



14

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de
Exámenes Profesionales

**"ANALISIS DE RIESGOS DE PROCESO
AL SISTEMA DE DESCARGA DE HCI
DE PIPA AL TANQUE ALMACEN
Y DE ESTE AL REACTOR"
PLANTA DUCOA**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO**

**PRESENTA
LINO ENRIQUE FUENTES ORONA**

ASESOR: D. EN C. ADOLFO OBAYA VALDIVIA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX. 2002



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Análisis de Riesgos de Proceso al Sistema de Descarga de HCI
de Pipa al Tanque Almacén y de este al Reactor". Planta DUCOA.

que presenta el pasante: Lino Enrique Fuentes Orona.
con número de cuenta: 7510128-0 para obtener el título de :
Ingeniero Químico.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 7 de noviembre de 2001.

PRESIDENTE	<u>I.Q.M. Rafael Sampedro Morales.</u>	
VOCAL	<u>Dr. Adolfo Obaya Valdivia.</u>	
SECRETARIO	<u>I.Q. Graciela Delgadillo García.</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>I.Q. Guadalupe Franco Rodríguez.</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>I.Q. Ariel Bautista Salgado.</u>	

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. en C. Adolfo Obaya Valdivia
Por sus acertados consejos y la atinada dirección de este trabajo.

Al Jurado. Por sus valiosas observaciones

A mi madre Vicenta Orona de Fuentes
Por su infinita paciencia y bondad a quien le debo todo lo que soy.

Para mi esposa, Ana Carrillo de Fuentes e hijas Layla Valeria y Frida Rubí
Cuyo apoyo e inspiración, fue decisivo para que este estudio fuera posible

A mis familiares

INDICE

I. Introducción	Pags.
I.1 Antecedentes.....	4
I.2 Motivo del Estudio.....	5
I.3 Experiencia en DuCoo.....	7
I.4 Definiciones.....	8
I.5 Alcance del Estudio.....	17
I.6 Enfoque de Ejecución del Estudio.....	18
II. Método Lista de Verificación	
II.1 Resumen de la Lista de Verificación.....	19
II.2 Introducción de la Lista de Verificación.....	19
II.3 Metodología del estudio de Lista de Verificación.....	20
III. Método Análisis de Modo de Falla y Efecto	
III.1 Resumen del Análisis de Modo de Falla y Efecto.....	23
III.2 Introducción del análisis de Modo de Falla y Efecto.....	23
III.3 Metodología del Estudio Análisis de Modo de Falla y Efecto.....	24
IV. Método de Análisis de Consecuencias	
IV.1 Resumen del Análisis de Consecuencias.....	27
IV.2 Introducción del Análisis de Consecuencias.....	28
IV.3 Metodología del estudio de Análisis de Consecuencias.....	29
V. Descripción del Proceso Planta DuCoo.....	32
VI. Descripción de datos y especificaciones del sistema en estudio.....	33
VII. Desarrollo del análisis de riesgo Análisis de Consecuencias.....	36
VIII. Desarrollo del análisis de riesgo Lista de Verificación.....	48
VIII.1 Hojas de Trabajo.....	49
VIII.2 Resultados y acciones de la Lista de Verificación.....	64
VIII.3 Recomendaciones de la Lista de Verificación.....	65
IX. Desarrollo del análisis de riesgo AMFE.....	69
IX.1 Lista de Equipos y Modos de Falla.....	70
IX.2 Hojas de Trabajo.....	73
IX.3 Resultados y acciones del Análisis de Modo de Falla y Efecto...	77
IX.4 Recomendaciones del Análisis de Modo de Falla y Efecto.....	78
X. Conclusiones.....	79
Bibliografía.....	80

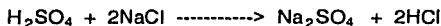
I. INTRODUCCION

I.1 ANTECEDENTES

El consumo de soluciones de HCl en la industria ha ido en aumento debido a sus diversas aplicaciones:

- En los laboratorios se emplea como reactivo
- En solución acuosa se le conoce comercialmente como ácido muriático, el cual se usa para destapar drenajes.
- Combinado con otros ácidos se usa en la industria petrolera para favorecer la fluidez del petróleo crudo entrampado en las rocas porosas del subsuelo.
- Se usa en la síntesis de algunos productos.

A escala industrial el HCl se obtiene por la reacción entre el ácido sulfúrico y el cloruro de sodio obteniéndose sulfato de sodio y ácido clorhídrico, de acuerdo a la siguiente reacción.



El HCl se maneja industrialmente en soluciones que van desde el 30 al 35% en peso, siendo el transporte en pipa el medio más económico y confiable.

Debido a que el HCl es una de las materias primas requeridas para la síntesis del Cloruro de Colina, su consumo en la planta DuCoa inicia en el año 1991. Esta planta es la encargada del procesamiento y comercialización del Cloruro de Colina, cuyo proceso demanda el uso de la solución acuosa de ácido Clorhídrico al 30%.

El HCl llega a la planta en pipas de 30 tons. de capacidad provenientes de la compañía Sales del Istmo. La producción de Cloruro de Colina es de 7,200 toneladas al año, teniendo para ello que consumir 4,650 toneladas de HCl al 30%, lo cual da un consumo mensual de 13 pipas de HCl.

Los productos obtenidos son Cloruro de Colina líquido al 75% en peso en presentaciones de tambores de 200 lts y a granel en pipas de 30 tons.

El mercado principal de este producto es la industria avícola y ganadera pues es un aminoácido que se requiere para el desarrollo y salud de los animales de engorda.

1.2 Motivo del estudio

Una serie de accidentes importantes en las décadas de 1970 y de 1980 ayudaron a impulsar al gobierno y a la industria a desarrollar métodos de análisis de riesgos, por tal motivo, las plantas industriales se han visto en la necesidad de revisar la seguridad de sus procesos volviéndose cada día mas valiosos los análisis de riesgo para identificar y prevenir riesgos en las operaciones.

Las compañías pueden considerar los análisis de riesgos para responder a necesidades internas o externas. Una necesidad interna es una decisión administrativa después de varios "casi accidentes". Las necesidades externas incluyen cumplimiento a estándares industriales internacionales, reglamentos estatales o federales emitidos por instituciones privadas y gubernamentales. Como la regla de administración de la seguridad de los procesos de la OSHA (29 CFR 1910.119) la cual define a los análisis de riesgos de proceso como:

"Es un esfuerzo sistemático y organizado para identificar y analizar el significado de riesgos potenciales asociados con el procesamiento o manejo de sustancias químicas altamente peligrosas. Un análisis de riesgos suministra información la cual ayudara a los administradores y empleados en la toma de decisiones para mejorar la seguridad y reducir las consecuencias de fugas inesperadas de químicos peligrosos."

Para México surgió la "Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental" (LGEPa) que entró en vigencia desde enero de 1988 y menciona que "Es asunto de alcance general de la nación la regulación de las actividades que deben considerarse altamente riesgosas, debido a la magnitud y gravedad de los efectos que pueden ocasionar un desequilibrio ecológico en el ambiente, y donde se consideran riesgosas las acciones asociadas al manejo de sustancias tóxicas, reactivas, radiactivas, corrosivas ó biológicas, que en caso de producirse una liberación, fuga o derrame de las mismas, o bien una explosión, ocasionen una afectación significativa al ambiente, al personal y a las instalaciones"

Adicionalmente se estableció el "programa Nacional para la Prevención de Alto Riesgo Ambiental" implementado en abril de 1992, en el cual se solicita a las industrias de alto riesgo a que presenten un programa para la Prevención de Accidentes (PPA).

Para cumplir con esa normatividad es necesario llevar a cabo un estudio de riesgo, en su modalidad de "ANÁLISIS DE RIESGO" así como la Determinación de las Zonas Potencialmente Afectables.

Con este estudio se obtendrá un panorama completo de la tecnología utilizada en sistemas de HCl. Identificación de las zonas potencialmente afectadas basándose en el evento más probable. Ubicación de las áreas en donde se maneja y almacena el producto. Las protecciones de seguridad en las áreas de proceso y los procedimientos de operación, mantenimiento y de seguridad disponibles.

Toda esta información permitirá mejorar los procedimientos de operación, de emergencia, programas de entrenamiento y de mantenimiento.

Por todo lo anterior es necesario la realización de un análisis de riesgo que utilice las metodologías de Lista de Verificación (Check List) Análisis de Modo de Falla y Efecto (AMFE) y su análisis cuantitativo de riesgo (Análisis de Consecuencias).

1.3 Experiencia en DuCoa

La experiencia del personal de DuCoa en el manejo de la solución de HCl al 30% inicia en 1991. Debido a lo reciente de esta operación, la mayor parte del personal operativo es recién egresado del Conalep con conocimientos teóricos en las disciplinas de electricidad, instrumentación, mecánico y de soldadura, sin experiencia en el manejo del HCl. La administración decide compensar esta deficiencia contratando personal de confianza con experiencia operativa de otras plantas.

Esta situación dio como resultado una serie de incidentes de proceso:

- Derrames de HCl por fugas en conexiones y mangueras
- Fallas de tuberías
- Excesiva emanación de vapores
- Fallas de equipos por mala operación.
- Sobrellenado del reactor

Debido a estos incidentes que comprometían la permanencia del negocio, la gerencia decide dedicar los recursos necesarios para la realización de los análisis de riesgos.

Este estudio presenta los resultados obtenidos de la aplicación del análisis de riesgos al "Sistema de descarga de HCl de pipa al tanque almacén y de este al Reactor".

1.4 Definiciones

Gráfica de Dispersión ó Isoconcentraciones.- Gráfica que presenta la dispersión de materiales tóxicos tomando en cuenta la dirección del viento, cantidad del material fugado, y características de los materiales. La representación de las dispersiones se presenta con plumas que indican la concentración de la nube y la distancia alcanzada.

Zona de riesgo.- Es una zona de restricción total, en la que no se debe permitir ningún tipo de actividad, incluyendo los asentamientos humanos y la agricultura, con excepción de actividades de forestación, el cercamiento y señalamiento de la misma así como el mantenimiento y vigilancia¹.

Zona de amortiguamiento.- Es aquella en donde se pueden permitir determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al medio ambiente, restringiendo el incremento de la población ahí asentada y capacitándola en los programas de emergencia que se realicen para tal efecto².

TLV ó LPE.- Su traducción literal y usual es Valores Limites Umbrales. Son límites permisibles de concentración establecidos por el American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) cuyo criterio general asume que una exposición a una sustancia tóxica que no exceda el TLV, se producirá un daño pequeño para la mayoría de los individuos.

IPVS ó IDLH.- Peligro inmediato para la vida o la salud. Es el valor máximo en ppm ó mg/M³ de concentración de una sustancia tóxica a la que una persona puede escapar sin daños reversibles a su salud en un periodo hasta de 30 minutos de exposición.

¹ Programa para la Prevención de accidentes PPA, 1993

² Programa para la Prevención de accidentes PPA, 1993

Secciones hoja de trabajo Lista de Verificación

PROCESO.- Se refiere al proceso o sistema a ser analizado.

1.- LISTA DE CONTROL DEL PROCESO.- Indica la disciplina a analizar.

SECCION.- Se refiere a la sección de la disciplina a analizar.

PREGUNTA.- Sección dentro del formato dedicado a la captura de la pregunta, la cual será contestada dentro del proceso del análisis de riesgos.

APLICA SI Ó NO.- Columna para decidir si la pregunta en cuestión aplica al sistema que se está analizando. Cualquiera que sea la opción, es necesario explicar su respuesta.

RESPUESTA.- Espacio en el formato para que se anote la respuesta a la pregunta analizada.

RECOMENDACION.- Columna destinada para anotar las recomendaciones, una vez que se han analizado los sistemas de protección y se considere que se requiere mejorar dichos sistemas. Cuando la respuesta a la pregunta es satisfactoria, esto quiere decir que los sistemas de seguridad son 100% confiables, no se requiere de editar una recomendación.

RESPONSABLE.- En esta columna se anota el nombre del responsable de cumplir la recomendación y la fecha de compromiso para su terminación.

Secciones Hoja de trabajo del AMFE

PROCESO.- Se refiere al proceso o sistema a ser analizado.

COLUMNA DE No. DE COMPONENTE

Se refiere al numero consecutivo que se le asigna al equipo de proceso dentro del sistema.

COLUMNA DE DESCRIPCION

En esta columna se indican las características de los componentes a ser analizados, alguno ejemplos son: Volúmenes, flujos, condiciones de operación, materiales de construcción, para válvulas automáticas indicar su posición normal y posición a falla.

COLUMNA MODO DE FALLA

En esta sección se indican los modos de falla que presentan los equipos de acuerdo a la experiencia del grupo de revisión y de acuerdo a la experiencia de planta, por ejemplo un recipiente a presión puede fallar por:

Fuga en soldadura, fuga por falla del material en el cuerpo, fuga en juntas, etc.

COLUMNA DE EFECTO EN SIGUIENTE COMPONENTE Y EN TODO EL SISTEMA

Aquí se indica el efecto de la falla en el siguiente componente, por ejemplo una falla en un transmisor de nivel abrirá o cerrará la válvula automática (siguiente componente) y esta acción en la válvula incrementará o restringirá el flujo de material afectando a todo el sistema.

COLUMNA DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

Esta definida como el numero de veces que se efectúa la operación o la frecuencia de accidentes en dicha operación.

En esta sección se define la ocurrencia de la falla propuesta tomando en cuenta la experiencia de la planta o de la industria en general.

Dependiendo de la selección, se asigna a la falla el número a la izquierda de la lista, por ejemplo, si la falla analizada se considera que ha ocurrido un caso en tres años, el valor designado es de 3.

La probabilidad de ocurrencia se indica en la siguiente tabla.

Probabilidad de Ocurrencia

- 1.- No ha ocurrido un caso en cinco años.
- 2.- Ha ocurrido un caso en cinco años.
- 3.- Ha ocurrido un caso en tres años.
- 4.- Ha ocurrido un caso en un año.
- 5.- Ha ocurrido mas de un caso en un año.

COLUMNA DE GRAVEDAD PROBABLE

Esta definida como el tipo de lesión que razonablemente se tendría si ocurriese la falla.

En esta sección se evalúa la severidad del accidente o el impacto de la falla propuesta, tomando en cuenta la experiencia de la planta o de la industria en general.

Dependiendo de la selección se asigna a la falla la letra a la izquierda de la lista, por ejemplo si la falla analizada el grupo de revisión considera que la severidad es "Grave incapacitante" la letra asignada es "C".

