



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN



TESIS

**MANTENIMIENTO EN PEMEX REFINACIÓN EN TERMINAL DE
ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION SATELITE NORTE**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PRESENTA: ROMAN CARMEN JAIMES VALENCIA

ASESOR: M. EN I. DAVID FRANCO MARTÍNEZ

San Juan de Aragón, Estado de México 2013.



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.

INDICE

INTRODUCCION	1
---------------------------	---

CAPITULO 1	4
-------------------------	---

MANTENIMIENTO

<i>1.1 Definición de mantenimiento</i>	5
<i>1.2 Políticas de mantenimiento</i>	6
<i>1.3 Estrategias de manteniendo</i>	10
<i>1.4 Orden de trabajo</i>	12
<i>1.5 Ejecución de mantenimiento preventivo y correctivo</i>	14
<i>1.6 Modulo PM R/3 de SAP</i>	15

CAPITULO 2

ANTECEDENTES DE LA TERMINAL DE

ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION SATELITE

NORTE PEMEX REFINACION

<i>2.1 Antecedentes históricos</i>	18
<i>2.1.1 Zona de influencia</i>	19
<i>2.2 Instalaciones</i>	20
<i>2.2.1 Equipo de bombeo</i>	21
<i>2.2.2 Esquema de comercialización</i>	21
<i>2.3 Sistema de automatización y control (SIMCOT)</i>	22
<i>2.4 Sistema de seguridad y protección contra incendios</i>	22
<i>2.5 Sistema integral y control contra incendios (SICCI)</i>	23
<i>2.5.1 Operación actual</i>	23
<i>2.5.2 Arquitectura (SICCI)</i>	25
<i>2.5.3 Nivel de operación automático</i>	27

2.5.4 Redundancia del servidor.....	27
2.5.5 Nivel de operación manual.....	28
2.6 Sistema integral de administración de seguridad y protección ambiental (SIASPA).....	28
2.6.1 Componentes de (SIASPA).....	29

CAPITULO 3

RECOMENDACIONES

ELECTRICAS.....	31
3.1 Los peligros de la electricidad estática.....	31
3.1.1 Switch de carga y condiciones especiales.....	34
3.1.2 Velocidad de los fluidos como generadores de cargas estáticas.....	34
3.1.3 Gases.....	35
3.1.4 Auto tanques.....	35
3.1.5 Descarga.....	40
3.2 Tanque de almacenamiento.....	41
3.2.1 Tanque de almacenamiento que no tienen sustancialmente Espacio vapor.....	42
3.2.2 Tierra en tanques.....	42
3.2.3 Mezclado en tanques.....	42
3.2.4 Tuberías.....	43
3.3 Peligros estáticos y misceláneos.....	44
3.3.1 Contenedores y materiales no conductivos.....	45
3.4 Gases.....	46
3.5 Polvos.....	47
3.6 Relámpagos.....	48
3.6.1 Protección contra relámpagos directos.....	48
3.6.2 Protección de equipo específico contra relámpagos.....	49
3.7 Corrientes extraviadas.....	50
3.7.1 Protección en operaciones específicas contra corrientes Extraviadas.....	51
3.8 Fundamentos de la electricidad estática.....	51

<i>3.8.1 Generación de electricidad estática</i>	52
<i>3.8.2 Velocidad de generación</i>	53
<i>3.8.3 Humedad</i>	53
<i>3.8.4 Conductividad</i>	54
<i>3.8.5 Descarga estática</i>	55
<i>3.8.6 Ignición por electricidad estática</i>	56
<i>3.8.7 Control estático</i>	56
<i>3.8.8 Enlace y Tierra</i>	57
<i>3.8.8.1 Reducción de la generación estática</i>	60
<i>3.8.8.2 Incrementando la disipación estática</i>	60
<i>3.8.8.3 Controlando el medio ambiente</i>	60
<i>3.8.8.4 Cargas electrostáticas en personas y ropas</i>	61

CONCLUSIONES	62
---------------------------	----

Anexos

Bibliografía



Introducción.

El principal objetivo de esta investigación es el siguiente:

Conocer el mantenimiento, en la terminal de almacenamiento y distribución satélite norte, PEMEX refinación. Con el fin de tener la seguridad de los trabajadores y la de los habitantes de los alrededores a esta.

Siempre que se llega a un lugar de trabajo, por lo regular uno se encuentra con el departamento de mantenimiento, se le da mantenimiento a todo aquello que requiera revisión, cambio y/o ajuste de algo, para el buen funcionamiento del sistema.

Este sistema a su vez se divide en subsistemas no menos importantes, los cuales en su conjunto determinan la eficacia del mismo. Esta eficiencia es directamente proporcional al implementar el mantenimiento adecuado, ya que si no se emplea el mantenimiento adecuado la eficacia, no será la deseada.

En los lugares de trabajo también se puede encontrar el departamento de seguridad, la seguridad es importante en cualquier lugar donde se ejerce un trabajo, por que antes que nada, primero está la integridad de los trabajadores que estén relacionados directamente con el ejercicio, de estos a su vez depende la seguridad de los que no están directamente relacionados con los mismos.

La seguridad también necesita del mantenimiento, esta relación seguridad-mantenimiento es importante, ya que por un lado necesitamos cumplir con ciertas medidas, equipo necesario y en buen estado, para realizar mantenimiento a un sistema o subsistema. Estas medidas, y equipo necesitan mantenimiento frecuente para que este sea un mantenimiento efectivo.

Con esto queda claro que si no se efectúa con un buen criterio, la función del mantenimiento todo se pone en riesgo, claro, todo depende del grado de criticidad del lugar donde se presente la falla, pero si estamos hablando de una terminal de almacenamiento y distribución de gasolinas el riesgo es grande.

Riesgos de pérdida de de equipo, económico y lo mas importante, riesgos de pérdidas humanas.

