75 -20 -7)	(ONU 1402)
	Oxido de calcio	(CAS 1305 -78 - 8)	(ONU 1910)

Porcentaje (%): Carburo de Calcio: 82,0 mínimo
Oxido de Calcio: 18,0 máximo

CAP¹ (Concentración Ambiental Permisible) / TLV =
Carburo de Calcio: Ninguno actualmente conocido

Oxido de Calcio: Ninguno actualmente conocido

LEB² (Límite de Exposición Breve) =

Carburo de Calcio: Ninguno actualmente conocido

Oxido de Calcio: Ninguno actualmente conocido

3 – Identificación de Peligros

EMERGENCIA

**¡CUIDADO! Evitar el contacto del producto con humedad.
Cuando es expuesto a la humedad libera gases inflamables**

Mantener los embalajes en lugar seco y ventilado.

**Puede causar irritación en el sistema respiratorio debido a polvos del
producto.**

**Equipo autónomo de respiración puede ser requerido para el personal de
rescate.**

Olor semejante al ajo cuando es expuesto a la humedad.

Concentración ambiental permisible/TLV : Ver sección 2.

EFFECTOS DE UNA SOBRE EXPOSICIÓN ÚNICA (AGUDA):

INHALACIÓN: Puede haber irritación del sistema respiratorio debido al contacto con el polvo del producto. Puede ocurrir quemaduras serias en la membrana de la mucosa debido a la rápida reacción química con el agua, siendo ésta reacción exotérmica. El acetileno generado por la reacción del Carburo de Calcio con el agua puede actuar como asfixiante simple. Efectos adversos incluyen dolor de cabeza, adormecimiento, descoordinación motora, inflamación de la garganta y de los órganos del aparato respiratorio.

CONTACTO CON LOS OJOS: El contacto con las partículas de carburo de calcio en los ojos o con los residuos de su reacción con el agua, pueden causar quemaduras, ulceración y opacado de la córnea. Esa acción en los ojos puede ser atribuida a la formación de hidróxido de calcio por las características de la quemadura.

INGESTIÓN: Irritación de boca, garganta como también la posibilidad de formación de úlceras en los labios La ingestión también puede causar quemaduras, inflamaciones de la garganta, dolor abdominal, diarrea, vómito y dolores de cabeza.

CONTACTO CON LA PIEL: Puede causar dolores, ulceración, enrojecimiento y quemaduras .

EFFECTOS DE UNA REPETIDA SOBRE EXPOSICIÓN (CRÓNICA): No hay evidencias de efectos adversa través de las informaciones disponibles

OTROS EFECTOS DE SOBRE EXPOSICIÓN: El gas generado por el contacto del producto con el agua es el acetileno, que es un asfixiante.

CONDICIONES MÉDICAS AGRAVADAS POR LA SOBRE EXPOSICIÓN: Las propiedades toxicológicas disponibles y de las propiedades físico y químicas del material sugieren que es improbable que una sobre exposición agrave las condiciones médicas ya existentes.

INFORMACIONES SIGNIFICATIVAS DE LABORATORIOS CON POSIBLE RELEVANCIA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS A LA SALUD HUMANA: Ninguno conocido.

CARCINOGENICO: Este producto no es listado como carcinógeno por los organismos NTP (National Toxicology Program), OSHA (Occupational Safety and Health Administration) e IARC (International Agency for Research on Cancer).

4 – Medidas de Primeros Auxilios

INHALACIÓN: Lleve inmediatamente a la víctima al aire fresco. Si se dificulta la respiración, personal calificado debe administrar respiración artificial . Mantenga el flujo de área y la presión sanguínea y administre oxígeno si está disponible. Mantenga la víctima abrigada y en reposo. Llame a un médico inmediatamente

CONTACTO CON LA PIEL: Remueva inmediatamente zapatos y ropas. Lave el área expuesta con jabón o detergente con bastante agua hasta que haya señal de sustancia química. E caso de quemadura química cubra el área con una gasa seca y estéril. Asegure con firmeza sin apretar mucho. Llame a un médico

INGESTIÓN: De tratamiento según los síntomas, llame al médico de inmediato

CONTACTO CON LOS OJOS: Inmediatamente lave los ojos con gran cantidad de agua, levantando ocasionalmente los párpados inferiores y superiores hasta que no queden residuos (aproximadamente de 15 a 20 minutos). Una solución de EDTA 0,01-0,005 molar, auxilia la retirada de los residuos del tejido. La administración de medicamentos debe ser hecha solamente con orientación médica.

NOTA PARA EL MEDICO:

- Antídoto: Prepare una solución de gluconato de calcio 10%, retire una porción de 10 ml de esta solución y diluya en un litro de una solución de glucosa al 5% y administre vía intravenosa, según sea necesario para mantener normales los niveles de calcio en el suero. La administración de calcio puede causar anuria debido a la precipitación del oxalato de calcio en el riñón. Antídotos deben ser administrados sólo bajo orientación médica

5 – Medidas de Prevención y Combate de Incendios

Medio de combate al fuego: ¡CUIDADO! Este producto en contacto con la humedad libera gases inflamables. CO₂, polvo químico..

Procedimientos especiales de combate al fuego: Sólido no inflamable en estado seco, reacciona con agua formando gas inflamable (acetileno). Puede haber explosión si el acetileno fuera encendido en un área confinada. Mueva los recipientes del área de riesgo si es posible. No use agua y/o espuma química

Posibilidades no comunes de incendio: Riesgo de incendio en caso de reacción con sustancias incompatibles (HCL y magnesio)

6 – Medidas de Control para Derrames / Fugas

Medidas a tomar si el material derrama o fuga : CUIDADO! Este producto en contacto con humedad libera gases inflamables. Elimine las fuentes de ignición. No toque el material derramado. No use agua en el material derramado o dentro del recipiente. Para pequeños derrames, con una pala, coloque el material en un recipiente seco y cúbralo. Retire los recipientes del área de derrame. En grandes derrames, contenga el material para descartarlo posteriormente. Cubra al polvo derramado con material plástico para disminuir la extensión del mismo. Aisle el área de riesgo y prohíba la entrada.

7 – Manejo y Almacenamiento

Precauciones a ser tomadas en el almacenamiento: El carburo de Calcio puede ser almacenado al aire libre ,si está cubierto y colocado en recipientes sellados. Ventilación adecuada debe ser puesta para el almacenamiento en locales cerrados y en cajas, donde el material sea guardado. Esta medida previene la acumulación de acetileno en el ambiente. Debe realizarse inspección periódica a los tambores para verificar la existencia de corrosión de los mismos. Almacenar separado de sustancias combustibles y reductoras, oxidantes fuertes, ácidos, agua o soluciones acuosas. Mantener en lugar seco

Precauciones a ser tomadas en el manejo: Durante el manejo del producto, se debe lavar el lugar, previniendo de esta manera la formación de gases inflamables (liberación de acetileno). El lugar de manejo debe mantenerse seco y ventilado.

8 – Control de Exposición y Protección Individual

Protección respiratoria (tipo específico): Para operaciones que generen polvo, utilice respirador con filtro para polvo. En operaciones que liberen considerables cantidades de acetileno, no es recomendable la presencia de personas, debido a que hay riesgo de explosiones. Sin embargo, en condiciones especiales de control absoluto es recomendable el uso de respirador con filtro químico.

Ventilación / controles de ingeniería

Extracción local: Use sistema de ventilación (extracción) local, a prueba de explosión

Especiales: Debe existir un sistema de dispersión de gases para evitar concentraciones peligrosas de acetileno.

Mecánica (general): Aceptable (ver especial)

Otros: Aceptables (ver especial).

Guantes protectores: Se recomienda el uso de guantes de cuero para el manejo de los cilindros y recipientes.

Protección de los ojos: Lentes de seguridad sin coloración con protección lateral y/o visera de protección facial.

Otros equipos protectores: Zapatos de seguridad con punta de acero para el manejo de cilindros, ropas de algodón que eviten el contacto del producto con la piel.

9 – Propiedades Físico-Químicas

Estado físico: Sólido

Color: Variando de marrón grisáceo hasta negro azulado

Olor: Similar al del ajo cuando es expuesto a la humedad

Peso molecular: 64.10

Fórmula: CaC₂

Punto de ebullición, a 10 psig (68,9 kPa): No aplicable

Punto de congelamiento, a 10 psig (68,9 kPa) : No aplicable

Punto de fusión, a 10 psig (68,9 kPa): 2300° C (4172 °F)

Punto de fulgor (método o normal) : No aplicable

Temperatura de autoignición: 325°C (617 °F) y 1 atm

Límite de inflamabilidad en el aire, % en volumen:

Inferior: No aplica

Superior: No aplica

Densidad del gas (aire=agua = 1) : 2.226 kg/m³ a 21,1 °C (70 °F) y 1 atm

Solubilidad en agua (vol/vol) : Reacciona con agua formando hidróxido de calcio, liberando el gas de acetileno

10 – Estabilidad y Reactividad

Estabilidad: Estable.

Incompatibilidad (materiales a evitar): Reacciona con agua y metanol formando acetileno. En contacto con la humedad del aire, también hay liberación de acetileno. Reacciona con HCl, PbF₂ (reacción incandescente), magnesio (incandescente cuando es calentada), hidróxido o cloruro de potasio, crean posibilidad de incendio, explosión y formación de fosgeno, peróxido de sodio cuando es mezclado con CaC₂ en polvo y expuesto a la humedad, ocurre combustión espontánea. Esta mezcla explota cuando es calentada.