La gravedad probable se indica en la siguiente tabla.

Gravedad Probable

- A.- Grave múltiple o con incapacidad total permanente o muerte.
- B.- Grave con incapacidad parcial permanente
- C.- Grave Incapacitante
- D.- Leve
- E.- Muy Leve

COLUMNA DE EVALUACION

En esta sección se define el riesgo asociado con la falla tomando en cuenta los parámetros de PROBABILIDAD DE OCURRENCIA y GRAVEDAD PROBABLE.

La evaluación objetiva del riesgo es de vital importancia, ya que será la que defina la prioridad con que deban analizarse los modos de falla planteados, este paso debe realizarse con criterio profesional, objetividad, lógica y aprovechando la experiencia que se tenga de la instalación.

La evaluación de un riesgo se determina por dos factores:

- a) Probabilidad de Ocurrencia o frecuencia probable: es el número de veces que se efectúa la operación o la frecuencia de accidentes en dicha operación.
- b) Gravedad Probable: es el tipo de lesión que razonablemente, se tendría si ocurriese la falla.

Los parámetros utilizados para cada factor se determinan en cada modo de falla.

La evaluación del riesgo a través de los dos factores mencionados, permite determinar la profundidad del análisis, utilizando una "Matriz de Evaluación" construida como se muestra en la figura, donde las prioridades se definen como:

Prioridad 1.- Requiere análisis y revisión de los sistemas de seguridad.

Prioridad 2.- Requiere análisis, revisión de los sistemas de seguridad y la aplicación de las recomendaciones dependerá del análisis costo / beneficio.

Prioridad 3.- No requiere análisis o mayor atención.

Los resultados de la evaluación y prioridad se anotan en la columna de EVALUACION del formato de trabajo¹.

¹ Asociación Nacional de la Industria Química, ANIQ, Seguridad de los Procesos, 1994

P R O B A B I L I D A D



GRAVEDAD ↓	1	2	3	4	5
A	1	1	1	1	1
B	2	1	1	1	1
C	2	2	1	1	1
D	3	2	2	2	1
E	3	3	3	2	2

COLUMNA DE SISTEMAS DE SEGURIDAD

En esta sección se anotan los dispositivos de protección con que cuenta el sistema. La intención de estos dispositivos es evitar, prevenir o mitigar los efectos de la falla.

El objetivo del análisis de riesgos es trabajar en mejorar o implementar dispositivos de seguridad en los primeros 2 sistemas de seguridad. El cuarto y quinto sistema de seguridad están diseñados para mitigar los efectos de un evento y normalmente son necesarios cuando el evento ha salido de control y ha rebasado los límites de la planta¹.

Los sistemas de protección por niveles se indica en la tabla No. 1

Tabla No. 1

Riesgos en el proceso	Primer sistema de seguridad	Segundo sistema de seguridad	Tercer sistema de seguridad	Cuarto sistema de seguridad	Quinto Sistema de seguridad
Materiales tóxicos	Acción del operador	Sistemas de control distribuido.	Sistemas de detección de fuego / gas.	Brigada contra incendio	Plan de evacuación
Polvos combustibles	Proc. Operativos.	Alarmas	Interlocks	Sistemas de protección contra incendio	Procedimient o de emergencia externa
Altas temperaturas	Condiciones de operación seguras		Válvulas de Seguridad		Comités Locales de Ayuda
Altas presiones	Entrena miento		Diques	Proc. De emergencias internas	
Materiales inflamables			Programas de Inspección	Simulacros	Simulacros
Materiales explosivos			Sistemas de respaldo	Zonas de conteo	
Desviaciones del proceso					
Reacciones fuera de control					
Fallas de equipos					

¹ Kolluru, "Manual de Evaluación y Administración de Riesgos", 1998

CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD

Primer Sistema de Seguridad

Este sistema esta relacionado al factor humano, como un factor decisivo para operar dentro de rango las variables del proceso en condiciones normales de operación.

Se requiere de procedimientos de calidad, estricto cumplimiento a los parámetros seguros de operación y una capacitación adecuada al personal que opera los procesos. Los operadores deben reconocer en que momento las variables están saliendo de control, deben evaluar esta situación y conocer las acciones necesarias para restablecer las variables a sus parámetros seguros.

Segundo Sistema de Seguridad

El objetivo de la segunda barrera de protección, es el de notificar al operador por medio de alarmas audibles y visibles, de que la variable del proceso esta saliendo de control, las alarmas pueden ser activadas por la detección oportuna de la presencia de materiales peligrosos en el ambiente de trabajo.

Este segundo sistema es muy importante, funciona como respaldo al operador en cuanto a la identificación de condiciones de alarma en el proceso. Los puntos de disparo de las alarmas se configuran en los sistemas de control distribuido, el operador depende de su activación para una respuesta rápida y eficiente para control del evento.

Tercer sistema de seguridad

En caso de que el operador no haya reaccionado oportunamente, entrará en acción este sistema, en la forma de interrupción de la operación por medio de la activación de interlocks y dependiendo del grado de inestabilidad del proceso, también serán activadas las válvulas de seguridad. Al momento de activarse este tercer sistema, el evento esta tratando de salir de control si no se toman acciones rápidas y efectivas.

Cuarto Sistema de Seguridad

Este sistema esta diseñado para tratar de controlar la emergencia dentro de los limites de la instalación. Las brigadas de emergencia entraran en acción, comportándose de acuerdo al plan de emergencia interno y activando los sistemas de diluvio o de contra incendio. El resto de la planta reaccionará de acuerdo a lo establecido en el plan de emergencias dirigiéndose a las zonas de conteo dentro de la planta.

Quinto sistema de seguridad

En caso de que la emergencia se haya salido de control, esta capa de protección ayudará a mitigar los efectos de la emergencia, por medio de la evacuación del personal de planta, notificando a la comunidad del evento y tomando como base el plan de emergencias mayores; en coordinación con protección civil, se procederá a solicitar auxilio a las brigadas de las empresas vecinas, bomberos, cruz roja, etc.

La intención de los análisis de riesgos es analizar estos sistemas de seguridad, identificando fortalezas y debilidades y con las recomendaciones corregir las deficiencias encontradas.

COLUMNA DE RECOMENDACIONES

En esta sección se anotan las recomendaciones para mejorar los sistemas de seguridad.

1.5 Alcance del Estudio

El alcance del estudio consiste en realizar un "Análisis de Riesgo" en su modalidad de Lista de Verificación y Análisis de Modo de Falla y Efecto (AMFE) con Determinación de las Zonas Potencialmente Afectables al "Sistema de descarga de HCl de pipa al tanque almacén y de este al Reactor".

Debido a las características metodológicas requeridas para desarrollar las técnicas, Lista de Verificación y AMFE, es necesario incluir información básica de los equipos que integran este sistema.

A continuación se presentan las fallas operacionales consideradas en el alcance de este estudio, así como otras fallas de interés:

Fallas de Operación:

Bloqueo de válvulas manuales

Falla del sistema de accionamiento neumático

Mal barrido de líneas

Acciones de emergencia

Mala operación de la bomba de transferencia

Fallas Mecánicas:

Ruptura de tuberías

Ruptura en cuerpo de la pipa de HCl

Fugas en cuerpo de válvulas de bloqueo

Fugas en sellos mecánicos

Fugas en bridas

Colapsamiento de tanque almacén de HCl.

Este análisis al sistema de HCl, mediante las metodologías de Lista de Verificación y AMFE, tiene como alcance la identificación, el entendimiento y el control de los riesgos potenciales de la instalación mediante el establecimiento de recomendaciones tendientes a reforzar los sistemas de seguridad.

I.6 Enfoque de ejecución del estudio

La forma en que se llevo a cabo el estudio fue mediante una revisión sistemática y ordenada de la documentación asociada con el sistema analizado, la cual se indica a continuación:

Procedimientos operativos

Procedimientos de mantenimiento

Diagramas de tubería e instrumentos

Diagramas eléctricos

Diagramas de flujo

Programas de mantenimiento

Dicha información fue consultada, revisada y analizada para responder a los cuestionamientos generados por las técnicas de revisión.

II. MÉTODO LISTA DE VERIFICACION

II.1 RESUMEN DE LA LISTA DE VERIFICACION

Esta metodología sigue las siguientes directrices:

Parte de un listado de preguntas previamente elaboradas las cuales son contestadas para verificar la situación de un sistema. Las respuestas se anotan en la sección correspondiente de las hojas de trabajo.

Los lineamientos metodológicos establecidos por las siguientes entidades:

- Center of Chemical Process Safety (CCPS) by American Institute of Chemical Engineers (AIChE).
- Método Lista de Verificación aplicada por DuPont desde 1973.

II.2 INTRODUCCION DE LA LISTA DE VERIFICACION

El objetivo de esta metodología es la identificación de riesgos del proceso y el análisis de las formas de reducir el riesgo que pudiera afectar al personal, instalaciones y medio ambiente.

La técnica de Lista de Verificación, Check List es una de las técnicas seleccionadas para este estudio debido a que este método cuestiona el diseño, es muy fácil de aplicar e identifica riesgos obvios.

Esta metodología es adecuada para este tipo de sistema y es aceptada ampliamente en la industria y satisface los requerimientos solicitados por el Programa para la Prevención de Accidentes (PPA).

La metodología de Lista de Verificación es usada frecuentemente para indicar cumplimiento con estándares y practicas. Es fácil de usar y puede ser aplicada en cualquier etapa de la vida del proceso. Puede ser usada para familiarizar personal sin experiencia con el proceso. Suministra también bases comunes para revisión de la gerencia de las evaluaciones de los analistas de una operación y/o de un proceso. Una lista de verificación precede a técnicas de análisis más complejas.

II.3 Metodología del estudio de Lista de Verificación

En un análisis por la metodología de Lista de Verificación (Check List) es usada una lista con secciones específicas, para identificar tipos conocidos de riesgos, deficiencias en el diseño y situaciones de accidentes potenciales asociados con los equipos comunes de proceso y operaciones. La Lista de Verificación, es usada más frecuentemente para evaluar un diseño específico con el cual una compañía tiene una cantidad significativa de experiencia, pero también puede ser usada en etapas iniciales de desarrollo para procesos totalmente nuevos para identificar y eliminar riesgos que hayan sido reconocidos a través de años de operación de sistemas similares.

Un análisis por el método de Lista de Verificación, de un proceso existente, normalmente incluye una visita al área del proceso a ser revisada.

Procedimiento para el Análisis

Una vez que el alcance se define, un análisis de riesgos por el método de la lista de verificación consiste de tres pasos principales:

- a) Selección o desarrollo de una Lista de Verificación adecuada.
- b) Desarrollo de la revisión y
- c) Documentación de los resultados.

a) Selección de la Lista de Verificación

La Lista de Verificación seleccionada para el sistema en estudio consiste de las siguientes disciplinas y secciones:

Nombre de la Disciplina	Sección	No. de Preguntas
CONTROL DE PROCESO	Materiales	15
	Equipo	23
	Operaciones	12
	Control de los instrumentos	19
SISTEMA ELECTRICO	Diseño	6
TUBERIAS Y MAQUINARIA	Tuberías y Válvulas	12

Esta Lista de Verificación esta desarrollada de manera que los aspectos de diseño del Sistema de descarga de HCl de pipa al tanque almacén y de este al Reactor, que no cumplen las practicas de DuCoa, son descubiertas por medio de las respuestas a las preguntas. La Lista de Verificación empleada, se incluye en la sección VIII.I.

b) Desarrollo de la Revisión

Como parte de la revisión es muy importante la visita e inspección a las áreas de proceso objeto de la revisión. En juntas programadas, se responde a las preguntas de las disciplinas seleccionadas basándose en las observaciones de las visitas a campo y de la documentación del sistema

c) Documentación de los resultados

El equipo de revisión sintetiza las deficiencias anotadas durante las vistas al campo y/o juntas. Este estudio contiene una copia del Check List que fue usado para desarrollar el análisis. Se incluyen recomendaciones específicas para mejorar la seguridad con explicaciones apropiadas.

III. MÉTODO ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO

III.1 RESUMEN DEL ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO.

Esta metodología sigue las siguientes directrices:

Parte de la identificación de los equipos de proceso a los cuales se les asigna un número de componente, posteriormente se registran sus modos de falla. El equipo de revisión identifica el efecto de la falla en el sistema y asigna valores de probabilidad de ocurrencia, gravedad probable y determina la prioridad en la profundidad del análisis. Las respuestas se anotan en la sección correspondiente de las hojas de trabajo.

Los lineamientos metodológicos establecidos por las siguientes entidades:

- Center of Chemical Process Safety (CCPS) by American Institute of Chemical Engineers (AIChE).
- El AMFE es una técnica adaptada de la industria espacial y ha sido usada por DuPont desde 1973.

III.2 INTRODUCCION AL ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO

El objetivo de esta metodología es la identificación de riesgos del proceso y el análisis de las formas de reducir el riesgo que pudiera afectar al personal, instalaciones y medio ambiente.

La técnica de Análisis de Modo de Falla y Efecto es una de las técnicas seleccionadas para este estudio debido a que este método esta orientado fuertemente a instrumentos, cuestiona la integridad de los equipos e identifica las oportunidades de mejora en los sistemas de seguridad que se requieren para evitar incidentes por falla de equipos.

Esta metodología se complementa con la Lista de Verificación y es adecuada para este tipo de sistema. Es aceptada ampliamente en la industria y satisface los requerimientos solicitados por el Programa para la Prevención de Accidentes (PPA).

La metodología de Análisis de Modo de Falla y Efecto es un sistema metódico de fallas de componentes y esta dirigida fuertemente a instrumentos y a fallas de equipos. Para su realización requiere de diagramas de tuberías e instrumentos actualizados. Su aplicación requiere de personal especialista en instrumentos y en mantenimiento. Puede ser aplicada en cualquier etapa de la vida del proceso.

III.3 METODOLOGIA DEL ESTUDIO DE ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO

El análisis de modo falla y efecto (AMFE) evalúa las maneras en que los equipos pueden fallar y los efectos que estas fallas pueden tener en el proceso. Estas descripciones de fallas proporcionan las bases para determinar donde se pueden hacer cambios para mejorar el diseño del sistema. Durante un AMFE, se describen las consecuencias potenciales y las relacionan únicamente con fallas de equipos. Cada falla individual es considerada como una ocurrencia independiente, sin relación a otras fallas del sistema, excepto para los efectos subsecuentes que pudieran producir. Los resultados de un AMFE son listados normalmente en una hoja de trabajo, equipo por equipo.