Es por esto, que en la actualidad se habla o se maneja la ingeniería de la confiabilidad, cuando se empieza a desarrollar el diseño de un proyecto aparte de todo lo establecido por norma, se debe tomar en cuenta las alternativas que éste mismo nos debe de otorgar, por si se presenta una falla, estas alternativas se deben de traducir en las menores perdidas posibles debido a un mantenimiento efectivo.

El análisis que se realizara en esta investigación nace de la necesidad que tenemos todos los ciudadanos que vivimos cerca de estas instalaciones de almacenamiento de gas y de gasolinas, acerca de la información real del funcionamiento de éstas, ya que por obvias razones el sentido de riesgo está latente en cada momento.



Esta investigación se realizó en PEMEX refinación terminal de almacenamiento y distribución satélite norte ubicada en San Juan Ixhuatepec, Av. San José N° 44, mejor conocido como San Juanico. Ya que el solo hecho de mencionar San Juanico, es causa de alarma para la gente, puesto que no se olvidan los accidentes lamentables ocurridos por incendios, explosiones que en este lugar han ocurrido.

En este lugar no es la única terminal de almacenamiento, existen muchas terminales de gas aumentando más el riesgo.

Se realizó un estudio de los puntos importantes del mantenimiento, un análisis funcional de la terminal, y se revisaron las recomendaciones eléctricas que a mi punto de vista son importantes para que mediante este ejercicio se determinen las precauciones que se devén de tener al realizar cualquier tipo de mantenimiento con la herramienta, conocimiento, destreza, equipo necesario para evitar cualquier tipo de incidente.

Como en cualquier lugar de trabajo, existe la necesidad de contar con personal altamente capacitado, esta terminal no es la excepción, ya que debe de contar con el personal que este conciente del riesgo en el que se esta exponiendo tanto la seguridad personal como la de del total del grupo de trabajadores, además de la seguridad de los colonos.

Es por esto el interés de este trabajo, ya que mediante de este conoceremos términos utilizados en el mantenimiento, equipos eléctricos, mecánicos, dispositivos de seguridad, que hacen funcionar a esta terminal de manera eficiente.

El mantenimiento es importante en cualquier sitio, en cualquier empresa o negocio, en cualquier lugar, hasta es fundamental en el buen funcionamiento del cuerpo humano, siempre que se necesite que algo o alguien funcionen correctamente, es totalmente indispensable aplicar un buen mantenimiento.

Aplicado adecuadamente el mantenimiento, puede rendir bastante bien cualquier sistema, dándonos grandes beneficios, tanto personales como, en general para todos aquellos involucrados en cualquier tipo de ejercicio, en cualquier caso, aplicar un buen mantenimiento siempre nos evitara un gasto innecesario y así mismo, una mejor y excelente producción.

Es esto exactamente lo que se pretende con este ejercicio de tesis, llevar a cabo una investigación en el cual se determine el buen funcionamiento de la terminal de almacenamiento y distribución satélite norte PEMEX refinación, el buen funcionamiento mediante la buena aplicación del mantenimiento, para evitar gastos innecesarios, pero lo mas importante, creo yo, tener la certeza de que esta terminal es segura para todos, tanto para los trabajadores, como para la gente que vive cerca de ésta.

Es por ello que se define el concepto de mantenimiento en el primer capítulo como prioridad, ya que es fundamental en cualquier aplicación. Además de mencionar algunos parámetros en los que esta terminal se basa para realizar el mantenimiento.



Posteriormente nos adentraremos en las instalaciones de la terminal de almacenamiento y distribución satélite norte, origen, capacidad de almacenamiento, capacidad de distribución, zonas de influencia, tipos de clientes.

En el siguiente capítulo veremos algunas recomendaciones eléctricas importantes que se deben de tomar en cuenta en cada uno de los trabajos de mantenimiento realizados en la terminal ya sean preventivos o correctivos, estas recomendaciones eléctricas se puede decir que son medidas de seguridad para prevenir accidentes. Por lo tanto cada trabajador involucrado en el trabajo de mantenimiento tiene que tener en mente todas estas recomendaciones eléctricas.

Por ultimo se establece una conclusión a partir de los resultados y de la información obtenida de la terminal, de esta manera se asegura que el objetivo principal de esta obra se cumpla satisfactoriamente.



CAPÍTULO 1



1. MANTENIMIENTO

1.1. Definición de mantenimiento.

Para comenzar con un mejor entendimiento del tema acerca del mantenimiento primero se llegara a una definición.

Existen varias definiciones de mantenimiento, aquí se interpreta la siguiente.

Es el proceso, mediante el cual un sistema se conserva en condiciones, que le permite realizar las funciones para las cuales fue diseñado.

Estos procesos o acciones que nos permiten mantener en condiciones idóneas a un sistema son determinadas desde el diseño de éste. A su vez dependiendo el tipo de proceso de mantenimiento se llegan a otras definiciones, ramificando el concepto de mantenimiento.

Cabe señalar que esta información es necesaria para entender el proceso de mantenimiento utilizado en la terminal de almacenamiento y distribución satélite norte.

A continuación se mencionan algunos términos relacionados con el tema

Mantenimiento correctivo.

Es el proceso mediante el cual se corrige una falla, un defecto, al llevar a cabo la reparación del sistema para que continúe con la función por la cual fue creado. También le podemos llamar mantenimiento no programado.

Mantenimiento preventivo.

Se realiza en tiempos ya determinados mediante el remplazo o la reparación de un sistema no importando su condición actual. También conocido como mantenimiento programado.

Ambiente.

Todas las condiciones que existen en un área determinada como son temperatura, humedad radiación, campos magnéticos etc.

Calibración.

Comparar un equipo de medición con una medida ya establecida.

Back lóg.

Trabajo que no se termino en el tiempo previamente programado

Confiabilidad.

Es el tiempo probable en el cual un sistema funcione sin ningún contratiempo.

Defecto.

Es una imperfección la cual produce inmediatamente una falla.



Disponibilidad.

Un sistema esta al alcance en función operable y confiable.

Emergencia.

Situación de peligro que requiere atención inmediata para evitar alguna catástrofe.

Falla.