Productos con riesgo posible después de la descomposición: Oxido de calcio, dióxido de carbono y monóxido de carbono

Riesgo de polimerización: No ocurrirá

Condiciones a evitar: Temperaturas normales, no existe riesgo de polimerización

11 – Informaciones Toxicológicas

El contacto con humedad puede hacer que el producto libere gases inflamables y el material resultante pasa a tener un pH básico pudiendo causar quemaduras por

12 – Informaciones Ecológicas

No es esperado ningún efecto ecológico cuando el material se encuentre seco. El Carburo de Calcio no contiene ningún material químico de las Clases I o II (destructores de la capa de ozono). Evitar el contacto del producto con la humedad

13 – Consideraciones sobre el Tratamiento y Disposición

Disposición de residuos: No intente deshacerse de los residuos o cantidades no utilizadas.

14 – Informaciones sobre Transporte

Número de identificación: ONU 1402

Nombre de embarque: Carburo de Calcio

Clase de riesgo: 4.3

Número de riesgo: 423X

Rótulo de riesgo: SOLIDO INFLAMABLE

Aviso de advertencia (cuando es requerido): PELIGROSO CUANDO ES MOJADO

INFORMACIONES ESPECIALES DE EMBARQUE: Los cilindros deben ser transportados en posición segura, en vehículo bien ventilado. Cilindros transportados en vehículos cerrados con compartimentos no ventilados pueden representar serios riesgos de seguridad.

15 – Regulaciones

No registra.

16 – Otras Informaciones

Asegúrese de leer y comprender todas las etiquetas y otras informaciones en los recipientes de este producto.

OTRAS CONDICIONES DE RIESGO EN MANEJO, USO Y ALMACENAJE: En contacto con humedad libera acetileno (gas inflamable). Mantenga lejos del calor, chispas y llamas. Use solamente herramientas a prueba de chispas y equipo a prueba de explosión. Eite herramientas y equipos incompatibles con acetileno. El polvo del producto y el gas liberado por contacto con la humedad puede causar sofocamiento rápido debido a la deficiencia de oxígeno. Almacene y utilice con ventilación adecuada.

MEZCLAS: Cuando dos o más gases, o gases licuados son mezclados, sus propiedades peligrosas pueden combinarse y crear riesgos inesperados adicionales. Obtenga y evalúe las informaciones de seguridad de cada componente antes de producir la mezcla. Consulte a un especialista u otra persona capacitada cuando haga la evaluación de seguridad del producto final. Recuerde: gases y líquidos poseen propiedades que pueden causar daños serios o la muerte.

POR MEDIDA DE SEGURIDAD ES PROHIBIDO EL TRASEGADO DE ESTE PRODUCTO DE UN CILINDRO PARA OTRO

CLASIFICACION DE LA NFPA (National Fire Protection Association)

SALUD	= 1 (Ligeramente Peligroso)
INFLAMABILIDAD	= 3 (Muy inflamable)
REACTIVIDAD	= 2 (Cambio químico violento)
ESPECIAL	= W (No aplique agua)



DEFINICIONES

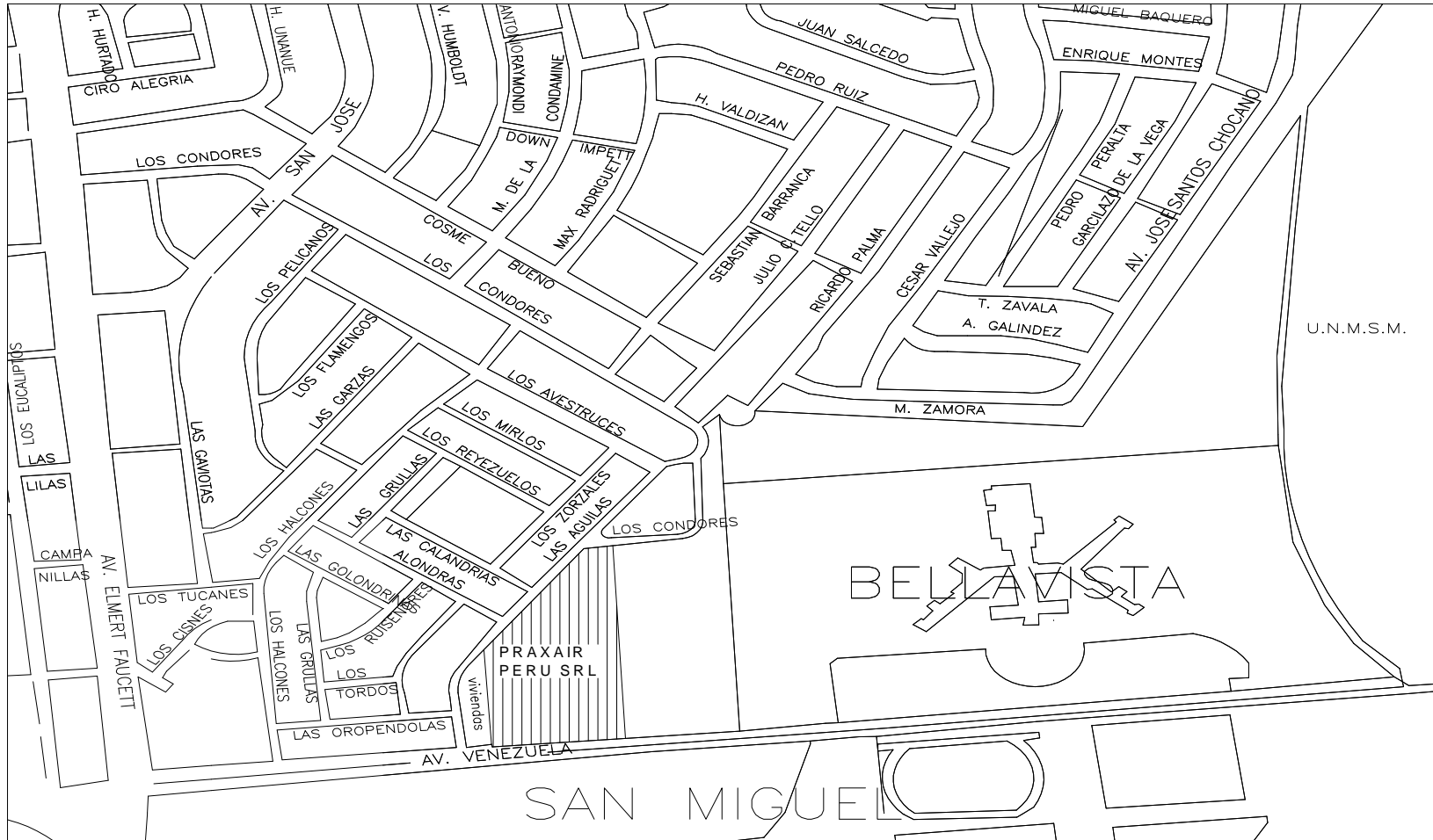
- (4) **Concentración Ambiental Permissible (CAP)(TLV):** Es la concentración promedio ponderada en el tiempo de sustancias químicas a las que se cree pueden estar expuestos los trabajadores, repetidamente durante ocho (8) horas diarias y cuarenta (40) horas semanales sin sufrir daños adversos a la salud .
- (5) **Límite de Exposición Breve (LEB):** Es la exposición al promedio ponderado de la concentración del contaminante en el tiempo a la cual pueden estar expuestos los trabajadores, durante un período continuo de quince (15) minutos, como máximo y no mas de cuatro (4) veces al día, con intervalos de no exposición por lo menos de sesenta (60) minutos, siempre que no se exceda la concentración promedio ponderada en ocho (8) horas (CAP), sin sufrir:
- Irritación.
 - Daño tisular crónico irreversible.
 - Narcosis de intensidad suficiente como para aumentar la propensión a accidentes.
- (3) **CGA** – Compressed Gas Association- Asociación de Gases Comprimidos

Praxair Perú S.R.L. recomienda que todos sus funcionarios, usuarios y clientes de este producto estudien detenidamente esta hoja de datos a fin de quedar notificados de eventuales posibilidades de riesgos relacionados al mismo. A favor de la seguridad se debe:

- 1) Notificar a todos los empleados, usuarios y clientes acerca de las informaciones incluidas en estas hojas y entregar uno o más ejemplares a cada uno.
 - 2) Solicitar a los clientes que también informen a sus respectivos funcionarios y clientes, y así sucesivamente.
-

Las opiniones expresadas en este texto son hechas por expertos de Praxair. Se cree que la información contenida aquí esta actualizada hasta la fecha que aparece en la Hoja de Datos de Seguridad del Producto. Ya que el uso de esta información y las condiciones de uso no están bajo el control de Praxair Perú S.R.L., el usuario está en la obligación de determinar las condiciones de uso seguro del producto.