Procedimiento de Análisis

El procedimiento de análisis del AMFE consiste de tres pasos:

- (a) definición del problema a estudiar,
- (b) realización de la revisión, y
- (c) Documentación de los resultados.

(a) Definición del problema a estudiar

La definición del problema en estudio es identificando con un número los equipos del sistema dentro del alcance del AMFE. La numeración, descripción del componente y sus modos de falla analizados, se indican a continuación:

No. Componente	Descripción / Modo de falla
1.- Pipa de HCl	Normalmente llena, Falla por el cuerpo Fuga en cuerpo válvula de descarga.
2.- Bomba de Transferencia HCl.	Tipo centrífuga, 100 gpm. Fuga por sello mecánico, cavitación.
3.-Tanque Almacén de HCl	Parcialmente lleno, atmosférico, 67 tons. de capacidad. Falla por el cuerpo, fuga en brida succión bomba de alimentación al reactor, presionamiento, colapsamiento.
4.- Válvulas de Corte de HCl	Normalmente abiertas para transferencia. Cerradas por falta de nitrógeno.
5.- Transmisor de Nivel de HCl	Perdida señal de nivel, falla en señal alta, Falla en señal baja.
6.- Reactor	Acero al carbón vidriado, 2000 gal. de capacidad. Falla en cuerpo, fuga en brida entrada hombre.
7.- Intercambiador de Calor	Cuerpo acero al carbón, tubos de teflón. Tubos - HCl, coraza - Agua. Fuga en tubos de teflón, fuga en coraza.

La numeración es a criterio del grupo y se numeran de acuerdo a la secuencia del proceso. En la columna de descripción de las hojas de trabajo se indican las características de los equipos dentro del alcance. En la columna de modo de Falla se establecen los diferentes modos de fallas de los equipos y sus consecuencias operativas. Los efectos identificados se relacionan a efectos potenciales en el siguiente componente y en todo el sistema.

b) Realización de la revisión

En juntas programadas, el AMFE se desarrolla de una manera sistemática para reducir la posibilidad de omisiones y mejorar la totalidad del mismo. Se utiliza un formato consistente para registrar los resultados del AMFE. Todos los modos de falla se evalúan para cada componente antes de proceder al siguiente componente.

c) Documentación de los resultados

El equipo de revisión que realiza el análisis sintetiza las deficiencias anotadas durante las vistas al campo y/o juntas. En la sección IX.2 se anexan las hojas de trabajo que se generan de la realización del análisis. Las recomendaciones para mejorar los sistemas de seguridad se redactan con explicaciones apropiadas.

IV. Método de Análisis de Consecuencias.

IV.1 RESUMEN DEL ANALISIS DE CONSECUENCIAS

Esta metodología sigue las siguientes directrices:

Parte de un listado de escenarios que abarca los mas catastróficos pero poco probables y escenarios menos catastróficos pero más probables los cuales son analizados por el equipo de revisión. En consenso se identifica el peor escenario posible y probable. Para simulaciones de nubes tóxicas se usan modelos matemáticos en computadora cuyos resultados se presentan en forma gráfica que se les conoce como gráficas de dispersión ó de isoconcentraciones las cuales son plasmadas en un plano de localización para identificar las zonas potencialmente afectadas dentro y fuera de los limites de la planta.

Los lineamientos metodológicos establecidos por las siguientes entidades:

- Center of Chemical Process Safety (CCPS) by American Institute of Chemical Engineers (AIChE).
- Paquete de software SCRI que es un conjunto de Modelos Atmosféricos para Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias desarrollado por Sistemas Heurísticos, S. A. de C.V.

IV.2 INTRODUCCION DEL ANALISIS DE CONSECUENCIAS

El objetivo de esta metodología es la identificación de riesgos del proceso y el análisis de las formas de reducir el riesgo que pudiera afectar al personal, instalaciones y medio ambiente.

El análisis de consecuencias es una de las técnicas seleccionadas para este estudio debido a que este método estima las zonas y el personal potencialmente afectados. Considera las propiedades físicas y químicas de los materiales simulados, cantidades liberadas, la zona geográfica en donde se ubica el sistema analizado y las condiciones climatológicas consideradas en el momento de la liberación. Requiere de un programa en computadora para realizar la simulación, los resultados se grafican en un mapa en donde se ubica el sistema en estudio para identificar las áreas afectadas por las nubes tóxicas.

De los resultados se proponen mejoras al plan de emergencias por lo que esta metodología es adecuada para este tipo de sistema y satisface los requerimientos solicitados por el Programa para la Prevención de Accidentes (PPA).

La metodología de Análisis de Consecuencias es usada frecuentemente para cuantificar daños a las instalaciones e identificar los escenarios y las fallas que dan origen a un evento catastrófico del sistema analizado.

Para su aplicación se requiere de un paquete de simulación el cual permite conocer y modelar el comportamiento de las nubes tóxicas. Suministra también bases comunes para revisión de la gerencia de los planes de emergencia internos y externos así como las oportunidades de mejora para trabajar con grupos civiles y de asistencia externas para mitigar los efectos de un evento catastrófico.

Un análisis de consecuencias complementa a las técnicas de revisión seleccionadas para este estudio.

IV.3 Metodología del estudio de Análisis de Consecuencias

En un análisis por la metodología de Análisis de consecuencias se elabora una lista de escenarios y tomando en cuenta eventos similares ocurridos en la planta y en la industria, se identifica el evento probable que se considera como más catastrófico y el escenario más probable pero de consecuencias menores. Estos escenarios se simulan usando un modelo matemático en computadora para identificar sus efectos dentro y fuera a las instalaciones. Los análisis de consecuencias son usados frecuentemente para evaluar los efectos de un incidente mayor con el cual una compañía tiene una cantidad significativa de experiencia, y le brinda la oportunidad de identificar oportunidades de mejora en sus sistemas de seguridad para prevenir o mitigar los efectos de ese evento.

Procedimiento para el Análisis

Una estimación de las áreas potencialmente afectadas consiste de tres pasos principales:

- a) Listado de los escenarios más catastróficos y probables.
- b) Desarrollo de la simulación y
- c) Documentación de los resultados.

a) Listado de los escenarios mas Catastróficos y Probables.

Los escenarios identificados se describen a continuación:

- I. Fuga de 30 toneladas de ácido Clorhídrico en pipa

Este evento es el mas catastrófico y probable. Se tiene el antecedente de una fuga de este tipo en una planta que obtenía el HCl como subproducto.

2. Fuga de 60 toneladas de HCl por ruptura en tanque de almacenamiento.

Este evento es él más catastrófico pero poco probable debido a que no se tienen antecedentes en planta ni en la industria.

3.- Fuga en Pipa por orificio de 0.125" de diámetro.

Este evento es el menos catastrófico pero probable debido a que se ha tenido una fuga de este tipo en planta.

4.- Fuga en tubería de PVC por orificio de 0.125" de diámetro.

Este evento es el menos catastrófico pero muy probable debido a que se han tenido fugas de este tipo en planta,

5.- Fuga por sello de la bomba por orificio de 0.25"

Este evento es el menos catastrófico pero probable, a la fecha no se han tenido fugas de este tipo.

De acuerdo a los resultados anteriores los escenarios simulados son el escenario No. 1 que es el escenario probable que se considera como más catastrófico y el escenario No. 4 que es el escenario más probable pero de consecuencias menores.

b) Desarrollo de la Simulación

Para la simulación de las nubes tóxicas se emplea el paquete de software SCRI que es un conjunto de Modelos Atmosféricos para Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias desarrollado por Sistemas Heurísticos, S. A. de C.V.

Las afectaciones en la zona de riesgo son estimadas, tomando en cuenta el evento, características de la dispersión de las nubes tóxicas, el tiempo de exposición y el equipo de protección personal usado.

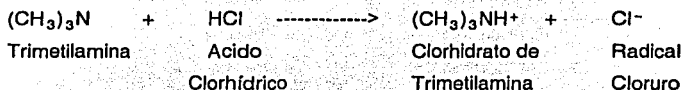
c) Documentación de los resultados

Sobre el mapa de la ciudad de Coatzacoalcos y sobre el plano de localización de la planta DuCoa se grafican las simulaciones realizadas. El mapa y el plano se incluyen en las paginas 46 y 47.

Se indica el impacto fuera del lugar dentro de una circunferencia cuyo radio es igual a la distancia entre la fuente y el punto final, se identifican la zona de riesgo y de amortiguamiento usando los valores de IPVS y TLV respectivamente.

V. DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO DE DUCOA.

El proceso de producción para la manufactura del cloruro de colina (CLC) es un proceso del llamado tipo "batch" o por lotes, el cual se inicia con la recepción de las materias primas, Acido Clorhídrico (HCl), Trimetilamina (TMA) y Oxido de Etileno (OE). Una vez descargados de sus respectivos carros tanque y pipa, a los tanques de almacenamiento, se carga la cantidad estequiométrica de HCl procediéndose al agregado de la TMA, llevándose a cabo la reacción de neutralización entre un ácido fuerte y una base débil, hasta alcanzar un pH entre 3-5.



Una vez que se tiene el pH deseado, se agrega el Oxido de Etileno para producir finalmente el Cloruro de Colina al 65%. El pH final de esta reacción es entre 10.5 a 11.



Una vez terminada la reacción, la carga es transferida a un concentrador, en donde por medio de vacío, se calienta a ebullición la mezcla, retirando la cantidad de agua para así obtener la concentración final deseada del 75%. El producto final se envía a los tanques de almacenamiento para su preparación final y posterior envío ya sea al área seca, para la producción de CLC al 60% seco o para llenar tambores o pipas de 30 ton. con producto líquido.

VI. Descripción de Datos y Especificaciones del Sistema en Estudio

DESCARGA DE HCl DE LA PIPA AL TANQUE ALMACEN Y DEL TANQUE ALMACEN AL REACTOR.

El ácido clorhídrico es transportado a la planta por medio de pipas de acero al carbón ahuladas internamente, con una capacidad de 32 toneladas y es transferido al tanque almacén por medio de una bomba de 100 gpm. de capacidad a través de tuberías de cloruro de vinilo (PVC) y mangueras flexibles con recubrimiento interno de teflón. Es almacenado en un tanque de acero al carbón con recubrimiento interno de hule natural, con una capacidad volumétrica de 58.8 m³ o 67.0 toneladas al 100 % de capacidad.

Una vez que el operador verifica el certificado de calidad que indica la concentración del HCl (30%) y asegurándose que el tanque almacén tenga la capacidad para contener todo el material de la pipa, procede a su conexión y posterior transferencia al tanque almacén abriendo cuidadosamente la válvula de venteo ubicada en el domo de la pipa y la válvula del venteo del tanque almacén.

Para realizar la descarga se necesita utilizar equipo de protección personal para ácido que consiste en, ropa de trabajo de algodón, lentes y zapatos de seguridad, goggles de plástico, traje antiácido completo con escafandra y mascarilla facial con aire a presión positiva, guantes de hule, botas contra ácido y cinturón de seguridad.

Durante toda la transferencia el operador esta monitoreando el nivel físico del tanque almacén comparando la lectura tomada del tubo de nivel con la información proporcionada por el operador del cuarto de control quien observa el incremento de nivel desplegado por el transmisor de nivel.

Tanto el tanque almacén como la pipa, están a presiones atmosféricas, solo se necesita nitrógeno para realizar barridos de líneas y para el transmisor de nivel del tanque, el cual tiene una alarma al 90% por alto nivel y un interlock que actúa al 95% parando la bomba de descarga.

Al término de la descarga, el operador procede a parar la bomba de transferencia, barrer las líneas, y a cerrar las válvulas para dejar la instalación en condiciones seguras. Desconecta la manguera de la pipa, coloca una brida ciega en la descarga y procede a notificar al operador que la pipa ya está lista para retirarse.

Una vez que el ácido clorhídrico se encuentra en el tanque almacén, se procede a la alimentación de la carga estequiométrica de HCl al reactor, (3100 Kg) esta transferencia se realiza por medio de una bomba centrífuga de 50 gpm de capacidad, el operador procede a alinear las válvulas al reactor y entonces se procede a la transferencia al reactor, actividad que es supervisada directamente por el operador de campo. Para evitar presionamiento en el reactor se procede a abrir el venteo al lavador de vapores y a recircular el HCl que va llegando al reactor.

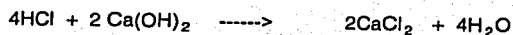
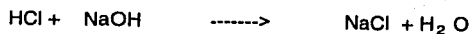
Para evitar sobrellenado del reactor se cuenta con un interlock por alto nivel de HCl, el cual para la bomba de proceso y cierra la válvula automática 1131 alarmando en panel de alarmas.

Para la adición al reactor se utiliza equipo de protección personal mínimo requerido para el área líquida y el reactor se deja con el venteo abierto para evitar incremento de presión innecesaria en el reactor.

Al término de la transferencia se procede a parar la bomba y a cerrar las válvulas manuales y automáticas, dejando el sistema en condiciones seguras y el reactor listo para la alimentación de trimetilamina.

Notas de Seguridad

- El HCl no presenta ninguna reacción química con los materiales que se manejan para su transportación o almacenaje en planta.
- El HCl es un ácido fumante desprende vapores corrosivos reacciona o ataca a la mayoría de los metales generando hidrógeno.
- Para la neutralización de los derrames de HCl se requiere sosa cáustica ó cal, de acuerdo a las siguientes reacciones:



- En caso de una emergencia mayor se cuenta con diques de contención y el plan de emergencias.

VII. Desarrollo del Análisis de Riesgo Análisis de Consecuencias

En este capítulo se presentan los resultados de los análisis de consecuencias de los escenarios identificados con el propósito de analizar los sistemas de seguridad disponibles para prevenir su ocurrencia así como los sistemas que es necesario integrar a las instalaciones existentes

ESCENARIO No. 1 FUGA CATASTROFICA PIPA DE HCl

Descripción del Problema:

Al estar haciendo maniobras para acomodar la pipa de HCl en la estación de descarga, golpea accidentalmente contra un perfil estructural formando un orificio de 4" de diámetro originando la fuga de las 30 toneladas contenidas en la pipa.

Tiempo de respuesta de la brigada.- 10 min.(tiempo de respuesta promedio en la industria)

Flujo Másico.- 900 Kg / min. (se considera únicamente HCl anhidro)

LPE para el HCl.- 5 ppm equivalente a 7.9 mg / m³.