Es el estado en el cual un sistema no esta operando como previamente se especifico.

Falla catastrófica

Perdida del sistema.

Mantenimiento programado

Procedimientos ya establecido en la vida de un sistema.

Mantenimiento productivo total

Este se realiza con la participación de todos los departamentos para mejorar la calidad de la producción y evitar perdidas de producción.

Mantenimiento de rutina

Este se realiza mediante la utilización de instrumentos simples de medición, toma de lecturas con termómetros, tacómetros, voltímetros, etc.

Orden de trabajo.

Documento en el cual se describe el tipo de mantenimiento a realizar, en donde, cuando, quien lo realiza, quien lo autoriza, medidas y equipos de seguridad, descripción del trabajo realizado, modo de falla, etc.

1.2 . Políticas de mantenimiento

En general se toman como referencia cuatro categorías de políticas de mantenimiento para poder así tomar decisiones en la gestión de mantenimiento.

En primer lugar se plantea la política de mantenimiento acerca de la asignación del trabajo.

1. Política con respecto a la asignación de trabajo.

Las asignaciones de trabajo, se determinan mediante la generación de un programa, según esta política debemos programar tanto como sea posible, analizando ¿que? y ¿por qué? Programar de esta manera se justifica la técnica y el costo de la operación.



Para generar un buen programa se debe considerar lo siguiente:

- Realizar una planeación conforme a las fallas que se considera las mas probables que ocurran.
- Realizar un estudio del mantenimiento preventivo vs. Paradas imprevistas.
- Tener en cuenta que mediante este programa se pueda mejorar el diseño, sustitución o cambios necesarios para disminuir las probabilidades de falla.
- Debido a situaciones inesperadas de falla en otros sistemas, se deben considerar los cambios necesarios en este.
- Para la realización de un programa ya se tienen que tener fijos los criterios en situación de prioridad.
- En las labores de mantenimiento se deben de considerar la unidad de medición horas-hombre los cuales deben de estar en disposición.
- Realizar una clasificación de todos los programas de menor a mayor con respecto al tiempo involucrado.
- Tener en cuenta la disposición de personal para atender otras emergencias u otras prioridades.
- Formar un programa maestro en los cuales se puedan modificar los programas diariamente.
- Todos los materiales a utilizar así como el personal y sus accesorios de trabajo deben estar en un punto de control.

Una vez realizado el programa o los programas se analiza su eficacia en el ámbito económico siempre que se ahorre dinero el programa es bueno, pero, en lo personal considero que los programas deben de aceptarse siempre que sean necesarios y llevar a cabo el programa con respecto a la unidad de trabajo, la cual se puede analizar mediante la jornada laboral o en horas hombre por semana.

El lapso de programación más recomendado es mediante el uso de un programa maestro para un mínimo de una semana con la disposición para cambiarlo a diario, una vez teniendo este, se debe de formalizar el requerimiento de trabajo al departamento de mantenimiento mediante un documento, el cual el personal capacitado debe de determinar sí el trabajo es complicado o no, si el trabajo es prácticamente sencillo, con un resumen basta, pero de no ser así, el requerimiento del trabajo se debe de ser detallado, además de contar con las horas-hombre necesarios y la disponibilidad de la herramienta o piezas a utilizar. Una vez concluido el trabajo se debe de retroalimentar la información con los datos del tiempo real de la terminación del trabajo.

Si en dado caso no se cumplió con la expectativa de concluir satisfactoriamente con el trabajo programado, es decir en “back lóg.” este deberá formar parte del nuevo trabajo programado.

Un punto importante que involucra a toda la planta es determinar cual es el programa de trabajo a realizar primero ya que cada departamento tanto el de producción o mantenimiento quisiera ser tomado en cuenta como prioridad, no hay más que llegar a un acuerdo mutuo donde los departamentos estén concientes y determinen sus prioridades, de no ser así el director de la planta deberá de tomar la decisión.



Es importante reconocer la gran importancia que tiene el mantenimiento preventivo, solo para justificar la utilización de éste, se debe de analizar en primer lugar el costo de este programa y en segundo lugar el porcentaje de la utilización del sistema que se esta manteniendo, ya que muchas veces resulta lo mismo en costo, realizar una reparación de una falla, que el mismo programa de mantenimiento, en este sentido la justificación es minima.

También cabe señalar la posibilidad de realizar reemplazos de unidad en el sentido que es mas barato reemplazar que reparar la falla o darle algún tipo de mantenimiento. Además, contamos con el personal capacitado y familiarizado con el equipo o sistema, éste, puede con su habilidad y experiencia detectar alguna anomalía por anticipado, de esta manera podemos bajar los costos y mejorar el buen funcionamiento del sistema.

Otro aspecto importante a considerar en la práctica de mantenimiento preventivo es utilizar los tiempos de reacondicionamiento de la unidad de la producción o aprovechar las interrupciones de ésta, en un cierto componente para realizar inspecciones o cambios en el sistema. Para esto, con anticipación, el personal ya tiene localizado por medio de la observación el tipo de inspección o cambio necesario.

Ingeniería preventiva.

La ingeniería preventiva, es una herramienta que se utiliza para reducir el tiempo en el que un sistema no opera. Esta herramienta no se usa con frecuencia ya que el personal de mantenimiento no se da el tiempo para analizar con profundidad las causas de las interrupciones de los sistemas.

Para mejorar nuestros sistemas de producción se deben de analizar con un gran esfuerzo las causas de las interrupciones para que con un rediseño, cambio de especificaciones, sustitución, se reduzcan las fallas y el costo que éstos generan.

2. Políticas con respecto a la fuerza de trabajo.

Esta política nos ayuda a tomar la decisión de elegir la fuerza de trabajo, propia o externa. Según esta política como primer elemento señala que se decidirá por aquella donde el costo sea el menor.

Y por otra parte se tomaran en cuenta ciertos aspectos como, la calidad, tipo, cantidad de trabajo, tiempo de realización, experiencia y disponibilidad de los trabajadores, condiciones del área de trabajo.