ANEXO 9 - PLANOS DE UBICACIÓN DE LA PLANTA DE ACETILENO



ANEXO 10 LAY - OUT DE LA PLANTA

ANEXO 11 RESUMEN PROCEDIMIENTOS EMERGENCIA – PLANTA DE ACETILENO

1 INFORMACIÓN DE EMERGENCIA

1.1 Sistemas de alarma de Emergencia

Esta unidad cuenta con un sistema de alarma que da aviso al personal en el momento en que se desarrolla una emergencia, a fin que se paren las actividades y el personal se dirija a las zonas de seguridad.

a. Alarma de Emergencia General

Praxair Perú S.R.L. Planta Callao cuenta con un sistema de alarma conformado por un equipo central en el cual se tienen 08 luces que indican el área en el cual se ha pulsado el botón de emergencia, presunto lugar del siniestro. Son 08 los botones de emergencia que están colocados estratégicamente en la planta, permitiendo el aviso en un corto periodo de tiempo. Finalmente dos potentes sirenas de 150 decibeles con sonido continuo se encuentra ubicada en la parte superior de la oficina de Operaciones y Almacén

Puntos donde están ubicados los botones de emergencia

- Botón de Emergencia N°1 : Ingreso Planta de CO2
- Botón de Emergencia N°2 : Ingreso del camino hacia la rotonda
- Botón de Emergencia N°3 : Planta N°2 de CO2 (por donde están ubicados los calderos)
- Botón de Emergencia N°4 : Junto al Gabinete Contra Incendios N° 3
- Botón de Emergencia N°5 : Por la Zona de Ablandadores
- Botón de Emergencia N°6: Al costado de el compresor de aire, entre llenado de paquetes y estación de llenado de acetileno.
- Botón de Emergencia N°7 : Ingreso Almacén de Cilindros
- Botón de Emergencia N°8 : Ingreso Planta de Acetileno

b. Alarma de Emergencia en la Planta de Acetileno

Las operaciones al interior de la planta de acetileno se controlan mediante parámetros críticos de operación, al llegar a uno de estos parámetros críticos se activará automáticamente una alarma que indica que existe una falla en la operación. Si la falla no es controlable mediante los procedimientos establecidos, se debe desalojar inmediatamente la fábrica de acetileno, activar la alarma general pulsando el botón de emergencia, pulsar el botón de parada de planta y dirigirse al punto de encuentro

1.2. Equipos de Atención de Emergencias

Medios de protección contra incendios:

Las áreas de producción, almacenaje y distribución, están cubiertos por sistemas adecuados de combate contra incendio. Estos sistemas se presentan de las siguientes formas:

- Extintores
- Mangueras contra incendio
- Sistema Deluge

a. Extintores

Nº	Ubicación de Extintor	Tipo	Peso
19	Almacén Carburo	PQS	06 Kg.
20	Planta Acetileno llenado cilindro	PQS	12 Kg.
22	Planta Acetileno (Parte Jardín)	CO ₂	28 Kg.
28	Generador de Acetileno	CO ₂	15 Lb.
29	Sala Compresora para Acetileno	CO ₂	25 Kg.
30	Planta Acetileno Generador	CO ₂	30 Kg.
38	Almacén carburo/Planta Acetileno/Puerta de Emergencia	PQS	12 Kg.

b. Mangueras Contra incendio

Se cuenta con cuatro gabinetes contra incendio estratégicamente ubicados para combatir un fuego de mayor proporción a través de chorros de agua, principalmente para el enfriamiento de áreas expuestas y próximas al incendio. Los gabinetes se encuentran ubicados, dos frente a la Planta de Acetileno y los otros dos frente a Estación de Llenado

c. Sistema Deluge

El sistema "Deluge" es una forma de protección para combate de incendio de la Fábrica de Acetileno, para el enfriamiento de los demás cilindros expuestos al fuego.

Comprende de sprinklers o boquillas de agua, las que actúan mediante el sistema de bombeo de agua desde una cisterna durante 25 minutos y con reposición de agua constante proveniente del pozo profundo, la bomba de este pozo al igual que las bombas contra incendio están conectadas al generador eléctrico en caso de interrupción del fluido eléctrico.

El accionamiento del sistema puede ocurrir:

- Automáticamente: por medio de los detectores, ampollas con aire comprimido, localizados en la malla de detección que accionan el sistema por aumento de temperatura (57°C).
- Manualmente: A través de los pulsadores localizados en el sistema de bombas contra incendio, en la garita de vigilancia (puerta Av. Las Águilas) y en la pared de Gases Especiales.

Lista de Productos del Maletín de Primeros Auxilios

- 01 Manual de Primeros Auxilios
- 01 Collarín Cervical Talla 4
- 01 Collarín Cervical (regulable)
- 01 Linterna tipo lapicero con pilas
- 06 Bajalenguas de madera
- 01 Rollo de esparadrapo

- 02 Tijeras Metálicas
- 02 Tensiómetros
- 02 Estetoscopios
- 07 Pares de guantes quirúrgicos o de goma
- 01 Platillo quirúrgico
- 01 Frasco de alcohol yodado 100 ml
- 06 Mascarillas
- 02 Cánulas de Guedel (tamaño 4 y 5)
- 02 Vías periféricas (Cada vía contiene 1 frasco de NaCl al 0.9%, equipo de venoclisis, abbocth N° 22)
- 02 Apósitos
- 15 Paquete de gaza esterilizada 5x5cm.
- 12 Cotonetes
- 04 Férulas de madera de 30 cm c/u
- 04 Vendas elásticas de 4" x 5 yardas
- 04 Vendas elásticas de 6" x 5 yardas
- 03 Lente de Seguridad
- 01 Face shield "careta"
- 05 Parches para Brigadistas
- 03 Bandas Triangulares
- 01 Pinza
- 01 Termómetro
- 01 Bolsa para hielo
- 01 Frasco de alcohol gel – 50 ml.
- 01 Bolsa blanca para desecho de material contaminado con agentes biológicos

- 03 Paños para compresas

Kit de Emergencia

Se mantendrán ubicado en un punto estratégico cuenta con diferentes elementos básicos que pueden ser necesarios para la atención de una Emergencia.

1	(uno)	Equipo de Aire Autocontenido
2	(dos)	Cilindro de Aire Autocontenido
2	(dos)	Linternas a prueba de explosión – Pilas de repuesto
1	(una)	Camilla Portátil
1	(una)	Canastilla de metal
3	(tres)	Equipo Oxígeno Medicinal Portátil
3	(tres)	Equipo para emergencias con productos químicos (Trajes encapsulados)
2	(dos)	Pares de guantes para manejo de productos químicos
1	(uno)	Par de guantes para manejo de líquidos criogénicos
2	(dos)	Pares de guantes para manejo de solventes
1	(uno)	Maletín de Primeros Auxilios
4	(cuatro)	Arnés de Seguridad con cuerda de nylon 2 mt. y gancho
4	(cuatro)	Tramos de cuerda de 50 m c/u
1	(una)	Maleta Portaherramienta (Martillo mediano, hacha chica, comba chica, llave N° 25, cizalla N° 14, alicate N° 84, desarmador plano, tenaza chica).
2	(dos)	Palas Tramontina
2	(dos)	Rollos de cinta para demarcación
1	(uno)	Megáfono
2	(dos)	Respiradores cara completa
20	(veinte)	Pastillas de repuesto para respirador (4 cartuchos para polvo, 4 cartuchos para vapores orgánicos, 4 cartuchos para Amoniaco/MEA, 4 cartuchos para gases ácidos, 4 cartuchos para vapores orgánicos/gases ácidos)
2	(dos)	Pares Botas de jebe
2	(dos)	Equipo de bombero (casco, camisa, pantalón, botas de bombero, guante de bombero)

1	(uno)	Barreta
1	(uno)	Juego de férulas de cartón (caja x 12 unid.)
1	(uno)	Kit contra derrames de químicos
1	(uno)	Kit contra derrames de petróleo y aceites

1.3. Comunicación de Emergencia

En caso de cualquier ocurrencia, se deberá comunicar al personal que debe supervisar la emergencia dentro y fuera del horario de trabajo, inclusive Sábados, Domingos y feriados.

Cargo	Nombre	RPM	Tel Celular
Gerente de Operaciones	Ing. Nelio Junior	#671421	9-949-5937
Supervisor de Estación de Llenado	Javier Marquez	#520084	9-803-3893
Gerente de Seguridad, Salud y Medio Ambiente	Ing. Walter Asparria	#546322	9-900-6237
Jefe de Distribución	Freddy Vargas	*297982	9-635-1767
Gerente de Desarrollo de Negocios	Miguel Morán	#546326	9-900-6111

1.4. Brigada de Emergencia

Está integrada por un grupo de trabajadores de la planta los cuales están capacitados y entrenados para actuar como apoyo táctico en el plan de atención de emergencias y evacuación.

Comité de Crisis Potencial (CCP)

Compuesto por el funcionario con el mayor nivel jerárquico de la Planta donde ocurrió el **EVENTO SIGNIFICATIVO**, por los representantes de la Gerencia de Operaciones, Área Legal, Área de Seguridad, Salud y Medio Ambiente y el Área de Imagen y Comunicación. El CCP será el responsable por la recepción y

análisis preliminar del **EVENTO SIGNIFICATIVO**, queriendo verificar su gravedad y según el caso generar el informe a la Gerencia Matriz.