IPVS para el HCl.- 87 ppm equivalentes a 138.9 mg / m³.

Condición Meteorológica.- D Estable, Zona Urbana

Contenido Total en Kg. : 30,000 Kg. Solución de HCl 30%
9000 Kg de HCl 100%

Distancia al punto Final :

Concentración de interés ppm	Radio de Afectación Metros
87	1,421
37	2,422
5	31,808

Impacto en la zona de riesgo:

87 ppm (IDLH del HCl) – 1,421 mts.

A esta distancia y a esta concentración, ocurren los siguientes efectos:

Possible fatalidad 2 personas por exposición prolongada (estimadas)

Múltiples personas con daños severos a las vías respiratorias.

Evacuación de personal de planta DuCoa, Sales del Istmo, Complejo Pajaritos e IQUISA.

37 ppm (Concentración de interés seleccionada por el analista) – 2,422 mts.

A esta distancia y a esta concentración ocurren los siguientes efectos.

Molestias respiratorias a personal de Clorados II y Pemex III, autopista Villahermosa, Troy de México.

5 ppm (LPE del HCl)- 31,808 mts.

A esta distancia y a esta concentración ocurren los siguientes daños:

Debido a que esta es la concentración LPE (Limite Permisible de Exposición), se considera que únicamente habrá molestias generales por olor de HCl en las siguientes plantas:

Cloro de Tehuantepec, Terminal Refrigerada Pajaritos, Cryoinfra, Ciudad de Coatzacoalcos, Complejo Cangrejera, Río Coatzacoalcos, Complejo Pajaritos.

Sistemas de seguridad que evitan el evento.- Programa de integridad mecánica de la pipa, acomodo de la pipa con auxilio de otro operador, verificación de la integridad de la pipa a la llegada a planta.

Sistemas de seguridad que necesitan incorporarse.- Ninguno.

ESCENARIO No. 4 FUGA EN TUBERIA DE PVC POR ORIFICIO 0.125" DIAM.

Descripción del Problema:

Un mecánico al estar trabajando cerca de la tubería de PVC la golpea ocasionando un orificio de 0.125" originando una fuga de HCl al 30% a un gasto de 100 gpm y a 4 Kg / cm² que es la presión de descarga de la pipa.

Tiempo de respuesta de la brigada.- 10 min. (Tiempo promedio de respuesta en la industria)

Flujo Masico.- 6 Kg / min. (se considera únicamente HCl anhidro)

LPE para el HCl.- 5 ppm equivalente a 7.9 mg / m³.

IPVS para el HCl.- 87 ppm equivalentes a 138.9 mg / m³.

Condición Meteorológica.- D Estable, Zona Urbana, Altura de la fuga.- 3 mts.

Contenido Total en Kg : 60 Kg. Solución de HCl 30%
18 Kg de HCl 100%

Distancia al punto Final :

Concentración de interés ppm	Radio de Afectación Metros
87	7
37	149
5	424

Impacto en la zona de riesgo:

87 ppm (IDLH del HCl) – 7 mts.

A esta distancia y a esta concentración, ocurren los siguientes efectos:

No existe afectación al personal debido a que es una distancia muy corta y el operador usa protección respiratoria con suministro de aire. La actividad es realizada por una sola persona.

37 ppm (Concentración de interés seleccionada por el analista)- 149 mts.

A esta distancia y a esta concentración ocurren los siguientes efectos.

Molestias respiratorias a personal de edificio administrativo, área seca, personal de vigilancia y cuarto de control. Se requiere del uso de mascarilla para permanecer en el área.

5 ppm (TLV del HCl) - 424 mts.

A esta distancia y a esta concentración ocurren los siguientes daños:

Debido a que esta es la concentración LPE (Límite Permisible de Exposición), se considera que únicamente habrá molestias generales por olor de HCl en las siguientes plantas:

Sales del Istmo, IQUISA y algunas áreas del Complejo Pajaritos.

Sistemas de seguridad que evitan el evento.- Programa de integridad mecánica a la tubería de PVC, procedimiento de reparación y personal capacitado, fuga fácil de controlar por paro inmediato de bomba.

Sistemas de seguridad que necesitan incorporarse.- Reemplazo de la tubería de PVC por fibra de vidrio embobinada o moldeada con protección a rayos ultravioleta.

######

Fuentes de Emisión

Fuentes Puntuales | Fuentes de Área

Coordenadas
 X: 0 m Y: 0 m Z: 0 m

Datos de la Fuga
 Nombre: HCl Gasto (Q): 15000 g/s
 Altura (H): 1 m Temperatura de Salida (Te): 25 °C
 Diámetro (D): 0.1 m Velocidad de Salida (Vs): 1.617 m/s **Calcular**

Edificios alrededor de la Fuente (Sectores de 10 grados en sentido horario)

Sector	01	02	03	04	05
Altura (He)	0	0	0	0	0
Ancho Proyectado (Ae)	0	0	0	0	0

Resumen de Datos:

ID	X	Y	Z	H	D	Q	Te	Vs	He	
1	HCl	0	0	0	1	0.1	15000	25	1.617	0

Diagrama de Emisión: 

Botones: **Aceptar** **Cancelar**

Fuentes de emisión

Interpretación:

Coordenadas X,Y,Z.- Coordenadas que solicita el modelo para desplegar una modelacion tridimensional.

Datos de la fuga:

Nombre.- Nombre de la sustancia a modelar.

Altura.- Altura del punto de fuga.

Diámetro.- Diámetro del orificio que origina la fuga.

Gasto (Q).- Gasto másico en gramos por segundo.

Temperatura de salida.- Temperatura del material que esta escapando por el orificio.

Velocidad de salida.- Velocidad de salida del flujo másico en m/s.

Escenarios Meteorológicos

Tipo de Escenario
☒ Urbano
☐ Rural

Temperatura Ambiente: 20 °C
 Altura Anemómetro: 10 m

Características Meteorológicas (Máximo 6)

Clase de Estabilidad: D
 Vel. del Viento: 1.5 m/s
 Altura de Mezclado: 480 m

☒ Automático

Nº	Estabilidad	Vel. Viento	Altura de Mezclado
1	D	1.5	480

Colores de Características Meteorológicas
☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6

☐ Automático

Escenarios meteorológicos

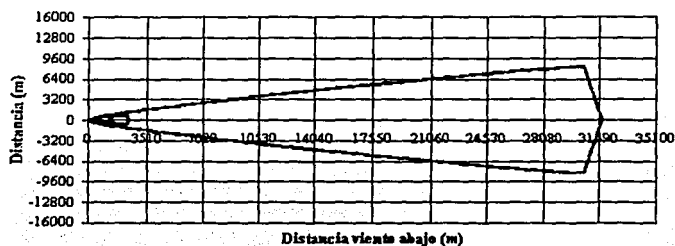
Interpretación :

Tipo de escenario.- Indica el tipo de población en donde se ubica la instalación.

Altura Anemómetro.- Altura que requiere el simulador para estimar comportamientos de las isoconcentraciones.

Clase de estabilidad.- Nubosidad y luminosidad del día, va desde la menos nubosa y con sol radiante clase A, hasta cielo totalmente nublado y sin sol clase F.

Escenario No. 1 Fuga catastrófica de Pipa de HCl



- 2 m a 1421 m
- 1.39 E+05 ug/m³ (Y max. 367 m)
- 2 m a 2422 m
- 5.91 E+04 ug/m³ (Y max. 626 m)
- 2 m a 31808 m
- 7.99 E+03 ug/m³ (Y max. 8232 m)

t Urbano Estab. = D 20 °C Vel.Viento = 1.5 m/s a (10 m) Alt.Mzl. = 480 m Dir.Vto. = 90° 15 min >

Gráfica isoconcentración Escenario No. 1

Interpretación:

Concentración 1.39 E+05 ug/m³ igual a 87 ppm de HCl.- significa que esta concentración se alcanza de una distancia de 2 m hasta 1421 m y tiene un ancho de 367 m

Concentración 5.91 E+04 ug/m³ igual a 37 ppm de HCl.- significa que esta concentración se alcanza de una distancia de 2 m hasta 2,422 m y tiene un ancho de 626 m

Concentración 7.99 E+03 ug/m³ igual a 5 ppm de HCl.- significa que esta concentración se alcanza de una distancia de 2 m hasta 31,808 m y tiene un ancho de 10,543 m.

Estas isoconcentraciones se grafican en un mapa y se evalúa el impacto en las áreas de acuerdo a lo indicado en las páginas 36 y 37.

Sustancia de Interés			
Título de la Modelación			
Escenario No. 4 Fuga de HCl en tubería de PVC.			
Sustancia:			
ACIDO CLORHIDRICO			
Peso Molecular:	36.4606	g/g-mol	Vida Media: 0 segundos
Concentraciones de Interés			
Concentración 1	138952.278	microg/m3	87 ppm
Concentración 2	59094.6472	microg/m3	37 ppm
Concentración 3	7985.7631	microg/m3	5 ppm
Temperatura Ambiente	20	°C	Período Promedio: 15 min
Descripción del Problema			
Por golpe en la tubería de PVC se presenta una fuga de solución de HCl al 30% a un gasto de 100 gpm, a una presión de 4 Kg / cm² y por un orificio cuyo diámetro es equivalente a 0.125 pulgadas. Tiempo de respuesta de la brigada: 10 min. Flujo Máximo: 6 Kg / min (únicamente HCl) Condiciones meteorológicas: D Estable TLV del HCl: 5 ppm (7.9 mg / m³) IDLH del HCl: 87 ppm (138.9 mg/m³) Zona Urbana			
Colores de Concentraciones de Interés			
1	2	3	Automático
			Aceptar
			Cancelar

Interpretación:

Título de la Modelación.- Se refiere al escenario a Modelar

Sustancia.- Se refiere a la sustancia involucrada en la Modelación.

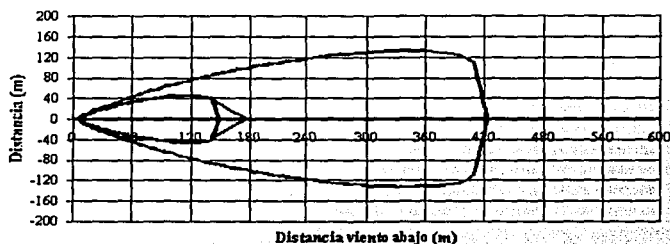
Peso Molecular gr/gr-mol.- Peso molecular de la sustancia en cuestión HCl = 36.5

Concentraciones de interés.- Concentraciones que el analista considera de interés para la modelación.

Descripción del Problema.- Escenario del problema a modelar con datos de flujos, parámetros de exposición, condiciones atmosféricas.

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

Escenario No. 4 Fuga de HCl en tubería de PVC.



- 7 m a 0 m
- 1.39 E+05 ug/m³ (Y max. -2 m)
- 7 m a 149 m
- 5.91 E+04 ug/m³ (Y max. 37 m)
- 6 m a 424 m
- 7.99 E+03 ug/m³ (Y max. 108 m)

« Urbano Estab. = D 20 °C Vel. Viento = 1.5 m/s a (10 m) Alt. MzL = 480 m Dir. Vto. = 90° 15 min »

Isoconcentraciones de fugas escenario No. 4

Interpretación:

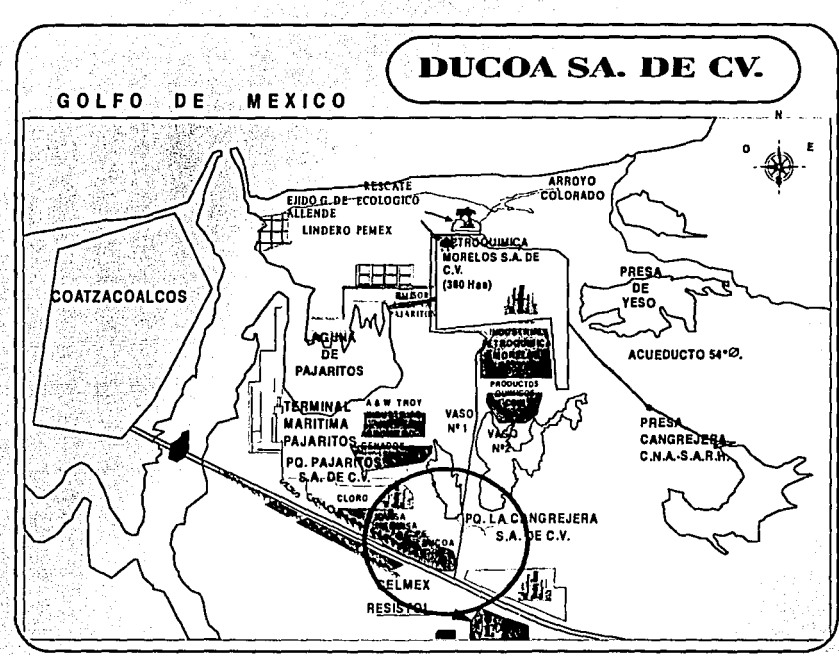
Concentración 1.39 E+05 ug/m³ igual a 87 ppm de HCl.- significa que esta concentración se alcanza de una distancia de 7 m hasta 0 m y tiene un ancho de -2 m.

Concentración 5.91 E+04 ug/m³ igual a 37 ppm de HCl.- significa que esta concentración se alcanza de una distancia de 7 m hasta 149 m y tiene un ancho de 37 m.

Concentración 7.00 E+03 ug/m³ igual a 5 ppm de HCl.- significa que esta concentración se alcanza de una distancia de 6 m hasta 424 m y tiene un ancho de 108 m.