Un aspecto importante, si se diera el caso de elegir el trabajo externo se debe de estudiar la posibilidad de transmitir conocimientos técnicos de los procesos utilizados por los contratistas.

Cobertura de turnos.

Para la cobertura de los turnos, se manejan 3 turnos los 7 días a la semana, para cubrir con las tareas de mantenimiento, tales como mantenimiento no mayor, coleccionar



desperdicios, trabajos de limpieza etc. Además de los trabajos de mantenimiento preestablecidos.

Eficiencia del trabajador.

Otro aspecto muy importante a considerar es la eficiencia del trabajador, un hombre es más eficiente trabajando de día y dormir en la noche. Por esta razón el trabajo de mantenimiento se debe realizar en su mayoría en el turno de día. Para ello las plantillas de los trabajadores deberán de ser más grande en el día que de noche.

Una pérdida de eficiencia se da cuando el trabajador no se coordina con la actividad de producción. O que no se cuente con la herramienta necesaria y/o el equipo adecuado.

3. Política respecto a relaciones con otros departamentos.

La intención de esta política es que el personal de mantenimiento sea tomado en cuenta en la toma de decisión al adquirir los equipos de producción e interactúe abiertamente con personal de producción para así con la experiencia en conjunta se logre crear un mejor ambiente de trabajo y que las instalaciones sean más fáciles de manejar.

No se trata de influir directamente en el diseño del equipo sino de estudiar las especificaciones técnicas y recomendaciones del vendedor del equipo con respecto a refacciones y mantenimiento preventivo para diseñar los planes de mantenimiento y prevenir costos innecesarios.

Otro aspecto importante es la gran ventaja de utilizar la estandarización de los equipos ya que con ello se facilita el mantenimiento y la capacitación del personal, además de facilitar el inventario de las refacciones.

La autoridad para decidir el paro de los equipos, se debe de dar totalmente en común acuerdo entre mantenimiento y operaciones e inmediatamente producción debe de tomar en cuenta las recomendaciones otorgadas por mantenimiento debido a su conocimiento y experiencia.

Seguridad.

Queda claro que el personal de mantenimiento es el encargado de realizar las maniobras de reparación de los equipos. El departamento de seguridad es el encargado de desarrollar los programas, los cuales nos garantice que los equipos y los servicios en operatividad se encuentren en condiciones seguras, además de que el personal de seguridad debe de estar en alerta al riesgo en el que se encuentran al estar reparando un equipo en ciertas áreas de peligro. El personal de mantenimiento debe apegarse a estos programas para garantizar el éxito en cada trabajo. Cabe señalar que la solicitud de estos trabajos tendrá la máxima prioridad.



Para la instrumentación el cuidado y selección debe de ser responsabilidad directa del personal técnico que opera la planta ya que son ellos quienes cuentan con los conocimientos necesarios para ello.

4. Políticas con respecto a control

La utilización de un sistema de control es esencial en el área mantenimiento ya que con ello nos permite cuantificar y analizar los trabajos de mantenimiento y con ello realizar una comparación con los planes previstos. Una vez analizados, mejorar las políticas generales.

Estas políticas de mantenimiento, lo que busca básicamente es el control de costos. Y sus objetivos principales a lograr, mediante las políticas de control son: la evaluación del desempeño interno del personal, mejorar la funcionalidad de los equipos, distribuir los costos de reparaciones, cumplir con los impuestos, obtener un informe financiero de la planta, disminuir el esfuerzo de trabajo, reducción de los costos en general.

La comunicación en el trabajo de mantenimiento.

Es sumamente importante la comunicación en todas las relaciones de trabajo, para lograr unificar los criterios y resolver problemas. De esta manera se lograra con éxito el objetivo deseado.

Con respecto a la comunicación con los diferentes niveles de mando, se deben de establecer los términos claramente, con respecto a los límites de autoridad para que con ello se determine el alcance de la información necesaria en la toma de decisiones.

1.3 Estrategias de mantenimiento.

Mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Esencialmente es un método, el cual analiza que es, lo que se debe de hacer para garantizar que los equipos continúen haciendo lo que el operador necesite.

El análisis inicia en el estudio de las funciones de los equipos tales como: comprimir, bombear, calentar, etc. Y no en el equipo que realiza dicha tarea.

El siguiente paso consiste en que un grupo de trabajadores conformado por personal que conozca perfectamente el equipo, tal es el caso como (operador, mantenedor, programador, especialista) organizado y dirigido por un facilitador el cual conoce perfectamente el método. Analice las posibles fallas así como sus consecuencias



Con los resultados obtenidos se procede a realizar un plan de trabajo el cual nos facilitara la labor de mantenimiento, mediante tareas de mantenimiento, acciones de rediseño o sugerencias para evitar que el sistema falle.

Básicamente este método es aplicado en las áreas donde se encuentren los equipos críticos y complejos o donde los costos por mantenimiento sean elevados.

El análisis realizado para este método consiste en responder con hechos y no suposiciones las siguientes preguntas en el orden mostrado.

1. ¿Cuáles son las funciones de un equipo?
2. Determinar de que manera pueda fallar.
3. Identificar que causa esa falla.
4. Identificar las consecuencias de la falla.
5. Realmente, ¿Importa si falla?
6. ¿Qué se debe de hacer para tratar de prevenir la falla?
7. ¿Qué hacer en caso de no encontrar la acción preventiva?

Al responder estas cuestiones nos garantiza, obtener un mejor resultado en el análisis del método mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Inspección basada en riesgo.

La inspección basada en riesgo es otro método de análisis para garantizar un mejor programa de mantenimiento al mejor costo. Este análisis va dirigido especialmente a los equipos o elementos que son sometidos a presión o contenedores de producto, tales como: tuberías, tanques de almacenamiento, bombas, compresores, dispositivos de alivio de presión, válvulas de control, etc.