Comité De Apoyo Interno

Conformado por el personal del área de mantenimiento por el conocimiento y experiencia en cada una de sus áreas específicas así:

- Mantenimiento Eléctrico
- Mantenimiento Mecánico
- Instrumentación
- Jefes de Área

Crisis Potencial

Los eventos significativos deben ser informados inmediatamente conforme el Programa de Gerenciamiento de Crisis por el sistema Hot Line, a través del número telefónico:

0800-11-421 ó 4644515

Al llamar debe decir la palabra clave: **CRISIS POTENCIAL**

- Nombre, cargo, teléfono para contacto
- Local, fecha, hora y naturaleza del incidente
- Si hay heridos, víctimas y daños materiales
- Causas posibles o probables
- Medidas Tomadas (órganos informados)
- Presencia de prensa

Órganos Externo

Están representadas por los organismos gubernamentales pertinentes que prestan ayuda a la sociedad, entre los cuales tenemos:

- Cuerpo de Bomberos
- Defensa Civil
- Servicio de Ambulancia
- Policía Nacional
- Otros

El apoyo de las organizaciones externas va a ser solicitado cuando el Jefe de Emergencia evalúe que la situación presentada no podrá ser controlada con los recursos internos, o que dichos recursos hayan colapsado o que la magnitud de la emergencia sea mayor a la capacidad de respuesta de Praxair Perú S.R.L. Planta Callao o se decida una Atención Defensiva

En caso de siniestro/incendios/rescates

Bomberos Voluntarios del Perú	222-0222	116
Cía de Bomberos Alarco Espinoza N° 60 – Bellavista	451-4830	
Cia Garibaldi 7	498-5474	
Cia Italia 5	429-0318	
Cia. Callao 15	429-0320	
Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)	225-9898	115
Defensa civil – Región Callao	115/225-9898	
Defensa civil – Bellavista	429-3085 Anx.	209
Cruz Roja Peruana	265-8783	

En caso de robo

Comisaría de Bellavista	465-0910
Central de Emergencia Policial	105
Escuadrón de Emergencia Callao	420-3566
Policia central	105
Escuadron de emergencias Callao	420-3566
Serenazgo de Bellavista	420-2040
Serenazgo Callao	429-9520
Policía denuncias	332-3222
Delegación de mujeres	427-0921

En caso de amenaza de Bomba/sabotajes

Udex	433-3333/433-5991
------	-------------------

CALIDDA (Emergencias con gas natural)	616-7899
--	----------

Gobiernos / Municipios

Municipalidad de Bellavista	429-3085
Municipalidad del Callao	429-6477
Gobierno regional del Callao	575-1075

Clinicas y hospitales

Hospital Sabogal	429-0728
Hospital Daniel Alcides Carrion	429-6068
Hospital San Jose	451-4282
Alo Essalud	472-2300
Alerta médica	225-4040
Morgue de Lima	328-8590
Morgue del Callao	429-8116
Cruz roja peruana	265-8783

Organismos Públicos

Sedapal	317-8000
Edelnor	571-1717
Luz del Sur	617-5000
Telefonica	102
Alcoholicos anonimos	265-3100
Amigos de los animales	430-0981
Centro antirrabico	425-6313
Aeropuerto	517-3100/511-6055

Comité de Ayuda Mutua

En proceso

2 PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA

2.1. Procedimientos Generales en caso de Emergencia

Objetivo

El objetivo de este procedimiento es establecer las acciones necesarias para responder, comunicar, evaluar y posible mitigación en caso de emergencias.

Alcance

Todo el personal de la unidad

Responsabilidad

Es responsabilidad de todo el personal de la unidad cumplir y hacer cumplir cada uno de los procedimientos que a continuación se detallan:

Procedimiento

- ***TODO EL PERSONAL DE LA UNIDAD, VISITANTES Y CONTRATISTAS DEBERAN TENER APAGADOS SUS CELULARES Y APARATOS ELECTRICOS/ELECTRONICOS CUANDO INGRESEN A LA PLANTA DE ACETILENO, ALMACEN DE CARBURO DE CALCIO Y ALMACEN DE INFLAMABLES***

a. En caso de una liberación (con potencial de ignición), un incendio o una explosión que creen un riesgo inmediato, la persona que descubre la condición:

- Pulse el botón de emergencia más cercano.
- Si el fuego es pequeño y ninguno de los brigadistas se encuentra cerca del lugar de la emergencia, utilice el extintor apropiado para tratar de apagarlo, sólo si Ud. se encuentra entrenado y se siente en condiciones de hacerlo. En caso contrario, abandone el lugar y diríjase al punto de encuentro para informar al Jefe de la Emergencia o al Líder de la Brigada de emergencia, detalle lo sucedido
- No regrese por ningún motivo
- Impida el ingreso de otras personas no autorizadas.

- Espere instrucciones

b. En caso de fugas de acetileno

- Pulse el botón de emergencia más cercano.
- Aléjese de los vapores, tome como referencia la veleta para conocer la dirección del viento
- Tenga a la mano y use su respirador de doble vía.
- El contacto con fuentes de ignición produce explosión, Aléjese
- Diríjase al punto de encuentro por las rutas de evacuación
- Comunique al Jefe de Emergencia o Jefe de la Brigada
- Espere instrucciones

1.2. Procedimientos Específicos en caso de Emergencias

a. Procedimiento en caso de fuga de acetileno

Objetivo

El objetivo de este procedimiento es establecer las acciones que debe realizar el personal al presentarse una fuga de acetileno

Alcance

Personal de la Brigada de Emergencia

Responsabilidades

Es responsabilidad del funcionario seguir las presentes instrucciones

Condiciones Generales

Es un gas altamente inflamable, forma mezclas explosivas con el aire (LEL-2,3%)

Procedimiento

- Antes de ingresar o acercarse utilice ropa de nómex y gorro de nómex
- Asegúrese que no haya chispas ni fuentes de ignición cercanas
- Mantenga el área ventilada

- Si se requiere ventear un cilindro utilice un regulador
- Mida el porcentaje de acetileno en el ambiente
- De existir concentración de gas acetileno rocíe el área con nitrógeno u otro agente que disminuya el porcentaje de oxígeno, use equipo de respiración autónoma
- Pare la planta
- Identifique el lugar exacto de la fuga, e indíquelo con una marca
- Cuando la atmósfera sea segura, el personal de mantenimiento corregirá la causa de la fuga.
- De ser necesario, el gas residual debe ser quemado a través de un quemador adecuado que disponga de antiretroceso de llama.

Equipo de Protección Individual indicado para Atender la Emergencia

- Guantes de cuero
- Casco
- Lentes de seguridad
- Traje de nómex y gorro de nómex
- EPRA

b. Procedimiento en caso de incendio en el Llenado de Acetileno

Objetivo

El objetivo de este procedimiento es establecer las acciones que debe realizar el personal al presentarse un incendio en el Llenado de cilindros de Acetileno

Alcance

Personal de la Brigada de Emergencia

Responsabilidades

Es responsabilidad del funcionario seguir las presentes instrucciones

Condiciones Generales

El acetileno es un gas altamente inflamable, forma mezclas explosivas con el aire.

Límite de inferior de Inflamabilidad en porcentaje de volumen en el aire 2.5%

Procedimiento

En caso de fuego en cilindros

- Si el fuego es pequeño y afectado a un cilindro enfriarlo con chorros de agua tanto el cilindro afectado como los cilindros que se encuentran a su alrededor.
- Retirar el cilindro del lugar siempre que no represente un riesgo
- Si se requiere ventear un cilindro utilice un regulador
- En caso de no poder controlarlo, active el sistema manual de "Deluge"
- Ubique una salida de emergencia e inicie la evacuación
- Impida el ingreso de otras personas no autorizadas y espere instrucciones
- Diríjase al punto de encuentro, ubique al Jefe de Emergencia o Jefe de la Brigada; detalle lo sucedido

En caso de activarse el sistema Deluge

- Ubique una salida de emergencia e inicie la evacuación
- Impida el ingreso de otras personas no autorizadas y espere instrucciones
- Diríjase al punto de encuentro y comuníquese al Jefe de Emergencia o Jefe de la Brigada; detalle lo sucedido
- Como apoyo utilizar para el combate del fuego mangueras contra incendio
- Si no es posible controlar el fuego, solicitar ayuda externa
- No permitir que el fuego se expanda a ambientes próximos
- Aun si el fuego se ha extinguido continúe enfriando los cilindros con las mangueras contra incendios, hasta que llegue el apoyo externo

Equipo de Protección

- Traje de Completo Bomberos
- Equipo de aire autocontenido

ANEXO 12 - DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE EMERGENCIA

ANEXO 13 - REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA PLANTA



VISTA EXTERIOR - PLANTA DE ACETILENO



TANQUES DE BORRA



VISTA LATERAL – ACCESO RAMPA DE LLENADO



RAMPA DE DESPACHO - PLANTA DE ACETILENO



CARRO DE CARGA DE LOS SILOS (HOOPERS)