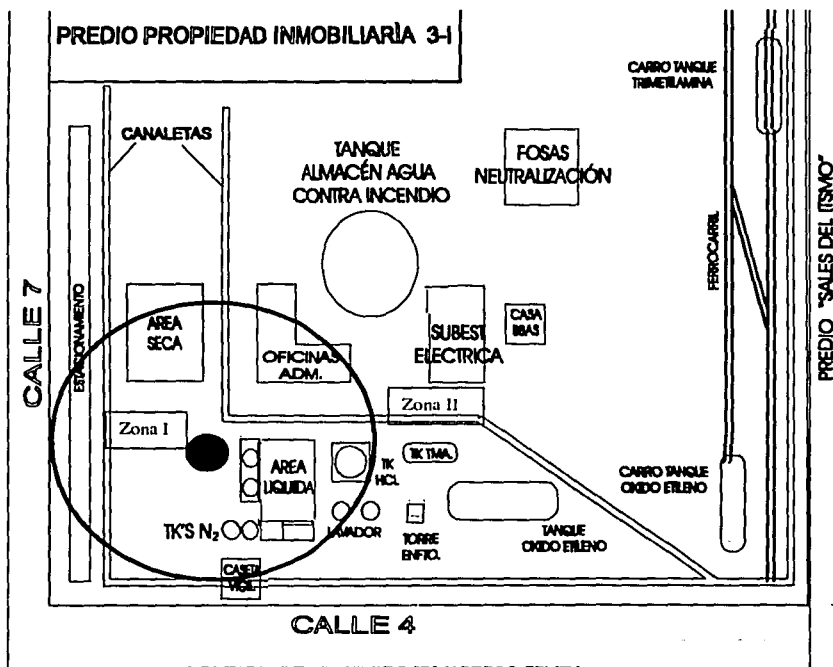
Estas isoconcentraciones se grafican en un mapa y se evalúa el impacto en las áreas de acuerdo a lo indicado en las páginas 38 y 39.

Usado como referencia para estimar la afectación a la zona de riesgo la cual esta



Plano de Localización de DuCoa

Usado únicamente como referencia para estimar la afectación a la zona de riesgo (I) e identificar la zona de amortiguamiento (II)



VIII. Desarrollo del análisis de Riesgo Lista de Verificación

En este capítulo se presentan los resultados del estudio de análisis de riesgo con el objetivo de asegurar que en el diseño del sistema de descarga de HCl se consideraron todas las medidas de seguridad establecidas por DuPont, las cuales se indican a continuación:

- Los materiales de construcción deben ser compatibles con la solución de HCl.
- Los riesgos de los materiales del proceso deben ser entendidos por el personal de operación.
- Disponibilidad de interruptores y válvulas de emergencia.
- Medidas para disipar la electricidad estática.
- Cumplimiento de los recipientes a presión con los requisitos estatales y locales.

VIII. 1 Hojas de Trabajo

FORMA DE REGISTRO LISTA DE VERIFICACIÓN

Proceso: Sistema de descarga de HCl de Pipa al Tanque Almacén y de este al reactor.

I. LISTA DE CONTROL DEL PROCESO

Sección: Materiales

Pregunta	Aplica		Respuesta	Recomendación	Responsable
	Si	No			
1. ¿Se han definido ciertos materiales como "peligrosos" o "no peligrosos" (ingredientes así como productos terminados y subproductos)?	X		El HCl se considera un material peligroso y está clasificado como salud 3, inflamabilidad 0 y reactividad 0, clase de riesgo corrosivo.	Ninguna	
2. ¿Qué materiales del proceso son inestables o se inflaman en forma espontánea? • ¿Qué evaluación se ha efectuado de la sensibilidad a su impacto? • ¿Qué evaluación se ha efectuado de una posible reacción o descomposición descontrolada?		X	El HCl no es material inestable.	Ninguna	
3. ¿Qué precauciones deben tomarse para cumplir los requisitos ambientales y cuidar la salud del personal?	X		Se cuenta con las instalaciones para el manejo de este material las cuales cumplen con los requerimientos DuPont o legales.	Ninguna	
4. ¿De qué datos se dispone sobre la cantidad y el índice de la evolución térmica de la descomposición de cualesquiera materiales de proceso?		X	El HCl no se descompone bajo ninguna situación de operación normal, para la reacción se cuenta con los calores de reacción para la neutralización con TMA.	Ninguna	
5. ¿Qué precauciones deben tomarse con los materiales inflamables?		X	El HCl no es un material inflamable.	Ninguna	
6. Existen riesgos de polvos inflamables?		X	El HCl se maneja en concentración al 30%, líquido.	Ninguna	
7. ¿Qué materiales son altamente tóxicos?	X		Ver respuesta pregunta 1 misma sección. TLV - 5 ppm.	Ninguna	
8. ¿Qué se ha hecho para garantizar que los materiales de construcción sean compatibles con los materiales de los procesos químicos involucrados?	X		En la construcción se realizaron estudios de compatibilidad de materiales, para HCl, se tomaron como base códigos de tuberías y se está implantando un proceso de aseguramiento de la calidad de materiales.	Ninguna	

FORMA DE REGISTRO LISTA DE VERIFICACIÓN

Proceso: Sistema de descarga de HCl de Pipa al Tanque Almacén y de este al Reactor.

I. LISTA DE CONTROL DEL PROCESO

Sección: Materiales

Pregunta	Aplica		Respuesta	Recomendación	Responsable
	Si	No			
9. ¿Qué controles de mantenimiento se necesitan para garantizar el reemplazo de los materiales apropiados, p. ejem. Para evitar una corrosión excesiva o que se produzcan compuestos y reactivos peligrosos?	X		Se tiene un programa de integridad mecánica y de aseguramiento de la calidad de materiales.	Ninguna	
10. ¿Qué cambios se han dado en la composición de las materias primas? ¿Qué cambios resultantes han ocurrido en el proceso?	X		El proveedor no se ha cambiado, se lleva un estricto control de calidad, en la recepción de la pipa y se solicita certificado de calidad.	Ninguna	
11. ¿Qué se hace para garantizar un control suficiente sobre la identificación y la calidad de las materias primas?	X		Se recibe el HCl con un certificado de calidad. No se tiene especificación de calidad	Elaborar especificación que incluya propiedades físicas, especificaciones, proveedores aprobados	Lino Fuentes
12. ¿Qué riesgos podrían presentarse debido a la pérdida del gas que se emplea en las operaciones de purgado, de colocación de bridas ciegas, o eliminación del gas inerte? ¿Cómo se asegura la calidad de suministro de gas?	X		Cuando se están barriendo las líneas y se corte el nitrógeno puede existir retroceso de HCl, para ello existen válvulas check.	Se recomienda realizar pruebas a las válvulas check de HCl en la interconexión con Nitrógeno e incluirlas en el programa de integridad mecánica. En el transmisor de nivel puede existir retroceso de HCl con daño al equipo se analizara por el método AMFE.	Miguel A. Javier
13. ¿Qué precauciones deben tomarse en cuenta a lo relativo a la estabilidad de todos los materiales almacenados?		X	El HCl es estable	Ninguna	
14. ¿Qué agentes extintores de incendio son compatibles con los materiales del proceso?		X	El HCl no es inflamable	Ninguna	
15. ¿De qué procedimientos y equipos contra incendios se dispone?		X	El HCl no es inflamable	Ninguna	

FORMA DE REGISTRO LISTA DE VERIFICACIÓN

Proceso: Sistema de descarga de HCl de Pipa al Tanque Almacén y de este al Reactor.

I. LISTA DE CONTROL DEL PROCESO

Sección: Equipo

Pregunta	Aplica Si No		Respuesta	Recomen dación	Respon sable
1. En vista de los cambios al proceso desde la última RRP, ¿qué tan adecuado es el tamaño del equipo?		X	No se han hecho cambios al proceso de manera que no se requiere revisar su tamaño.	Ninguna	
2. ¿Existen sistemas de ventilación acoplados y, en su caso, qué riesgos podrían derivarse de ellos?		X	En este sistema no existen ventiladores de este tipo	Ninguna	
3. ¿Qué procedimiento existe para comprobar que hay un nivel adecuado de líquido en los sellos líquidos?		X	No se tienen este tipo de sellos en este sistema.	Ninguna	
4. ¿Qué probabilidades hay de que se suscite un incendio externo (que pudiera generar condiciones peligrosas para el proceso interno)?		X	El potencial para afectación de tuberías o tanques por fuego externo es remota, existe mayor afectación por falla en línea de vapor suspendiéndose la operación.	Ninguna	
5. ¿Se necesita equipo para supresión de explosiones para detener una explosión una vez que se ha iniciado?		X	Por las características del material, no se requiere equipo de supresión de explosiones.	Ninguna	
6. ¿En qué lugares se necesitan inhibidores de flama y de detonación?		X	Por las características del material, no se requiere equipo de supresión de explosiones.	Ninguna	
7. En las áreas confinadas, ¿cómo se protege de los derrames el equipo contra incendios expuesto?		X	Dentro del dique del tanque de almacenamiento no existen equipos contra incendio.	Ninguna	
8. ¿Qué control de la seguridad se ejerce en las áreas de almacenamiento?		X	El tanque almacén de HCl cuenta con un dique, los tanque almacén de Oxido de etileno y Trimetil amina, tienen sistemas contra incendio.	Ninguna	

FORMA DE REGISTRO LISTA DE VERIFICACIÓN

Proceso: Sistema de descarga de HCl de Pipa al Tanque Almacén y de este al Reactor.

I. LISTA DE CONTROL DEL PROCESO

Sección: Equipo

Pregunta	Aplica Si No	Respuesta	Recomen- dación	Respon- sable
8. En los casos en que se utilizan equipos de vidrio o de otro material frágil, ¿se podrían sustituir esos materiales con otros más durables? De no poderse, ¿el material frágil se encuentra apropiadamente protegido para prevenir que se rompa? ¿Cuál es el riesgo resultante de una ruptura?	X	El material mas frágil es el PVC el cual se esta reemplazando con fibra de vidrio con pigmentación y protección ultravioleta. En caso de ruptura los derrames se neutralizan con cal. No se tiene un lugar para almacenar la cal, no se tienen medicamentos para tratamiento de quemaduras.	Definir un lugar para almacenamiento de los sacos de cal. Con el área medica desarrollar un tratamiento para quemaduras de HCl y comprar los medicamentos necesarios.	Nestali Aguilar
10. ¿Sólo hay mirillas de vidrio en los lugares donde son absolutamente necesarias? En los recipientes a presión, ¿las mirillas de vidrio pueden soportar la presión respectiva?	X	El tanque de almacenamiento de HCl tiene un tubo de nivel de vidrio el cual es susceptible de romperse.	Reemplazar el tubo de nivel de material de vidrio por tubing de teflon.	Juan Luis Martínez
11. ¿Qué válvulas e interruptores de emergencia no están al alcance de una manera fácil y segura?	X	Tanto las dos válvulas de corte como el botón de pánico se accionan fácilmente desde el cuarto de control.	Ninguna	
12. ¿Cuándo se verificó por última vez el índice de presión de todos los equipos pertinentes, en especial de los recipientes del proceso?	X	El tanque de almacenamiento de HCl es atmosférico, se midieron espesores a la parte metálica en mayo, el hule se inspeccionara en el paro de agosto.	Ninguna	
13. ¿Cuáles son los riesgos que podrían resultar de una falla en los agitadores?	X	No se tienen agitadores	Ninguna	
14. ¿Qué obstrucciones podrían ocurrir en las tuberías? ¿Cuáles serían los riesgos de dichas obstrucciones?	X	Taponamiento del tubing por alto nivel en el tanque almacén de HCl, retroceso de vapores de HCl por el tubing.	Instalar una válvula check en el tubing.	Francisco Orozco
15. ¿Qué medidas deben tomarse para drenar totalmente los equipos y poder darles mantenimiento en forma segura?	X	Se realiza un barrido con nitrógeno y se cuenta con drenes y lavado de agua.	Igual recomendación punto 14 de esta sección.	

FORMA DE REGISTRO LISTA DE VERIFICACIÓN

Proceso: Sistema de descarga de HCl de Pipa al Tanque Almacén y de este al Reactor.

I. LISTA DE CONTROL DEL PROCESO

Sección: Equipo

Pregunta	Aplica Si No		Respuesta	Recomendación	Responsable
16. ¿Cómo se determinó que la ventilación era la adecuada?		X	Las instalaciones están al aire libre.	Ninguna	
17. ¿Qué medidas se han tomado para disipar la electricidad estática y evitar que se produzcan chispas?	X		Se cuenta con un sistema de tierras. Se está aplicando el programa de inspecciones y pruebas.	Ninguna	
18. ¿Qué requisitos deben cumplir los muros de contención o barricadas de concreto para aislar los equipos altamente sensibles y proteger las áreas adyacentes contra una posible interrupción de sus operaciones?	X		El dique para contención de derrames de ácidos deberá de ser resistente al ataque de estos materiales. El material de construcción del dique es de concreto sin esta protección antiácida.	Proteger el dique con material antiácido.	Juan Luis Martínez
19. ¿Qué medidas se han tomado para mitigar las explosiones en los edificios o las áreas operativas?		X	El HCl no es un material que genere ambientes explosivos.	Ninguna	
20. ¿Cumplen todos los recipientes a presión los requisitos estatales y locales?	X		Se desconoce si está incluido en el paquete de planos de la STPYS.	Investigar si está incluido en este paquete el tanque almacén de HCl	Nefalí Aguilar
21. ¿Están registrados los recipientes como lo señalan los requisitos del código estatal o local?	X		Igual al punto anterior.	Ninguna	
22. ¿Cuándo e inspeccionaron visualmente los recipientes a presión? ¿Cuándo se calibraron, se radiografiaron y se sometieron a pruebas hidrostáticas?	X		Se realizó medición de espesores a la parte metálica del tanque en mayo, el hule interno del tanque se inspeccionara en el próximo paro de planta.	Ninguna	
23. ¿Se ha practicado una revisión completa del historial de todos los recipientes?	X		Se está iniciando con la organización del historial del equipo.	Ninguna	

FORMA DE REGISTRO LISTA DE VERIFICACIÓN

Proceso: Sistema de descarga de HCl de Pipa al Tanque Almacén y de este al Reactor.