Por la importancia del análisis, éste debe de realizarse con el personal capacitado y que este familiarizado con los equipos o elementos a estudio como es el caso del personal que le da mantenimiento, el personal que opera, el especialista en mecanismos de falla, el supervisor de mantenimiento, el supervisor de operaciones, el personal de seguridad, el Ing. de procesos.

Como principio de cuentas este equipo de trabajo debe de tener claro la razón del análisis a realizar, bien identificados los equipos o elementos a estudio, seguir un cronograma de actividades, determinar las normas, estándares aplicables en el estudio y el periodo en el que estos serán validos, y una vez terminando el análisis determinar como serán utilizados los resultados.

Como resultado de este análisis se puede llegar a determinar la probabilidad de que una o mas fallas ocurran y sus consecuencias posibles, es también posible determinar si una o varias fallas no provoquen mayor problema a la seguridad, y al medio ambiente, o quizás una falla sea de tal grado que ponga en riesgo la seguridad y el medio ambiente.

El método de la inspección basada en riesgo, su análisis se enfoca directamente en la perdida de contención de los equipos sometidos a presión o contenedores de producto, debido al deterioro de los materiales y como resultado principal es disminuir las



probabilidades de que una falla ocurra. Cabe señalar que este análisis se realiza detalladamente pieza por pieza de cada equipo estudiado, para así garantizar la mejor confiabilidad.

Mantenimiento productivo total. “calidad total”

Este método de mantenimiento que se desarrollo en Japón, busca la mejora continua en el aprovechamiento operacional de todos los equipos de producción sin olvidar el área administrativa para garantizar un mayor crecimiento, es así como se involucra a la alta dirección y todos los niveles de organización para la realización de un buen trabajo en equipo.

Es necesaria la motivación, la capacitación continua y un buen entrenamiento para lograr establecer un sistema de mantenimiento que logre prevenir pérdidas ala empresa, y que a su vez tenga como misión alcanzar los niveles de “cero accidentes, cero defectos, y cero fallos” es por ello la gran importancia de involucrar a todos los niveles de organización, para lograr la máxima efectividad, sin olvidar garantizar las condiciones de trabajo y de seguridad de los trabajadores y la conservación del medio ambiente.

1.4 Orden de trabajo.

La orden de trabajo es un sistema documentado el cual nos permite llevar un registro sintetizado de las actividades a realizar cuya información nos permite: solicitar, programar, supervisar, ejecutar un trabajo.

La información contenida en este, nos ayuda a identificar rápidamente: el ejecutor del trabajo, costo, el tipo de trabajo que se realizara, el material que se necesitara, tiempo de realización del trabajo, elementos de seguridad, y la autorización.

Datos de la orden de trabajo.

Los datos que la orden de trabajo debe de tener son los siguientes:

Numero de la orden de trabajo.

Fecha de solicitud.

Centro de trabajo.

Quien solicita el trabajo.

Lugar de trabajo.

Dependencia.



Descripción del trabajo.

Antecedentes/ justificación.

Recomendaciones: del personal operativo, y del responsable de la ejecución del trabajo.

Fecha de inicio de trabajo. Fecha de terminación de trabajo.

Autorización de la orden de trabajo: autorizado por el responsable operativo, y por el responsable de la ejecución del trabajo, nombre fecha hora y firma.

Nombre y firma del personal ejecutor el cual queda enterado de las precauciones para realizar el trabajo y de la vigencia del permiso

Terminación de la orden de trabajo: nombre fecha y firma del responsable operativo, y responsable de la ejecución del trabajo.

A continuación se describe una orden de trabajo.



ORDEN DE TRABAJO				No:
				FECHA:
CENTRO DE TRABAJO:		LUGAR DE TRABAJO:		
SOLICITA EL TRABAJO:		DEPENDENCIA:		
DESCRIPCION DEL TRABAJO				
DESCRIPCION:				
ANTECEDENTES /JUSTIFICACION				
DEPARTAMENTO O ESPECIALIDAD QUE EJECUTARA EL TRABAJO				
RECOMENDACIONES Y PROCEDIMIENTOS APLICABLES PARA LA EJECUCION SEGURA DEL TRABAJO				
DEL RESPONSABLE OPERATIVO:				
DEL RESPONSABLE DE LA EJECUCION DEL TRABAJO:				
SE PLANEA INICIAR EL TRABAJO: FECHA: HORA: Y TERMINAR FECHA: HORA:				
AUTORIZACION DE LA ORDEN DE TRABAJO				
AUTORIZAN	NOMBRE	FECHA:	HORA:	FIRMA:
RESPONSABLE OPERATIVO				
RESP.DE LA EJECUCION DEL TRABAJO				
VIGENCIA DE LA ORDEN.	DESDE. FECHA:	HORA:	HASTA. FECHA:	HORA:
EL PERSONAL EJECUTOR QUEDA ENTERADO DE LAS PRECAUCIONES PARA REALIZAR EL TRABAJO Y DE LA VIGENCIA DEL PERMISO				
NOMBRE	FIRMA	NOMBRE	FIRMA	
TERMINACION DEL TRABAJO				
RESPONSABLE	NOMBRE	FECHA:	HORA:	FIRMA:
RESPONSABLE OPERATIVO				
RESP. DE LA EJECUCION DEL TRABAJO				

Fuente: Procedimientos para la autorización de trabajos en instalaciones industriales de la subdirección comercial. ING Guillermo Bertmeray. PEMEX refinación

1.5 Ejecución de mantenimiento preventivo y correctivo

El mantenimiento preventivo será realizado para que los equipos y sistemas continúen realizando sus funciones antes de que se presente una falla. Para ello ya sea realizado un plan de trabajo por un grupo planificador y el supervisor de mantenimiento, los cuales verificarán de que se cuente con los materiales, personal propio o contratistas, herramientas, refacciones, equipos especiales, necesarios para llevar a cabo esta tarea.

Lo que se busca en concreto con la ejecución del mantenimiento preventivo es reducir en lo más mínimo las fallas en los equipos.



Los ejecutores de esta tarea se guiarán con las indicaciones de la orden de trabajo además de utilizar sus conocimientos de los manuales técnicos de mantenimiento.