CARRO DE CARGA LLENO DE CARBURO DE CALCIO



ALMACEN DE CARBURO DE CALCIO



LATA DE CARBURO DE CALCIO



DISPOSITIVO ABRIDOR DE LATAS DE CARBURO



TECLE NEUMÁTICO PARA IZAJE DE CARRO DE CARGA DE HOOPERS



TECLE NEUMÁTICO PARA IZAJE DE CARRO DE CARGA DE HOOPERS



GENERADOR DE ACETILENO – VISTA LATERAL



GENERADOR DE ACETILENO – VISTA DE FRENTE



GENERADOR DE ACETILENO – RAMPA DE ACCESO HOOPERS



GENERADOR DE ACETILENO – VISTA LATERAL



BATERÍA DE CILINDROS DE NITRÓGENO PARA INERTIZACIÓN



SECADORES DE BAJA PRESIÓN – SALIDA DEL GENERADOR



PURIFICADORES DE GAS ACETILENO



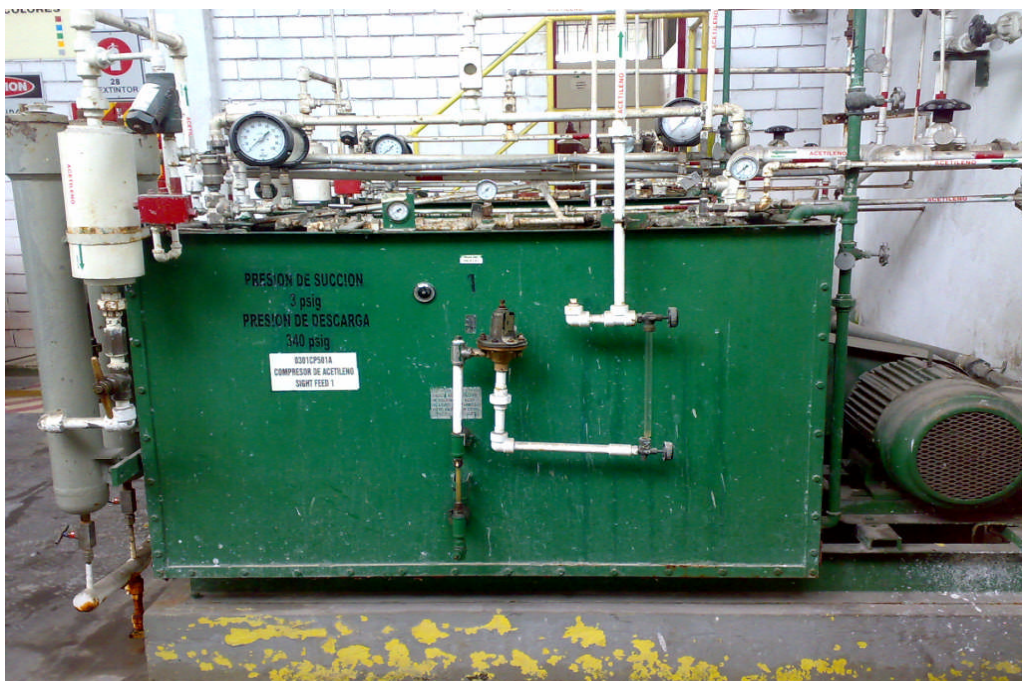
TIERRA FILTRANTE EN LOS PURIFICADORES DE ACETILENO



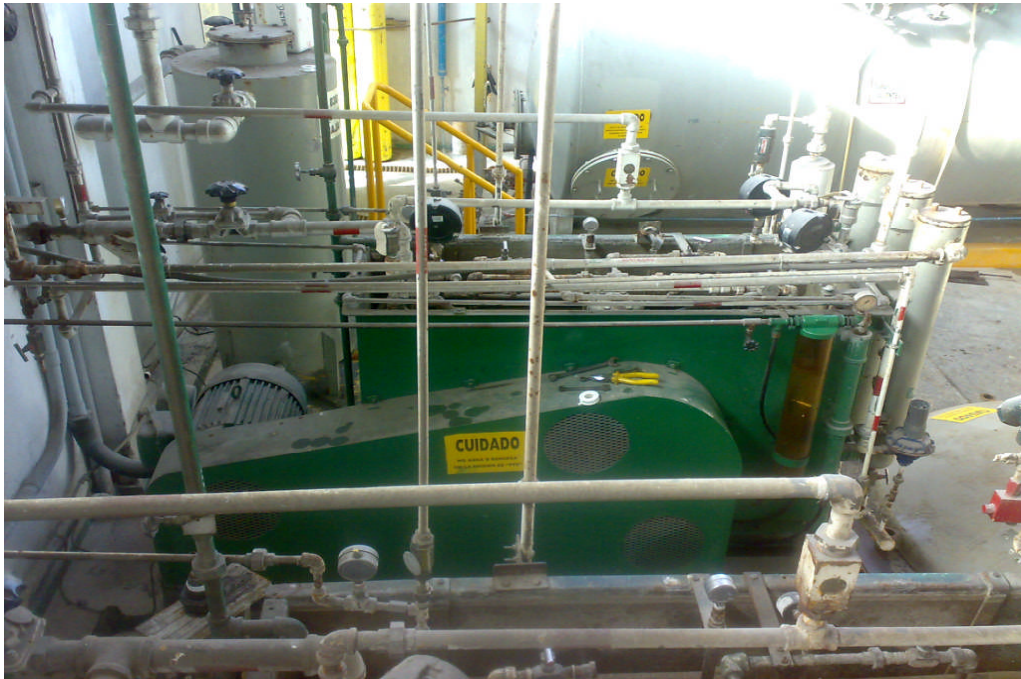
LAVADOR DE GASES (SCRUBBER)



COMPRESORES DE ACETILENO – 3 ETAPAS



COMPRESOR DE ACETILENO – VISTA LATERAL



COMPRESOR DE ACETILENO – VISTA LATERAL



VISTA INTERNA DEL COMPRESOR DE 3 ETAPAS



SISTEMA DE SECADORES DE ALTA PRESIÓN



VISTA LATERAL – SECADORES DE ALTA PRESION



BATERÍA DE LLENADO DE CILINDROS DE ACETILENO



ACCESO A SALA DE GENERACIÓN DE ACETILENO – BATERÍA DE RETORNO AL GENERADOR Y BATERIA DE LLENADO DE CILINDROS



VÁLVULA DE CONTROL DE LLENADO DE CILINDROS DE ACETILENO



CONECTOR DE LLENADO PARA CILINDROS DE ACETILENO



FLASH ARRESTOR – BATERÍA DE LLENADO DE CILINDROS



CILINDROS DE ACETILENO LLENOS – RAMPA DE LLENADO



CILINDRO DE ACETILENO LLENO CON PRECINTO TERMOENCONGIBLE



RAMPA DE DESPACHO DE CILINDROS DE ACETILENO

**ANEXO 14 - REGISTRO FOTOGRÁFICO DE INSTRUMENTOS Y
ACCESORIOS DE EQUIPOS**



VÁLVULA EQUALIZADORA DE PRESIONES EN HOOPERS



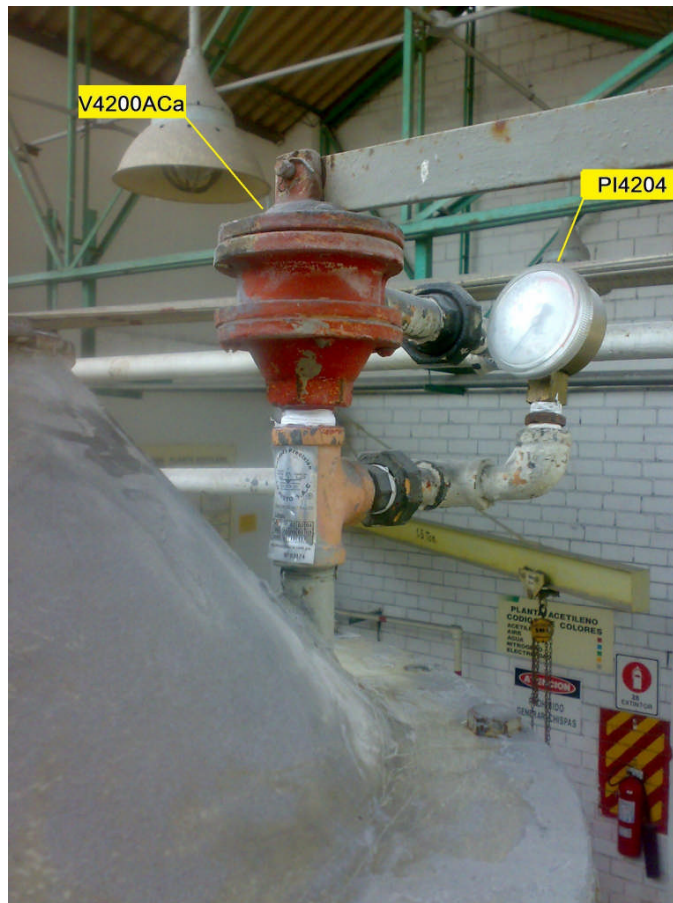
VÁLVULA EQUALIZADORA DE PRESIONES EN HOOPERS