I. LISTA DE CONTROL DEL PROCESO

Sección: Operaciones

Pregunta	Aplica		Respuesta	Recomendación	Responsable
	Si	No			
1. ¿Cuándo se revisó y examinó por última vez el procedimiento operativo oficial?	X		Se revisaron el 7.1.02 y 7.1.03 el 01/02/95.	Ninguna	
2. ¿Cómo se capacita al personal de operaciones de nuevo ingreso en cuanto a las operaciones iniciales y cómo se mantiene actualizado al personal de operaciones experimentado respecto de los procedimientos operativos, en especial en lo que concierne al arranque, el cierre, las fallas y las emergencias?	X		Se mantiene al nuevo operador con una persona de experiencia, lee los procedimientos, se le mantiene en observación directa y posteriormente se le evalúan los conocimientos por medio de ciclos de trabajo. Se proporciona reentrenamiento periódico.	Ninguna	
3. ¿Qué revisiones del proceso se han llevado a cabo desde la última RRP?	X		Esta es la primera	Ninguna	
4. ¿Qué requisitos especiales de limpieza deben satisfacerse antes del arranque? ¿Cómo se verifican esos requisitos?	X		Cuando se adiciona HCl al reactor se inertiza, en todo el sistema de HCl no se requiere limpieza especial al arranque.	Ninguna	
5. ¿Qué válvulas e interruptores de emergencia son difíciles de alcanzar? ¿Qué procedimientos hay para atender esos casos?	X		Ninguna, todos los botones se alcanzan y operan fácilmente.	Ninguna	
6. ¿Qué precauciones de seguridad se deben observar durante las operaciones de carga y descarga de líquidos de los tanques? ¿Se toma en cuenta debidamente la posible acumulación de electricidad estática?	X		Se mantiene conexión a tierra. Se mantiene el sistema de venteo abierto para evitar sobrepresión y colapsamiento. Se mantiene control de inventarios para evitar derrames así como lectura de nivel por transmisor.	Ninguna	
7. ¿Qué riesgos del proceso se presentan debido a los procedimientos del mantenimiento normal?	X		Existe el riesgo de dejar objetos extraños dentro del sistema.	Elaborar una lista de verificación para limpieza de equipos antes de armar y poner en operación.	Juan Luis Martínez

FORMA DE REGISTRO LISTA DE VERIFICACIÓN

Proceso: Sistema de descarga de HCl de Pipa al Tanque Almacén y de este al Reactor.

I. LISTA DE CONTROL DEL PROCESO

Sección: Operaciones

Pregunta	Aplica Si No	Respuesta	Recomen- dación	Responsable
8. ¿Qué evaluaciones se han llevado a cabo respecto de los riesgos de los materiales que se vierten al drenaje durante las operaciones normales y anormales?	X	Se hacen monitoreos de los afluentes periódicamente de acuerdo a lo solicitado por SEDESOL.	Sugerencia.- Reubicar la válvula de bloqueo del drene del dique de HCl por ser inaccesible e insegura para el personal.	Julio Cesar Pérez
9. ¿Cuán confiable es el suministro de gas inerte y cuán fácil se puede detener el suministro a las unidades individuales?	X	LINDE suministra N ₂ a tiempo por medio de su control diario de nivel y de presión de los tanques. Las fallas pueden detectarse por indicadores de nivel y presión.	Ninguna	
10. ¿Qué márgenes de seguridad se han reducido debido a las revisiones del diseño o la construcción durante las labores encaminadas a revisar las operaciones, reducir los costos, aumentar la capacidad o mejorar la calidad?	X	Actualmente el interlock esta al 95%, no es seguro ya que se encuentra muy cerca de la capacidad total del tanque y ya se tuvo experiencia de derrame del tanque.	Se recomienda bajar el punto de disparo del interlock de alto nivel con alarma al 85% y disparo del interlock al 90%.	Lino Fuentes
11. ¿Que disposiciones contiene el manual de operaciones para atender los arranques, los cierres, las fallas y las emergencias?	X	Los procedimientos contienen una sección de emergencias en donde se indican los pasos a seguir en caso de emergencia en esta actividad.	Ninguna	
12. ¿Qué evaluación económica determinó la elección entre un proceso por lotes y otro continuo?		X	Por su naturaleza esta operación únicamente se puede realizar de manera intermitente.	Ninguna

FORMA DE REGISTRO LISTA DE VERIFICACIÓN

Proceso: Sistema de descarga de HCl de Pipa al Tanque Almacén y de este al Reactor.

I. LISTA DE CONTROL DEL PROCESO

Sección: Control de los Instrumentos

Pregunta	Aplica Si No	Respuesta	Recomendación	Respon- sable
1. ¿Qué riesgos irían surgiendo si todas las clases de energía motriz utilizadas por los instrumentos de control fallaran casi simultáneamente?	X	En las válvulas automáticas por falla de nitrógeno, se cerrarían las válvulas. (Falla segura).	Al cerrarse las válvulas se presionarían debido a que la bomba seguiría operando, se recomienda analizar este evento por método AMFE	Francisco Orozco
2. Si fallaran todos los instrumentos simultáneamente, ¿se podría considerar que la operación completa seguiría estando a prueba de fallas?	X	Por falla de nitrógeno, el indicador de nivel enviaría la señal de 0% la cual pudiera originar un derrame de HCl.	Se recomienda analizar esta situación por método AMFE.	Francisco Orozco
3. ¿Qué medidas de seguridad para el proceso se toman cuando un instrumento, que los mismo sirve para la seguridad que para el control del proceso, se retira del servicio para recibir mantenimiento? ¿Qué sucede cuando dicho instrumento se deja inactivo durante un tiempo debido a labores de estandarización o cuando, por cualquier otra razón, no es posible disponer de la lectura del mismo?	X	Del transmisor de nivel se toma la señal de la variable y se toman los puntos de disparo de interlocks y alarmas. En caso de sacarlo fuera de servicio por calibración se tiene el tubo de nivel como respaldo y se tiene una tabla de aforo para control de inventarios.	Ninguna	
4. ¿Qué se ha hecho para minimizar el retraso en el tiempo de respuesta de aquellos instrumentos directa o indirectamente importantes para la seguridad del proceso? ¿Se encuentra cada instrumento o dispositivo de control importante respaldado por un instrumento o control independiente que opere de una manera totalmente diferente? En cuanto a los procesos críticos, ¿están estos dos primeros métodos de control respaldados por un tercer y definitivo cierre de seguridad?	X	Se cuenta con instrumentación electrónica que tiene un tiempo de respuesta corto. El respaldo del transmisor de nivel del tanque almacén de HCl es un tubo de nivel el cual es confiable.	Ninguna	

FORMA DE REGISTRO LISTA DE VERIFICACIÓN

Proceso: Sistema de descarga de HCl de Pipa al Tanque Almacén y de este al Reactor.

I. LISTA DE CONTROL DEL PROCESO

Sección: Control de los Instrumentos

Pregunta	Aplica Si No		Respuesta	Recomen- dación	Respon- sable
5. ¿Se ha tomado en cuenta la función de instrumentación de la seguridad del proceso como una parte integral de la función de control del proceso en todo el diseño de la planta?	X		De la señal del transmisor de nivel se toma la indicación de la variable y los puntos de disparo de alarma por alto nivel e interlock por alto-alto nivel.	Ninguna	
6. ¿Cuáles serían los efectos de una humedad o temperatura atmosféricas extremas sobre los instrumentos?	X		Fallas en el instrumento de nivel, las cajas de los instrumentos cuentan con sellos herméticos y se sellan con silicón.	Dar mantenimiento a este instrumento por medio del programa de mantenimiento.	Nefalí Aguilar
7. ¿Qué calibradores, medidores e indicadores no se pueden leer fácilmente? ¿Qué modificaciones se llevan a cabo para resolver este problema?		X	Todos los manómetros e instrumentos se pueden leer y están accesibles a los operadores.	Ninguna	
8. ¿Está el sistema desprovisto totalmente de mirillas de vidrio o de medidores de nivel de líquido de lectura directa o de cualquier otro dispositivo que, en caso de romperse, pudieran permitir la fuga de materiales del sistema?	X		Se tiene un tubo de nivel de vidrio el cual al romperse puede generar un derrame de HCl.	Cambiar el material de vidrio por tubing de teflon.	Juan Luis Martínez
9. ¿Cómo se determinó la clasificación eléctrica del área y cómo se seleccionaron los equipos y las técnicas? • ¿Qué detalles del proceso afectan la clasificación, el grupo y la división? • ¿Qué equipos con "aprobación Underwriter's Laboratories (UL)" no están disponibles para este trabajo? ¿Habría que practicarles pruebas? • ¿Se aplican algunas técnicas nuevas en este trabajo?	X		Por el tipo de material los equipos no requieren de una clasificación eléctrica especial, la clasificación eléctrica es para usos generales. Clase 1, División 2.	Ninguna	

FORMA DE REGISTRO LISTA DE VERIFICACIÓN

Proceso: Sistema de descarga de HCl de Pipa al Tanque Almacén y de este al Reactor.

I. LISTA DE CONTROL DEL PROCESO

Sección: Control de los Instrumentos

Pregunta	Aplica Si No		Respuesta	Recomendación	Respon- sable
10. ¿Es el sistema eléctrico lo bastante simple en su disposición esquemática y física para que pueda ser operado fácilmente? (Eso minimiza los errores humanos en los cambios debidos a aislamientos y transferencias de carga.)	X		Por lo sencillo de la operación y en especial de este sistema, tanto la estrategia de control como los arreglos eléctricos son muy sencillos evitando que el personal cometa errores.	Ninguna	
11. ¿Qué equipo eléctrico es posible retirar del servicio para darle mantenimiento preventivo sin interrumpir la producción? ¿Cómo?	X		La operación de transferencia de la pipa y la alimentación de HCl al reactor, son operaciones intermitentes que permiten dar mantenimiento sin afectar la operación.	Ninguna	
12. ¿Cómo está instrumentado el sistema eléctrico para que pueda monitorearse la operación del equipo? ¿Podría eso eliminar los tiempos muertos debidos a fallas del equipo causadas por sobrecargas desconocidas?	X		Las bombas están protegidas con elementos térmicos y termomagnéticos y están conectadas al sistema de tierras. El monitoreo de consumo de amperaje se realiza con el equipo en operación.	Ninguna	
13. ¿Cuáles son los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos? • ¿Se ubican en los circuitos para lograr un aislamiento óptimo de las fallas? • ¿Cuál es su capacidad de interrupción? • ¿Cómo están coordinados? • ¿Qué instrucciones se dan para llevar a cabo las pruebas de campo durante la vida del equipo?	X		Igual al anterior.	Ninguna	

FORMA DE REGISTRO LISTA DE VERIFICACIÓN

Proceso: Sistema de descarga de HCl de Pipa al Tanque Almacén y de este al Reactor.

I. LISTA DE CONTROL DEL PROCESO

Sección: Control de los Instrumentos

Pregunta	Aplica Si No		Respuesta	Recomen- dación	Responsable
14. ¿Con qué conexiones y cables a tierra se cuenta? • ¿Ofrecen protección contra la acumulación de electricidad estática? • ¿Proporcionan protección contra los rayos? • ¿Brindan protección al personal contra fallas en el sistema de energía?	X		Se tiene una tierra física la cual descarga cualquier tipo de corriente que se acumule en el motor de las bombas. Se verifica en base anual la continuidad de este sistema de tierras.	Ninguna	
15. ¿Cómo es el sistema de iluminación? • ¿Es adecuado para la operación normal segura? • ¿Es adecuado para dar mantenimiento en condiciones normales de funcionamiento? • Es adecuado para iluminar las rutas de escape durante una falla de energía eléctrica?	X		De la verificación en campo se encontró que es deficiente la iluminación en el área de almacenamiento, dentro del dique.	Se recomienda reubicar un reflector ubicado enfrente del tanque almacén e instalar un reflector adicional dentro del dique.	Juan Luis Martínez
16. ¿Se refuerza la conexión a tierra de los tanques y las cisternas con una protección catódica?		X	Por el tipo de materiales no se requiere de protección catódica.	Ninguna	
17. ¿Qué se hace para verificar que los paquetes de instrumentos se hayan instalado, conectado a tierra y diseñado debidamente respecto al medio ambiente?	X		Se realizan inspecciones en el recibo, se supervisa directamente la instalación y con inspecciones de prearranque al final se asegura una instalación correcta.	Ninguna	
18. ¿Qué procedimientos se han establecido para probar y comprobar las funciones de los instrumentos?	X		Falta un procedimiento donde se pruebe en campo los instrumentos	Revisar el procedimiento en cuestión.	Lino Fuentes
19. ¿Qué pruebas periódicas se tienen programadas para comprobar el desempeño y un posible funcionamiento defectuoso?	X		No se tiene un equipo para realizar calibraciones de equipos.	Comprar un instrumento para realizar calibraciones de instrumentos.	Lino Fuentes

FORMA DE REGISTRO LISTA DE VERIFICACIÓN

Proceso: Sistema de descarga de HCl de Pipa al Tanque Almacén y de este al Reactor.

II. LISTA DE CONTROL PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO

Sección: Diseño

Pregunta	Aplica Si No	Respuesta	Recomen- dación	Responsable
1. ¿Cuál es el nivel de paralelismo entre el sistema eléctrico y el proceso? • ¿Qué fallas en una parte de la planta afectarían la operación de otras partes independientes de la planta? • ¿Cómo se protegen los instrumentos de una planta contra fallas y variaciones de voltaje?	X	Esta área no tiene clasificación eléctrica, el equipo que se tiene cumple con la clasificación clase B división I la cual excede. Un cortocircuito por capacidad interruptiva inadecuada en interruptor principal, provoca que cualquier cortocircuito provoque paro de toda la planta.	Ninguna	
2. ¿Los interruptores automáticos (interlocks) y los dispositivos de cierre son a prueba de fallas? • ¿Qué necesidad satisface cada interruptor automático y para qué se aplica cada cierre? • ¿Se minimizan las interacciones y las complicaciones? • ¿Se asegura el uso ininterrumpido de los dispositivos de protección? • ¿Qué requisitos o estándares se aplicaron a los equipos que se seleccionaron? • ¿Tiene previsto el procedimiento de bloqueo, etiquetado, despeje y prueba el paso de "prueba positiva"?	X	Si, la señal es directa del transmisor al panalarm y del panalarm al interlock. De acuerdo a estándares DuPont.	Ninguna	
3. ¿Cuál es la probabilidad de accesibilidad durante las desconexiones o conexiones eléctricas accidentales?	X	Se tiene un tablero de distribución el cual es accesible.	Ninguna	
4. ¿Existen comunicaciones que permitan operar la instalación en forma segura (teléfonos, radios, señales, alarmas)?	X	Se cuenta con radios portátiles, alarmas neumáticas y teléfonos.	Ninguna	

FORMA DE REGISTRO LISTA DE VERIFICACIÓN

Proceso: Sistema de descarga de HCl de Pipa al Tanque Almacén y de este al Reactor.

II. LISTA DE CONTROL PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO

Sección: Diseño

Pregunta	Aplica		Respuesta	Recomendación	Responsable
	Si	No			
5. ¿Existe un programa para verificar la buena operación de los interruptores automáticos?	X		Si. La próxima prueba esta programada del 6 al 8 de junio de 1995.	Ninguna	
6. En los lugares donde se utilizan controladores de secuencia, ¿cuentan los pasos clave con un mecanismo automático de verificación, además de alarmas, en cuanto el controlador señala la necesidad de hacer un cambio? ¿Cuentan los pasos clave con un mecanismo de verificación, además de alarmas, previa a cualesquiera cambios en la secuencia que sigue?		X	El sistema no cuenta con este tipo de control.	Ninguna	

FORMA DE REGISTRO LISTA DE VERIFICACIÓN

Proceso: Sistema de descarga de HCl de Pipa al Tanque Almacén y de este al Reactor.