Para el caso del mantenimiento correctivo será realizado una vez que se presente la falla en los equipos o sistemas para reestablecer su función. Así mismo el ejecutor, también se deberá de guiar en la orden de trabajo y en sus conocimientos de los manuales técnicos.

En ambos casos tanto preventivo como correctivo se deberá de contar con la autorización por parte del área de Seguridad para dar inicio en las tareas de mantenimiento.

El personal de Seguridad son los encargados de verificar que se cumplan las normas que aplican en la ejecución del trabajo de inicio a fin. En caso de que no se cumpla con la normatividad, se negará la autorización para la ejecución del mantenimiento, y el supervisor deberá de identificar los motivos de la negativa y las acciones para cumplir con los lineamientos de seguridad, posteriormente, nuevamente solicitar la autorización.

Una vez concluido y aceptado el trabajo en los equipos o sistemas, se deberá de dar cierre al orden de trabajo, terminando así con la ejecución de mantenimiento ya sea preventivo o correctivo. Cabe destacar que es de suma importancia la información contenida en las órdenes de trabajo ya que esta será utilizada para llevar un control y dar seguimiento a los trabajos de mantenimiento.

1.6 Modulo PM R / 3 de SAP

¹Este modulo es un sistema programado utilizado por PEMEX Refinación el cual soporta la administración del mantenimiento.

Sus siglas:

PM: mantenimiento de plantas.

R/3: real time, configuración de tres niveles.

SAP: sistemas aplicaciones y procesos.

¹ Fuente: Manual del SAP jefatura de mantenimiento

Beneficios por los cuales se utiliza este modulo:

- Soporta la administración y la ejecución del mantenimiento dentro de un esquema de interacción efectiva con el resto de la organización
- Facilita la formulación de los presupuestos para mantenimiento y rehabilitación de las instalaciones y equipos



- Determina los insumos requeridos para el mantenimiento a partir de lo especificado en planes de mantenimiento
- Formula, integra y maneja el historial técnico de mantenimiento
- Emite informes y reportes estandarizados
- Registra y controla las causas del mantenimiento no realizado
- Integra la base de datos requerida por los programas de calendarización de inspección, rehabilitación de plantas de proceso y almacenamiento
- Control para asegurar el cumplimiento de la normatividad técnica, legal y de seguridad industrial
- Generación en tiempo real de requisiciones y traspasos de material, cargos financieros y contables, vínculo con proyectos, administración de recursos humanos, control de calidad y seguridad industrial
- Permite conocer el costo de cada actividad de mantenimiento
- Proporciona información para la elaboración más eficiente de los programas de mantenimiento y el cumplimiento de los mismos
- Disponibilidad de la información en tiempo real para agilizar y soportar la toma de decisiones
- Facilita el control de las diferentes fases del mantenimiento y del uso de los recursos involucrados, así como la aplicación de medidas correctivas mediante el mejoramiento de los procedimientos y uniformizando su aplicación en todo el sistema nacional de refinación (SNR).



CAPITULO 2



2 ANTECEDENTES DE LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y

DISTRIBUCION SATELITE NORTE PEMEX REFINACION.

2.1 Antecedentes Históricos.

OBJETIVO

Proporcionar información acerca del origen y la funcionalidad de TADSN así como su ubicación y zonas de influencia.

La terminal de almacenamiento y distribución satélite norte fue diseñada en el año 1978 y construida durante el periodo 1980-1984; sin embargo y derivado de los sucesos ocurridos en la planta de almacenamiento de gas en San Juan Ixhuatepec en noviembre de 1985 se diferió su puesta en operación hasta el 18 de Abril de 1991 es entonces que inicia operaciones con una capacidad de almacenamiento nominal de 545.000 bls a fin de garantizar la distribución de hidrocarburos en el área norte de la ciudad de México dando cumplimiento al esquema de modernización establecido por el Gobierno Federal del sector energético.

Esta terminal opera normalmente hasta noviembre de 1996 fecha en que se suscita un accidente en el área de tanques de almacenamiento, motivo por el cual se redimensionaron las instalaciones, disminuyendo en un 50 % la capacidad de almacenamiento y el incremento de un 45 % la capacidad de almacenamiento de agua contra incendio reiniciando operaciones en el mes de Julio de 1997

La terminal de almacenamiento y distribución satélite norte fue puesta en operación, el 18 de Abril de 1991 dentro del esquema de modernización establecida por el Gobierno Federal en el sector energético a fin de garantizar la distribución en la zona metropolitana de la ciudad de México y área conurbana. Se localiza al norte de La Ciudad de México en la avenida de San José No. 44 Colonia La presa San Juan Ixhuatepec Tlalnepantla estado de México.

Las instalaciones cuentan con una capacidad de almacenamiento nominal de 220.000 barriles y una capacidad operativa de 140.000 barriles misma que cubre la demanda de la zona de influencia.

Los productos que se almacena y se comercializa en esta terminal son: Gasolina Pemex Magna^{MR}, Pemex Diesel^{MR}, Pemex Premium^{MR}.

2.1.1 Zona de Influencia.

Esta terminal abástese con auto tanques propios a los clientes ubicados en la zona de influencia en el Distrito Federal las delegaciones Gustavo A. Madero, Cuauhtemoc y Venustiano Carranza; y en el Estado de México los Municipios de Tlalnepantla, Zumpango, Coacalco, Tultitlan, Tultepec, Tecamac, Ecatepec, Chiahutla, Teotihuacan, Tezoyuca, Texcoco y Tulpetlac.

En resumen, el área de influencia de este centro de trabajo comprende parte de la zona norte de La Ciudad de México y el Estado de México, donde se asienta una población aproximadamente de 3.4 millones de habitantes.