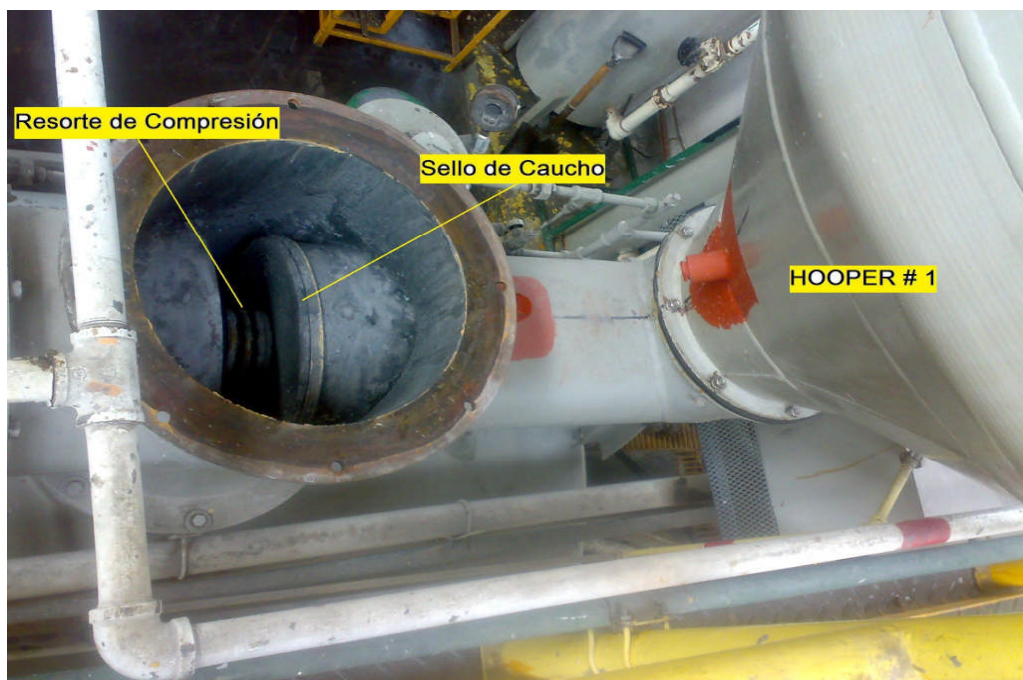
VÁLVULA EQUALIZADORA DE PRESIONES EN HOOPERS



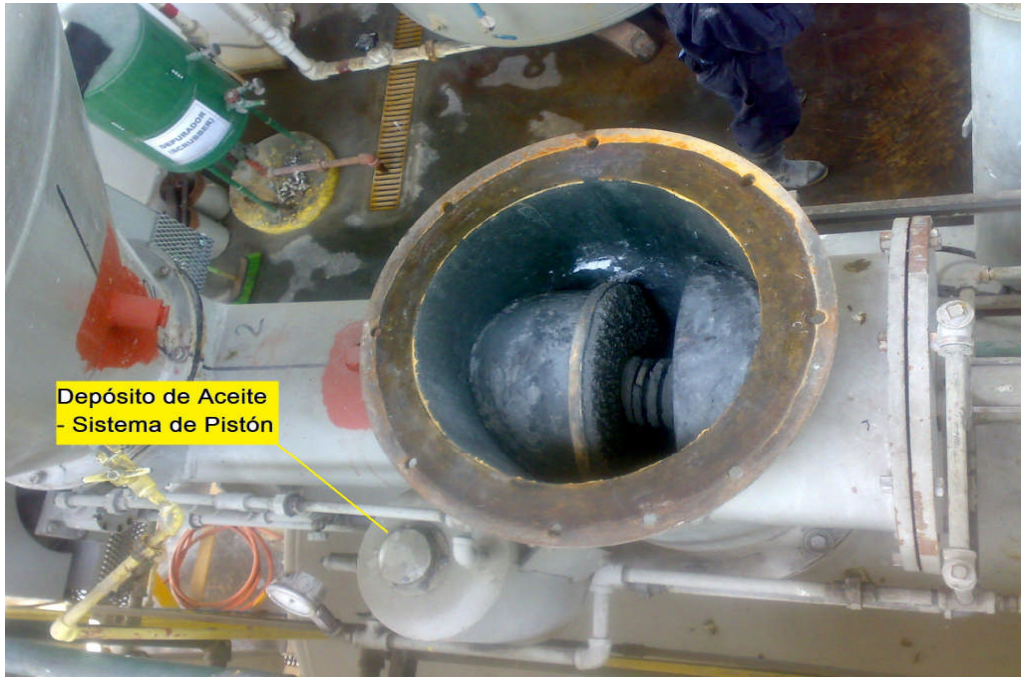
VALVULA MANUAL E INDICADOR DE PRESION EN HOOPER 2



VALVULA MANUAL E INDICADOR DE PRESION EN HOOPER 1



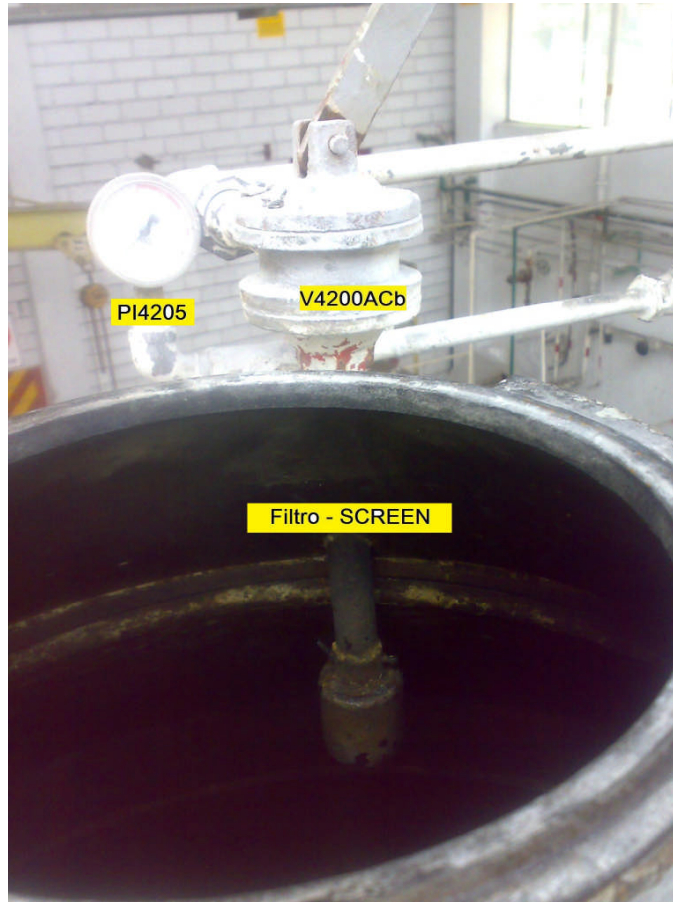
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN A GENERADOR DE ACETILENO - HOOPERS



SISTEMA DE ALIMENTACIÓN A GENERADOR DE ACETILENO - HOOPERS



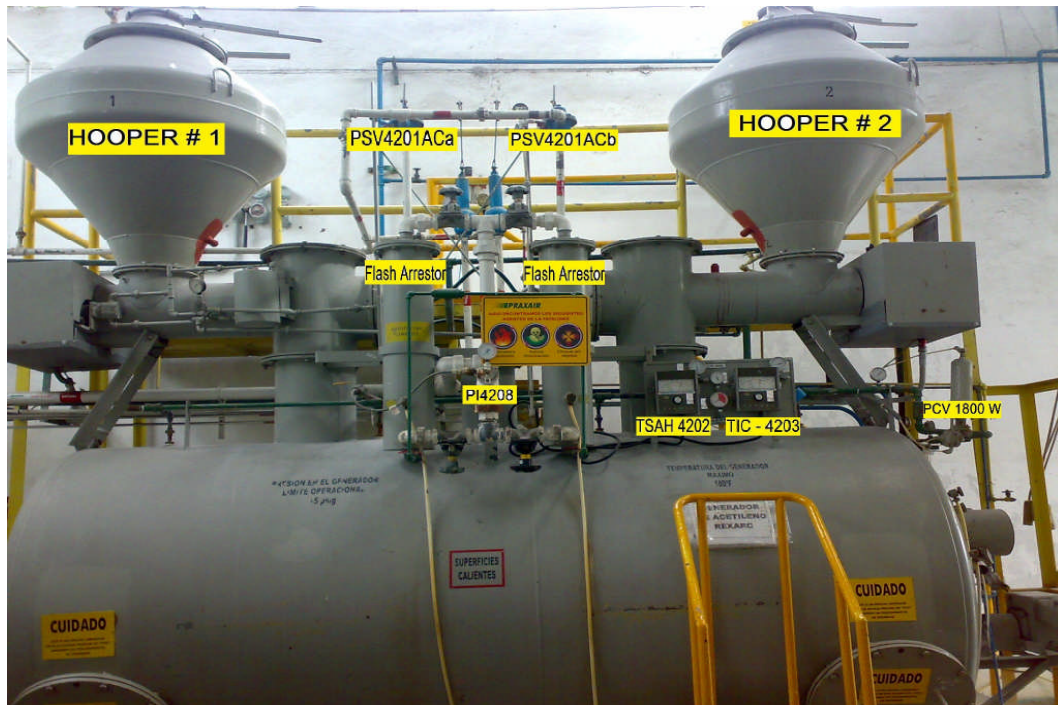
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN A GENERADOR DE ACETILENO - HOOPERS



FILTRO UBICADO DENTRO DEL SILO DE ALIMENTACIÓN (HOOPER)