III. LISTA DE CONTROL PARA TUBERÍAS Y MAQUINARIA Sección: Tuberías y Válvulas

Pregunta	Aplica		Respuesta	Recomendación	Responsable
	Si	No			
1. ¿Se tomaron en cuenta y estudiaron las tensiones y los movimientos debidos a la dilatación térmica de todos los sistemas de tuberías?		X	Por las características del material no tiene mucha expansión, para la nueva instalación se pondrá soporteria nueva.	Ninguna	
2. ¿Cuentan los sistemas de tuberías con los soportes y las guías apropiadas?	X		La tubería existente esta mal soportada, la nueva tubería será soportada de acuerdo a fabricante.	Ninguna	
3. ¿Existen disposiciones para drenar todas las tuberías durante las operaciones de arranque y de cierre?	X		Existen drenes en la línea y en los manómetros.	Ninguna	
4. ¿Cuentan los sistemas de tuberías con la debida protección contra congelamiento, en especial las tuberías de agua fría, las conexiones de los instrumentos y las tuberías de servicio "estáticas", como las tuberías conectadas a las bombas de reserva?		X	No aplica debido a que no se manejan fluidos fríos, se maneja HCl a condiciones ambientales.	Ninguna	
5. ¿Se evita el uso de válvulas de hierro fundido en las tuberías sujetas a tensiones?		X	El material existente de las tuberías es de PVC que será reemplazado por Fibra de vidrio.	Ninguna	
6. ¿Se evita el uso de válvulas con vástago no ascendente?		X	Las válvulas usadas son de bola cuyo maneral indica la posición de la válvula.	Ninguna	
7. ¿Son de fácil acceso los controladores y las válvulas de control para darles mantenimiento?	X		No existen válvulas de control sin embargo las válvulas manuales están accesibles así como los transmisores de nivel.	Ninguna	
8. ¿Las válvulas de derivación son de fácil acceso para los operarios? ¿Están dispuestas de tal manera que si se abren no crean una condición insegura?	X		A la descarga de la bomba existe una derivación la cual es accesible.	Ninguna	

FORMA DE REGISTRO LISTA DE VERIFICACIÓN

Proceso: Sistema de descarga de HCl de Pipa al Tanque Almacén y de este al Reactor.

III. LISTA DE CONTROL PARA TUBERÍAS Y MAQUINARIA Sección: Tuberías y Válvulas

Pregunta	Aplica		Respuesta	Recomendación	Responsable
	Si	No			
9. ¿Se utilizan cualesquiera superenfriadores de vapor por rocío mecánico? ¿Cuáles serían las consecuencias de un flujo excesivo o insuficiente del líquido refrigerante?		X	El sistema analizado no cuenta con este tipo de equipos.	Ninguna	
10. ¿Se revisan todas las válvulas de control para que operen en forma segura en caso de presentarse fallas de energía o de aire en los instrumentos?		X	Las válvulas de corte de HCl se tienen dentro de un programa de mantenimiento. A falla de electricidad y de nitrógeno cierran del lado seguro.	Ninguna	
11. ¿Se cuentan con los medios para probar y dar mantenimiento a los elementos primarios de los instrumentos de las alarmas y los interruptores automáticos sin tener que cerrar los procesos?	X		Si, debido al sistema de producción que es por lotes da tiempo para realizar dichas pruebas sin parar el proceso.	Ninguna	
12. ¿Cuáles son las disposiciones para drenar y poner trampas a las tuberías de vapor?		X	No existen trampas de vapor, pero sin embargo existen drenes en la línea y en manómetros.	Ninguna	

VIII. 2 Resultados y acciones de la Lista de Verificación

Considerando el análisis de riesgos por Lista de Verificación efectuado al sistema de descarga de HCl de pipa al tanque Almacén y de este al Reactor, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- 1.- El diseño y operación del sistema de descarga de HCl es adecuado para prevenir las fallas que pudieran presentar los escenarios simulados.
- 2.- El sistema cuenta con los dispositivos de protección necesarios para monitorear, controlar y mitigar los efectos de una falla en esta área.
- 3.- Se dispone de un adecuado sistema de paro de emergencia cuyo accionamiento es por medio de la señal de nivel del tanque de almacén de HCl.
- 4.- Es necesario reconfigurar el interlock por alto nivel en el tanque almacén que esta configurado al 95% el cual no deja margen para evitar un sobrellenado. Se recomienda bajar el punto de disparo del interlock por alto nivel al 90% y con la alarma de proceso al 85%.

VIII.3 Recomendaciones de la lista de Verificación

LISTA DE CONTROL DE PROCESO.

SECCION EQUIPO

- 1.- En caso de derrames de ácido clorhídrico, se utiliza hidróxido de calcio (Cal apagada) para ese fin, no se tiene un lugar para almacenar la cal. Se recomienda definir un lugar para almacenamiento de los sacos de cal de 25 Kg.
(Preg. No. 9)
- 2.- Para tratamiento de quemaduras de HCl no se cuenta con los medicamentos y el conocimiento para su tratamiento. Se recomienda desarrollar con el área medica un procedimiento para quemaduras de HCl y comprar los medicamentos necesarios
(Preg. No. 9)
- 3.- El tanque de almacenamiento de HCl tiene un tubo de nivel de vidrio el cual no tiene una barrera física y el cual esta expuesto a un golpe que lo rompa. Se recomienda reemplazar el tubo de nivel de material de vidrio por tubing de teflón, material que es más flexible y adecuado para el manejo de ácidos.
(Preg. No.10)
- 4.- El tanque de almacenamiento de HCl cuenta con un transmisor de nivel el cual toma las lecturas de nivel por medio de burbujeo, debido a este diseño existe la posibilidad de que el tubing de teflón quede obstruido con retroceso de vapores de HCl.
Se recomienda instalar una válvula Check en el tubing de alimentación de nitrógeno después del transmisor de nivel y antes de la entrada al tanque almacén.
(Preg. No. 14)
- 5.- El dique para contención de derrames de HCl es de concreto armado, el cual no cuenta con un recubrimiento externo resistente al ácido. Se recomienda el proteger al dique con un material antiácido.
(Preg. No. 18)

LISTA DE CONTROL DE PROCESO

SECCION OPERACIONES

6.- Como parte de las actividades de mantenimiento que se le realizan a este equipo, esta la de abrir el equipo y la desconexión de tuberías, existiendo la posibilidad de dejar objetos extraños dentro del sistema, no se tiene una practica de trabajo que impida o minimice esta posibilidad. Se recomienda el elaborar una lista de verificación para limpieza de equipos antes de armar y poner en operación.

(Preg. No. 7)

7.- La válvula que sirve para drenado del agua pluvial almacenada dentro del dique, esta en una área inaccesible e insegura para el personal. Se recomienda el reubicar esta válvula en donde quede accesible para el mantenimiento y operación.

(Preg. No. 8)

8.- El interlock por alto nivel está actualmente configurado al 95%, el cual no es seguro debido a en este punto se esta muy cerca de su capacidad total y ya se han tenido experiencias de derrames. Se recomienda bajar el punto de disparo de interlock por alto nivel a un 90% y con alarma de proceso al 85%.

(Preg. No. 10)

LISTA DE CONTROL DE PROCESO
SECCION CONTROL DE INSTRUMENTOS

- 9.- Por la humedad de la región, se han presentado fallas en el instrumento de nivel a pesar de que las cajas de los instrumentos cuentan con sellos herméticos y se sellan con silicon. Para evitar fallas en estos equipos se recomienda incrementar la frecuencia de mantenimiento preventivo, establecida cada 6 meses a 3 meses.

(Preg. No. 6)

- 10.- Del recorrido al campo se encontró que es deficiente la iluminación en el área de almacenamiento y dentro del dique. Se recomienda reubicar el reflector enfrente del tanque de almacenamiento e instalar un reflector adicional dentro del dique.

(Preg. No. 15).

- 11.- La calibración de instrumentos se realiza por un contratista externo debido a que no se tienen los equipos adecuados para realizar la calibración con personal de planta, esta situación provoca dependencia hacia la compañía contratista y adicionalmente no se puede verificar la calibración de los equipos instalados en campo. Se recomienda comprar un instrumento que permita la calibración de los equipos en banco de pruebas y desarrollar un procedimiento para verificación de calibración en campo.

(Preg. No. 18 y 19).

LISTA DE CONTROL DE PROCESO.

SECCION MATERIALES

12.- El ácido clorhídrico que se usa en el proceso es suministrado a granel por pipas de 30 toneladas y se recibe con un certificado de calidad, No se tiene una especificación de calidad que incluya los límites mínimos y máximos de los parámetros y los criterios de aceptación y rechazo. Se recomienda elaborar una especificación que incluya propiedades físicas, parámetros, especificaciones, proveedores aprobados y criterios de aceptación y de rechazo.

(Preg. No. 11)

13.- Cuando se están barriendo las líneas y se suspende la inyección de nitrógeno, puede existir retroceso de HCl, para ello existen válvulas check, las cuales no están dentro de un programa de mantenimiento preventivo. Se recomienda realizar pruebas a las válvulas check de HCl en la interconexión con nitrógeno e incluirlas en el programa de mantenimiento preventivo.

(Preg. No. 12)

IX. Desarrollo del Análisis de Riesgo AMFE

En este capítulo se presentan los resultados del estudio de análisis de riesgo con el objetivo de asegurar que en las fallas de los componentes del sistema de descarga de HCl se hayan considerado todas las medidas preventivas de seguridad establecidas por DuPont, las cuales se indican a continuación:

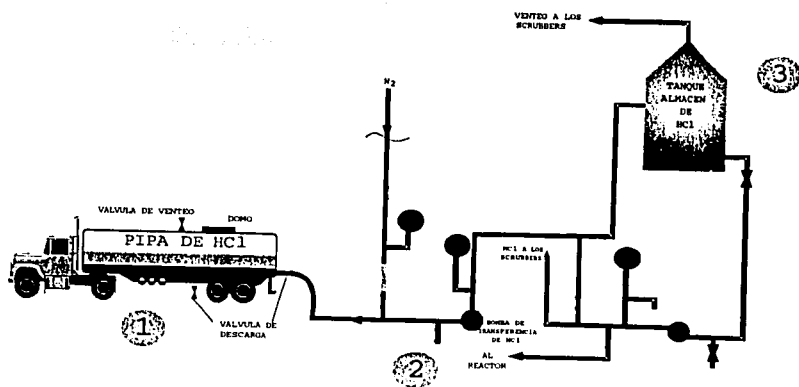
- Programa de inspecciones y prueba para asegurar la integridad de los equipos de proceso.
- Identificación oportuna por parte de la supervisión, de fugas en líneas de proceso.
- Sistema redundante de monitoreo de nivel en el tanque de almacenamiento de HCl.
- Disponibilidad de interruptores y válvulas de emergencia.

IX.1 Lista de equipos y Modos de Falla

No. Componente	Descripción / Modo de falla
1.- Pipa de HCl	Normalmente llena, falla por el cuerpo fuga en cuerpo válvula de descarga.
2.- Bomba de Transferencia HCl.	Tipo centrifuga, 100 gpm. fuga por sello mecánico, cavitación.
3.-Tanque Almacén de HCl	Parcialmente lleno, atmosférico, 67 tons. de capacidad. Falla por el cuerpo, fuga en brida succión bomba de alimentación al reactor, presionamiento, colapsamiento.
4.- Válvulas de Corte de HCl	Normalmente abiertas para transferencia. Cerradas por falta de nitrógeno.
5.- Transmisor de Nivel de HCl	Perdida señal de nivel, falla en señal alta, Falla en señal baja.
6.- Reactor	Acero al carbón vidriado, 2000 gal. de capacidad. Falla en cuerpo, fuga en brida entrada hombre.
7.- Intercambiador de Calor	Cuerpo acero al carbón, tubos de teflon. Tubos - HCl, coraza - Agua. Fuga en tubos de teflón, fuga en coraza.

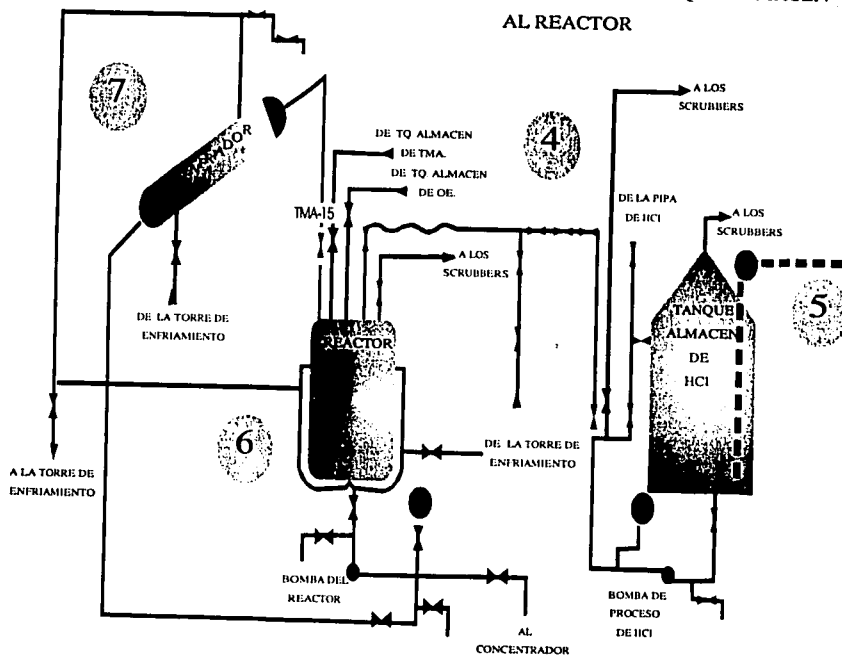
DIAGRAMAS USADOS EN EL AMFE

TRANSFERENCIA DE PIPA DE HCl DE PIPA AL TANQUE ALMACEN



DIAGRAMAS USADOS EN EL AMFE

TRANSFERENCIA DE HCl DEL TANQUE ALMACEN AL REACTOR



IX.2 Hojas de Trabajo

ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO

Proceso: Sistema de descarga de HCl de pipa al tanque Almacén y de este al Reactor

No. de Componente	Descripción	Modo de Falla	Efecto en siguiente componente y en todo el sistema	Probabilidad de ocurrencia	Gravedad Probable	Evaluación	Sistemas de Seguridad	Recomendaciones
1	Pipa de HCl, normalmente llena al ingresar a planta con presión de 0.5 kg./cm ²	Falla por el cuerpo de la pipa	Derrame y nube de HCl. Suspensión de transferencia, paro de planta.	1	D	3	Inspecciones al arribo.	Por el tipo de evento no se considera ninguna.
		Fuga en cuerpo válvula de descarga	Derrame de HCl, nube de HCl, Suspensión de transferencia.	2	D	2	Lista de verificación al inicio. Taponamiento de fuga con taquetes de madera, neutralización del derrame. Descarga por la otra válvula.	Para poder descargar por la otra válvula se recomienda preparar carrete de 2" para conexión a manguera.
2	Bomba transferencia HCl Centrífuga, 100 gpm.	Fuga por sello mecánico	Derrame de HCl, nube vapores de HCl, suspensión de transferencia	3	D	2	Supervisión por operador. Reemplazo de sello. Programa de integridad mecánica.	Ninguna, el grupo de revisión considera que el sistema es seguro para operar.
		Cavitación	Falta de bombeo a tanque almacén.	3	D	2	Manómetro en descarga de bomba. Indicador de nivel en cuarto de control. Programa de mantenimiento, reparación bomba	Ninguna.

ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO

Proceso: Sistema de descarga de HCl de pipa al tanque Almacén y de este al Reactor

No. de Componente	Descripción	Modo de Falla	Efecto en siguiente componente y en todo el sistema	Probabilidad de ocurrencia	Gravedad Probable	Evaluación	Sistemas de Seguridad	Recomendaciones
3	Tanque de almacenamiento de HCl, parcialmente lleno, atmosférico 67 tons. Capacidad al 100%.	Falla por el cuerpo del tanque por corrosión	Derrame y nube de HCl. Suspensión de alimentación de HCl al reactor, paro de planta.	1	D	3	Inspecciones visuales en cada transferencia, programa integridad mecánica. Diques de contención y mantenimiento correctivo.	Ninguna
		Fuga en brida succión bomba alimentación al reactor	Derrame de HCl, nube de HCl, Suspensión de transferencia	2	D	2	Supervisión directa en cada transferencia. Dique de contención.	Implementar un programa de chequeo de fugas en las líneas de HCl, por lo menos 2 veces al año.
		Presionamiento y falla de material por tapón en venteo	Derrame de HCl, nube vapores de HCl, suspensión de operación.	1	D	3	Indicación de presión en manómetro descarga bomba transferencia	Instalación de conservador de venteo en tanque de almacenamiento.
		Colapsamiento por vacío.	Deformación del recipiente, posible derrame por falla del material. Suspensión de operación.	1	D	3	No existe forma de identificar este modo de falla.	Instalar conservador de venteo en tanque de almacenamiento.

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO

Proceso: Sistema de descarga de HCl de pipa al tanque Almacén y de este al Reactor

No. de Componente	Descripción	Modo de Falla	Efecto en siguiente componente y en todo el sistema	Probabilidad de ocurrencia	Gravedad Probable	Evaluación	Sistemas de Seguridad	Recomendaciones
4	Válvulas de corte de HCl HCl-1128 y HCl-1131, abiertas para transferencia de HCl al reactor.	Cerradas por falta de nitrógeno	Presionamiento de bomba, daños a sellos mecánicos, fuga y nube de HCl por falla de material. Suspensión de la operación y paro de planta.	1	D	3	Inventario paquete nitrógeno. Supervisión directa. Indicación de peso en reactor. Indicadores de presión en campo.	Ninguna, por el tipo de operación y por los indicadores que se tienen se considera que el sistema es seguro.
5	Transmisor de nivel de HCl, suministro continuo de Nitrógeno para lectura de nivel con tubo buzo.	Perdida señal de nivel por falla suministro de nitrógeno	Perdida de señal de nivel en cuarto de control. Retorno de vapores de HCl a instrumento.	1	D	3	Lectura de nivel en cuarto de control. Tubo de nivel físico. Suministro confiable de nitrógeno.	El grupo considera que las capas de protección son adecuadas para evitar un evento de esta naturaleza.
		Falla en señal alta	Activación alarma por alto nivel y paro de bomba de transferencia al reactor.	4	D	3	Supervisión por el operador en campo y cuarto control. Tubo de nivel	Ninguna, el sistema es seguro para operar.
		Falla en señal baja	Descontrol de operación inhabilitación interlock alto nivel.	4	D	3	Supervisión en campo y cuarto de control. Tubo de nivel.	Ninguna, el sistema es seguro para operar.

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO

Proceso: Sistema de descarga de HCl de pipa al tanque Almacén y de este al Reactor

No. Componente	Descripción	Modo de Falla	Efecto en siguiente componente y en todo el sistema	Probabilidad de ocurrencia	Gravedad Probable	Evaluación	Sistemas de Seguridad	Recomendaciones
6	Reactor acero al carbón vidriado, 2000 galones, presión de operación.. temp. de operación.	Falla en cuerpo sección no encamisada.	Fuga de HCl, emisiones a la atmósfera.	1	D	3	Supervisión por el operador. Programa de inspecciones y pruebas. Procedimiento de reparación. Soporte técnico de Pfaulder.	Ninguna, por el tipo de operación y por los indicadores que se tienen se considera que el sistema es seguro.
		Fuga en brida entrada hombre por pérdida de material.	Fuga vapores de HCl y emisiones a la atmósfera.	1	D	3	Supervisión por el operador. Programa de inspecciones y pruebas. Procedimiento de reparación, apoyo técnico de Pfaulder.	Ninguna.
7	Intercambiador de calor cuerpo de ac. Al carbón con tubos de teflon. Tubos : HCl Coraza: Agua.	Fuga en tubos de teflon.	Acidificación de agua de enfriamiento. Paro de operación y planta,	3	D	2	Procedimiento para taponear tubos dañados. Filtro canasta para atrapamiento de piedras en agua.	Evaluar compra de Intercambiador con tubos de tantalio o similar que soporte el manejo de las mezclas que maneja el reactor.
		Fuga en Coraza.	Derrame de agua. Paro de planta.	1	D	3	Supervisión por el operador. Programa de integridad mecánica.	Ninguna.

IX.3 Resultados y acciones del Análisis de Modo de Falla y Efecto.

Considerando el análisis de riesgos por análisis de Modo de Falla y Efecto efectuado al sistema de descarga de HCl de pipa al tanque Almacén y de este al Reactor, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- 1.- Se cuenta con programas de mantenimiento para mantener la integridad de los equipos.
- 2.- Se tiene un procedimiento de taponamiento de fuga en recipientes y pipa.
- 3.- Se cuenta con indicación de nivel del tanque de almacenamiento de HCl en cuarto de control e Indicación local en campo.
- 4.- Para cada descarga se cuenta con supervisión directa.
- 5.- Para evitar un colapsamiento por vacío o falla del material de construcción por sobrepresión, es necesaria la instalación de un conservador de venteo en el tanque almacén de HCl que permita que el tanque alivie el exceso de presión y que rompa el vacío cuando se está retirando material del tanque.

IX.4 Recomendaciones del Análisis de Modo de Falla y Efecto

- 1.- Para descarga del HCl, la pipa cuenta con otra válvula de bloqueo que puede ser usada en caso de emergencia, en la planta no se tiene una adaptación para hacer la descarga por esta válvula. Se recomienda preparar un carrete de 2 pulgadas de diámetro con brida y niple el cual se pueda conectar a la válvula de 2"

Componente No. 1 Modo de Falla.- Fuga en cuerpo válvula de descarga.

- 2.- Por falla en la brida de succión de la bomba, se puede presentar un derrame de HCl, no está incluido dentro del programa de mantenimiento la inspección de este accesorio y de la línea completa. Se recomienda implementar un programa de inspección de toda la línea de descarga y chequeo de fugas en las líneas de HCl con una frecuencia de dos veces al año.

Componente No. 3, Modo de falla.- Fuga en brida succión bomba alimentación al reactor.

- 3.- El tanque de almacenamiento de HCl se puede presionar por una obstrucción en el venteo, con posibilidad de falla del material, generando derrame de HCl, este equipo no tiene un dispositivo de alivio de presión. Se recomienda el instalar un conservador de venteo que permita que el tanque libere el exceso de presión y que rompa el vacío cuando se está retirando material del tanque.

Componente No. 3, Modo de Falla.- Presionamiento y falla de material.

- 4.- Los tubos del enfriador son de Teflon los cuales tienen resistencia al ataque químico pero han fallado por abrasión mecánica. Una vez detectada la fuga se cuenta con un procedimiento de paro y de taponamiento de los tubos dañados, así como se tiene un filtro canasta que atrapa las partículas sólidas contenidas en el agua el cual no ha sido efectivo. Para evitar paros de planta y exposición de agua ácida al personal, se recomienda reemplazar el haz de tubos del intercambiador por un material resistente tanto al ataque químico como a la abrasión.

Componente No. 7, Modo de Falla.- Fuga en tubos de teflón.

X. Conclusiones

- De los resultados obtenidos del análisis de riesgos se concluye que el sistema en su estado actual, es seguro para operar. Con la implementación de las recomendaciones se mejoraran los sistemas de protección.
- Por la naturaleza de la operación y por los sistemas de protección, el peor evento posible y probable es la fuga de HCl por una tubería, la cual no rebasa los límites de la planta. El escenario de fuga de todo el material de la pipa, es un evento de baja probabilidad debido a los sistemas de protección que se tienen.
- Para el evento de fuga catastrófica en tanque de almacenamiento de HCl, se recomienda incluir en el procedimiento de emergencia, el desinventariado del tanque, transfiriendo parte del contenido al tanque de agua residual y/o a una pipa vacía.
- Con este estudio no se garantiza una operación libre de incidentes a menos que exista el compromiso de operadores, mecánicos, administradores y la gerencia a operarla, administrarla y a mantenerla libre de accidentes.
- El estudio realizado refleja las condiciones físicas y de seguridad del sistema existente, las recomendaciones están basadas tanto en la experiencia de los participantes como en las suposiciones realizadas durante el estudio, estas consideraciones deberán ser revisadas en futuros análisis.
- El grupo de revisión apoya fuertemente el reemplazo de la tubería de PVC por fibra de vidrio con protección contra rayos ultravioleta. Este cambio minimizará el riesgo de fuga de HCl por falla de material de la tubería de PVC. Opción que mejora la seguridad en este sistema y que no es tan costosa como la tubería de acero al carbón con recubrimiento interno de teflon.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Kolluru, R.V. et al., "Manual de Evaluación y Administración de Riesgos"
McGraw Hill S. A. de C.V., México D.F., 1998.
- 2.- Center for Chemical Process Safety, "Guidelines for Hazard Evaluation Procedures", American Institute of Chemical Engineers AICHE, New York, Segunda Edición, 1992.
- 3.- Oficina Internacional del Trabajo, "Control de Riesgos de Accidentes Mayores Manual Practico", Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. México D.F., 1990.
- 4.- Perry, J.H., "Manual del Ingeniero Químico",
McGraw Hill, 4a. Edición, México D.F., 1982.
- 5.- Asfahl C. Ray, "Seguridad industrial y Salud",
Prentice Hall, 4a. Edición, México D.F., 2000.
- 6.- Oficina Internacional del Trabajo, "Seguridad en la Utilización de Productos Químicos en el trabajo", Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. México D.F., 2000.
- 7.- Paustenbach, D.T, "The Risk Assesment of Environmental and Human Health Hazards: a Textbook of Case Studies", Wiley, New York, 1989.
- 8.- Rodricks, J.V., "Calculated Risks: The Toxicity and Human Health Risks of Chemicals in our Environment", Cambridge University Press, Cambridge, England, 1992.
- 9.- Kolluru, R.V., "Risk Assesment and Management in Environmental Strategies Handbook", McGraw-Hill, New York, 1994.
- 10.- Center for Chemical Process Safety, "Guidelines for Implementing Process Safety Management Systems", American Institute of Chemical Engineers, New York, 1994.

BIBLIOGRAFIA

- 11.- Center for Chemical Process Safety, "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis", American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.
- 12.- Center for Chemical Process Safety, "Guidelines for Auditing Process Safety Management Systems", American Institute of Chemical Engineers, New York, 1993.
- 13.- Melhem, G., "Advanced Consequence Modeling". Van Nostrand Reinhold, New York, 1996
- 14.- API RP 750, "Management of Process Hazards", American Petroleum Institute, Washington, District of Columbia, 1990.
- 15.- Center for Chemical Process Safety, "Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety ", American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.
- 16.- Center for Chemical Process Safety, "Guidelines for Process Equipment Reliability Data", American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.
- 17.- Apostolakis, G.E. et al., "Accident Sequence Modeling: Human Actions, System Response, Intelligent Decision Support", Elsevier Science Publishing Co., Inc., New York, 1988.
- 18.- Arendt, J.S., et al., "Evaluating Process Safety in the Chemical Industry – A Manager's Guide to Quantitative Risk Assessment, Chemical Manufacturers Association, Washington, DC, 1989.
- 19.- Dow Chemical Company, "Fire and Explosion Index Hazard Classification Guide", American Institute of Chemical Engineers, AIChE, 7th ed., New York, 1989.
- 20.- Fawcett, H.W., and W.S. Wood, "Safety and Accident Prevention in Chemical Operations", John Wiley & Sons, 2d ed., New York, 1982.

BIBLIOGRAFIA

- 21.- Greenberg, H.R. and J.J. Cramer, "Risk Assessment and Risk Management for the Chemical Process Industry", Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.
- 22.- Gressel, M.G. and J.H. Gideon, "An Overview of Process Hazard Evaluation Techniques", American Industrial Hygiene Association Journal, Vol 52, No. 4, 1991.
- 23.- Hettig, S.G., "A Project Checklist of Safety Hazards", Chemical Engineering, Vol 73, No. 26, 1966.
- 24.- Lambert, H.E., "Failure Mode and Effects Analysis", NATO Advanced Study Institute, 1978.
- 25.- McCormick, E.J. and M.S. Sanders, "Human Factors in Engineering Design", McGraw Hill Company, 5th ed., New York, 1982.
- 26.- CFR 1910.119, "Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals" OSHA, Washington, DC, 1992.