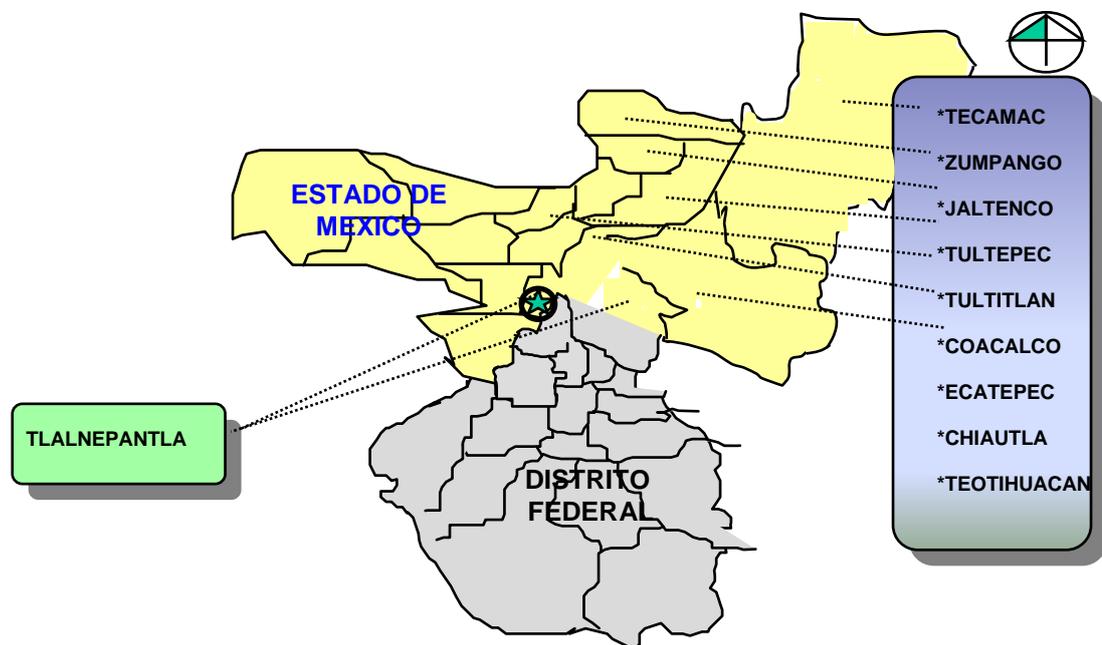


Figura 2.1 **Zona de influencia**
Fuente Jefatura de Mantenimiento TADSN

Para la transportación del producto la terminal cuenta con sus propios autos tanques con las siguientes características:

- 48 Auto tanques modelo 1999 con una capacidad de 20.000 litros cada uno
- 68 Operadores distribuidos en dos turnos
- Capacidad de reparto 34.000 barriles diarios
- Promedio de viajes por día 250
- Promedio de viajes por operador 3.7
- Distancia recorrida promedio por auto tanque 215Km. diarios

2.2 Instalaciones.

De las terminales de almacenamiento de la zona del valle de México la terminal satélite norte es la de menor dimensión. En la siguiente figura se ilustra un esquema de la terminal.

La cual recibe el producto de la terminal Miguel Hidalgo ubicado en Tula Hidalgo con una tubería de 16 “diámetro con una presión de 6Kg. / cm² y se almacena en los tanques de almacenamiento:

TV 3 PEMEX DIESEL Tanque de 100.000 BLS, (15.000m³) nominal. 55.000 BLS (8.745m³) operativa

TV 5 PEMEX MAGNA Tanque de 100.000 BLS (15.000m³), nominal. 80.000 BLS (12.720m³) operativa.

TV 6 PEMEX PREMIUM Tanque de 20.000 BLS (3.180m³) nominal. 5000. BLS (795m³) operativa

Capacidad nominal instalada 220.000 BLS (34.980m³) nominal

Capacidad operativa 140.000 BLS (22.260m³).



Figura 2.2 Esquema de instalación
Fuente Jefatura de Mantenimiento TADSN

2.2.1 Equipo de bombeo.

Casa de bombas y llenaderas.

Se cuenta con un total de 23 bombas con una capacidad de 400 GPM 10HP

En la posición de llenado se cuenta con

- 13 posiciones de magna.
- 05 posiciones de Diesel.
- 02 posiciones de Premium.
- 01 posición de diesel de auto consumo.

Haciendo un total de 21 posiciones en el área de llevaderas.

2.2.2 Esquema de comercialización

A continuación se presenta un esquema que explica de manera fácil y sencilla la manera en que esta terminal opera comercialmente con sus tipos y cantidades de clientes y el volumen de producto comercializado por mes en m³.

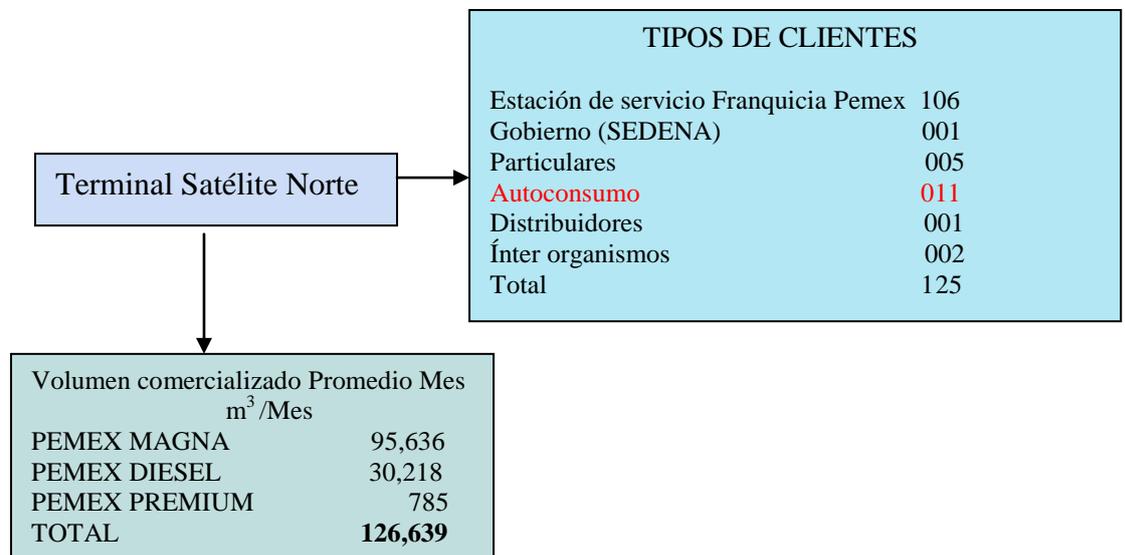


Figura 2.3 Esquema de comercialización
Fuente Jefatura de Mantenimiento TADSN



2.3 Sistema de automatización y control (SIMCOT)

El **Sistema Integral de Medición y Control** de operaciones en terminales (SIMCOT), esta basado en una arquitectura que permite integrar las funciones de control de operaciones con las de administración de la planta. Dicha arquitectura comprende los siguientes niveles.