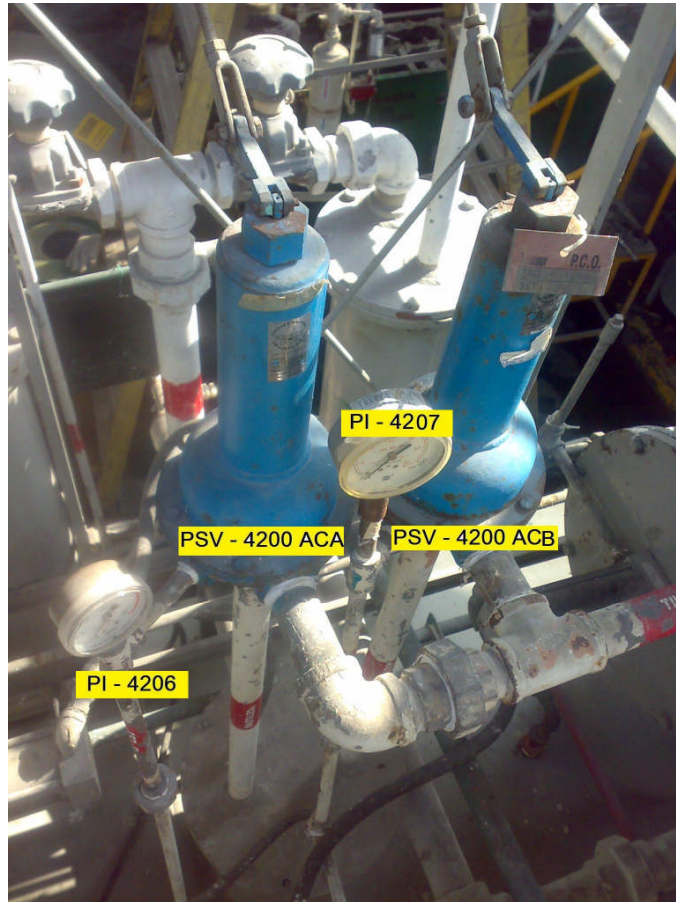
PANEL DE CONTROL – GENERADOR DE ACETILENO



INSTRUMENTOS EN GENERADOR DE ACETILENO – VISTA FRONTAL



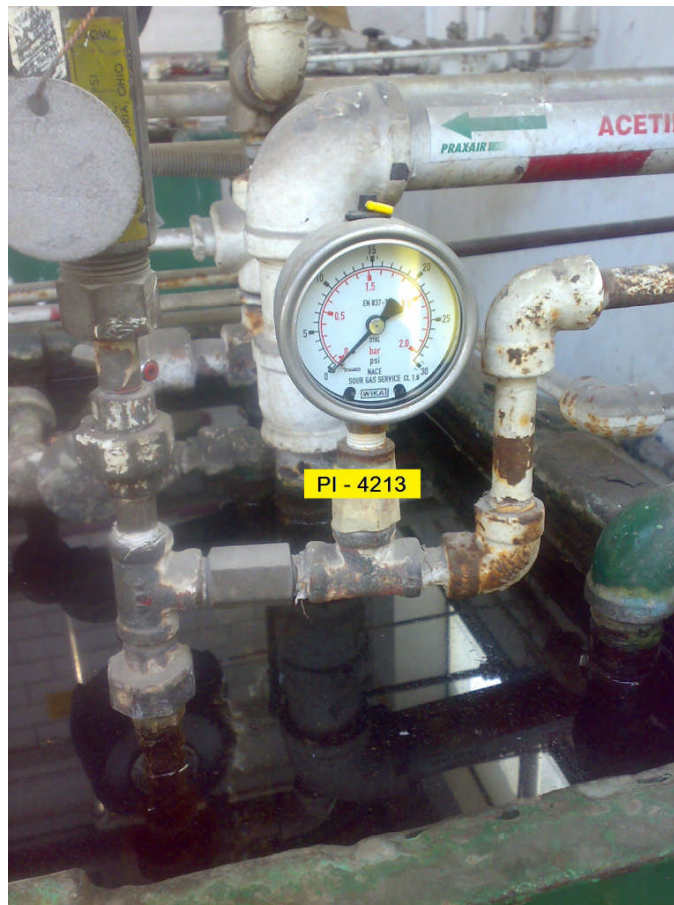
INDICADOR DE PRESION DE ACETILENO – SALIDA DEL GENERADOR



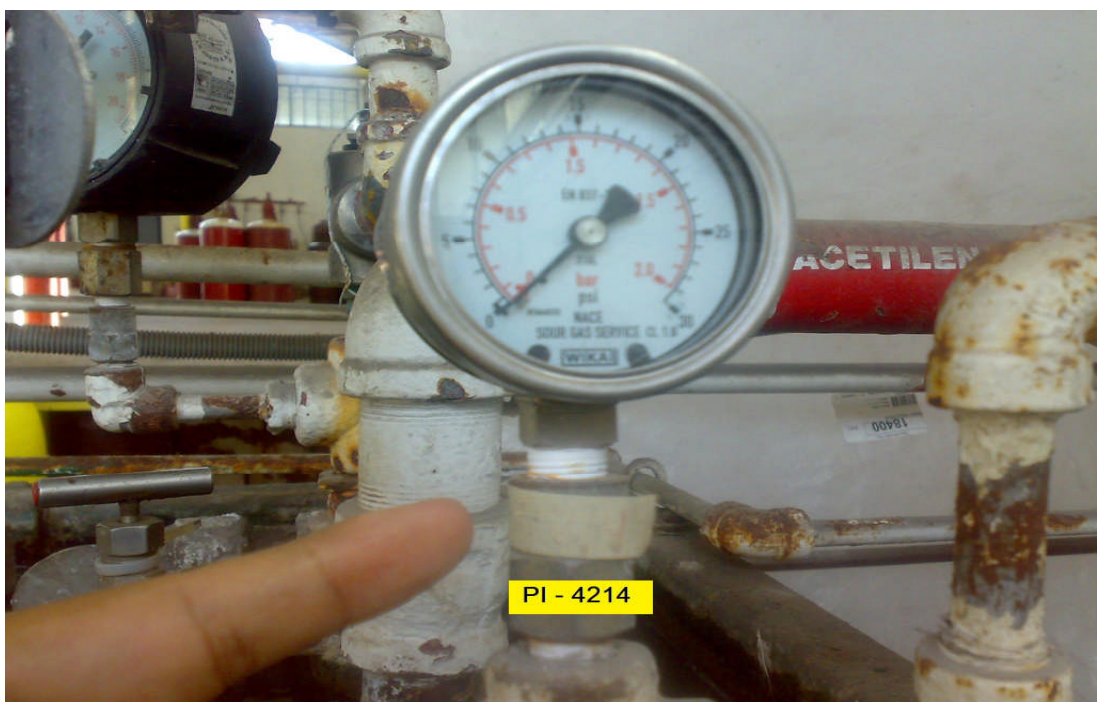
INDICADOR PRESION DE RETORNO DE LLENADO Y VALVULAS DESEG.



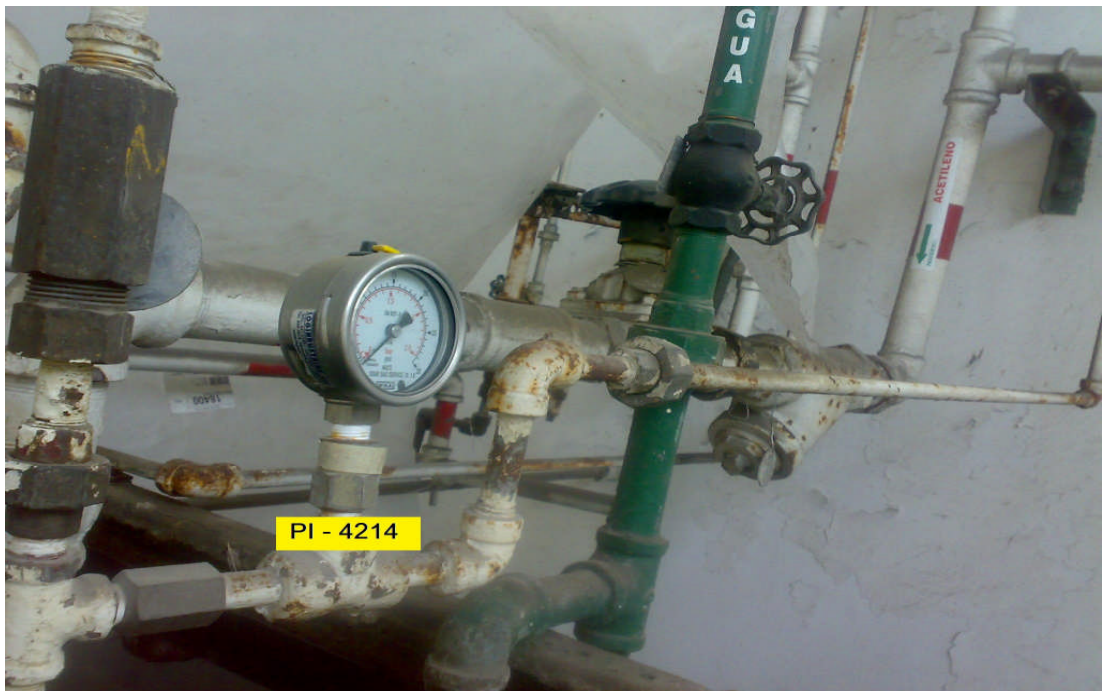
INDICADOR DE PRESIÓN DE SUCCIÓN DEL COMPRESOR 1



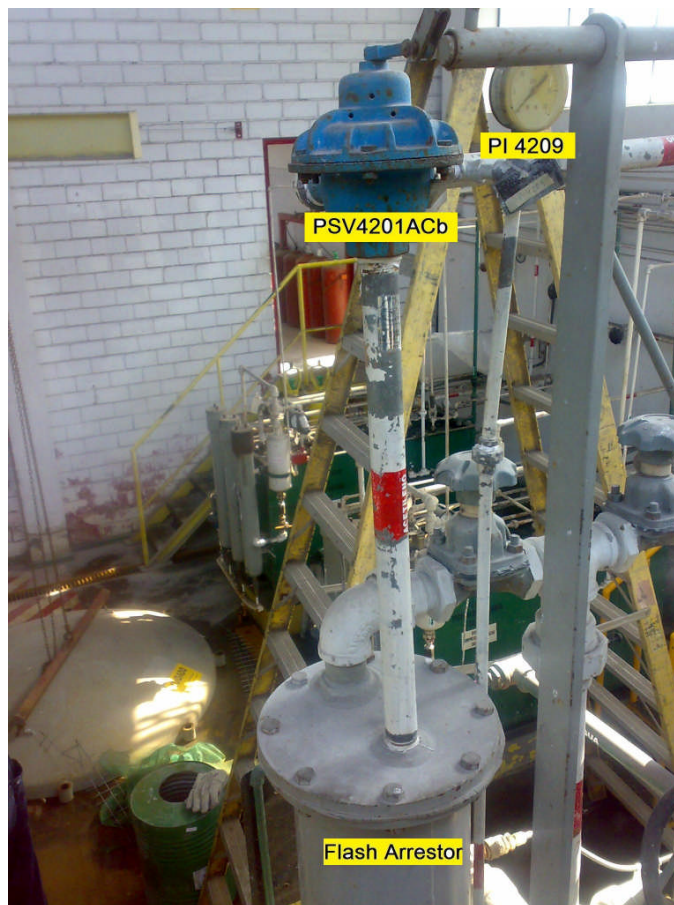
INDICADOR DE PRESIÓN DE SUCCIÓN DEL COMPRESOR 1



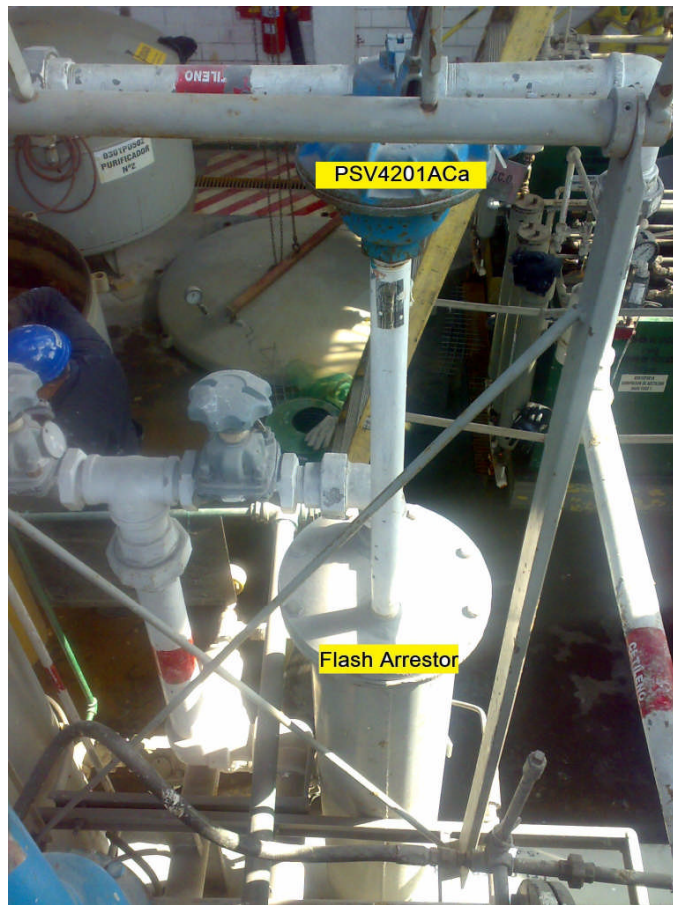
INDICADOR DE PRESIÓN DE SUCCIÓN DEL COMPRESOR 2



INDICADOR DE PRESIÓN DE SUCCIÓN DEL COMPRESOR 2



VÁLVULA DE SEG. DEL GENERADOR - SALIDA DE FLAME ARRESTER "B"



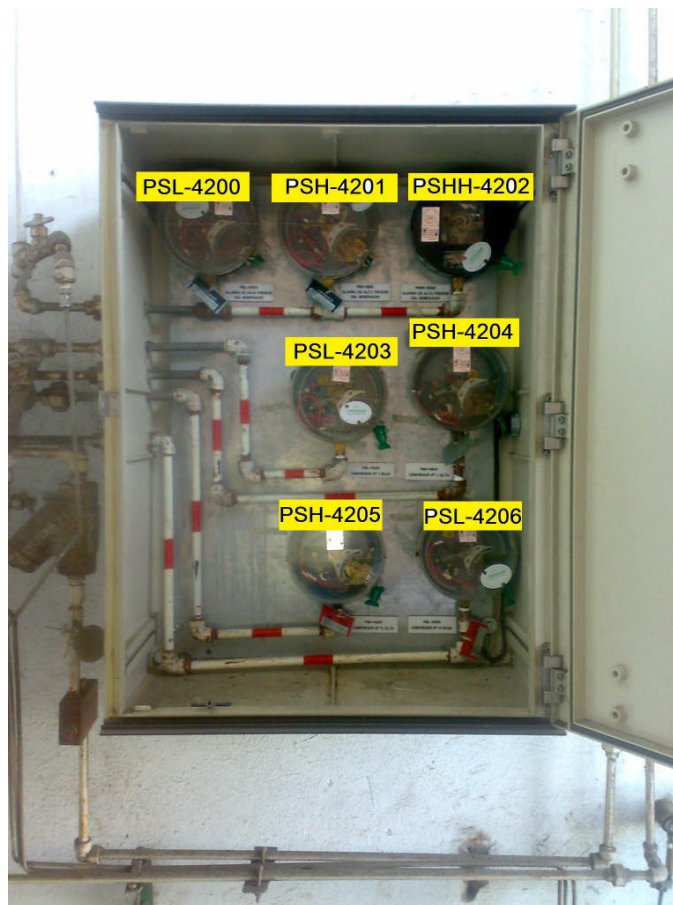
VÁLVULA DE SEG. DEL GENERADOR - SALIDA DE FLAME ARRESTER "A"



DUCHAS DE INGRESO AGUA EN GENERADOR DE ACETILENO



UBICACIÓN INGRESO DE AGUA Y CARBURO DE CALCIO – GENERADOR



PANEL DE PRESOSTATOS - ALARMAS DE OPERACIÓN



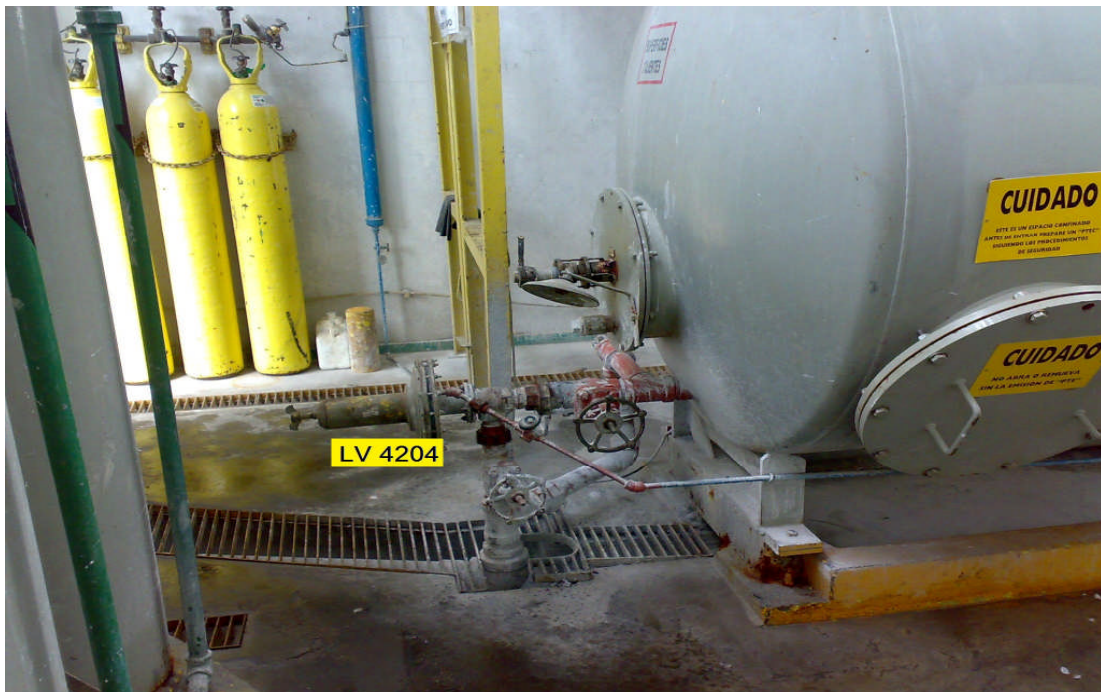
PRESOSTATOS



INDICADOR DE INGRESO DE AGUA AL GENERADOR DE ACETILENO



INDICADOR DE PRESIÓN EN INGRESO DE AGUA AL GENERADOR DE ACETILENO Y VÁLVULA DE DIAFRAGMA



VÁLVULA DE DIAFRAGMA ACCIONADA POR CONTROLADOR PARA DRENAJE

ANEXO 15 – ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



ORGANIGRAMA GENERAL