1. Supervisor

- ✓ Interfase con SICCI
- ✓ Interfase grafica con el operador
- ✓ Monitoreo en tiempo real de las variables y funciones
- ✓ Recopilación de datos históricos y elaboración de reportes

2. Nivel de control (PLC´ S Y UCL´ S)

- ✓ Control de variables de proceso directamente del campo
- ✓ Elaboración secuencia lógica de carga de auto tanques
- ✓ Sistemas de medición de tanques de almacenamiento
- ✓ Control de válvulas

3. Nivel de instrumentación

- ✓ Medición directa de variables de proceso

2.4 Sistema de seguridad y protección contra incendio

La terminal esta protegida durante las 24 horas del día los 364 días del año, y para ello cuenta con equipo de bombeo, un paquete de presión balanceada, red de agua y red de espuma contra incendio. Estos sistemas se encuentran distribuidos estratégicamente en todas las áreas operativas de la terminal.

En el área de almacenamiento se tienen para la protección de los tanques de productos, cámaras de espuma, inyección sub.-superficial, y anillos de enfriamiento, en casa de bombas, unidad recuperadora de vapores y llevaderas de auto tanques, se cuenta con espreas para la aplicación de agua con espuma contra incendio. Tanques llenaderas y casa de bombas cuentan con detectores de mezclas explosivas,

La red contra incendios incluye todos los dispositivos para el ataque manual de incendios como son hidrantes y monitores. En las áreas administrativas se tiene distribuido el equipo portátil de protección y ataque de incendios.



Además de los equipos y sistemas descritos se cuenta con un camión de bomberos de tipo Servo Comando, un camión nodriza, un camión con motobomba boquilla Patriot II montada en remolque y una ambulancia.

Adicionalmente se cuenta con. Radios portátiles, sistemas de alarmas sectoriales, alarmas de alto nivel en tanques de almacenamiento de productos, membranas internas flotantes en tanques, unidad recuperadora de vapores, fosa separadora de agua-aceite tipo A.P.I., tratamiento de efluentes y guarnición militar.

2.5 Sistema integral y control contra incendios (SICCI).

El Sistema Integral de Control Contra incendio tiene como objetivo fundamental respaldar, que las actividades operativas que se desarrollan en las Terminales de Almacenamiento y Distribución, se efectúen dentro de los parámetros permitidos en los procedimientos y monitorear en tiempo real las condiciones de seguridad durante el desarrollo de éstas; para en su caso, alertar y responder a cualquier contingencia por derrame y fuego, de tal manera que:

El personal operativo y contra incendio exponga en menor medida su integridad física.

Se tenga una respuesta inmediata de los equipos de ataque contra incendio con la integración de sistemas de detección de humo, mezclas explosivas y fuego, así como el control de las válvulas operadas eléctricamente en forma remota.

Generar respaldos documentados (histórico) de los eventos que se presenten en las instalaciones.

Incrementar la confianza de la comunidad en el entorno donde se ubiquen las instalaciones Industriales, al contar con un Sistema Integral de Control Contra incendio.

Lo anterior mediante la selección de equipos de calidad y tecnología de punta aprobada y aceptada por los estándares internacionales.

2.5.1 Operación actual.

Las instalaciones de la Subdirección de Almacenamiento y Distribución por lo que respecta a Seguridad y Contra incendio, cuentan con sistemas de supresión de fuego en las áreas de riesgo.

Los sistemas están compuestos por una red de agua y una de agua-espuma, ambas independientes. Las redes inician en un tanque de almacenamiento de agua y líquido espumante respectivamente, pasando por un sistema de bombeo compuesto por una motobomba eléctrica principal y una motobomba de combustión interna de respaldo, así como por



las válvulas que alinean el sentido de líquido, terminando en los diferentes equipos de suministro como cámaras de espuma, difusores de inyección sub. Superficial, aspersores, monitores e hidrantes.

El sistema de agua contra incendio cuenta con un sistema de presurización fundamentado por una motobomba eléctrica “Jockey”, responsable de mantener la red de agua presionada para alimentar el sistema de aspersores (en llenaderas de A/T, descargadoras de A/T y casa de bombas), así como los anillos de enfriamiento en los tanques de almacenamiento.

Para el caso específico de la formación de la mezcla de agua espuma los centros de trabajo cuentan con un Paquete de Presión Balanceada, mismo que requiere de un tanque de almacenamiento y que por las características corrosivas del líquido espumante, debe ser de acero inoxidable, por lo que además la red de este sistema debe mantenerse vacía. La distribución de la misma se lleva a cabo de la siguiente manera:

- En Tanques de Almacenamiento la espuma se suministra hacia el interior del tanque por la parte superior a través de las Cámaras de Espuma (Inyección Superficial) y en caso de ser inefectivo este medio, se ejecuta por la parte inferior (Inyección Subsuperficial), ambas funcionando en forma independiente.
- En las áreas de: Poli ducto - Recibo y Medición; Casa de Bombas; Llenaderas de Auto tanques y Carro tanques; Descargaderos de Auto tanques y Carro tanques, a través de Aspersores.

La operación del sistema Contra incendio antes descrito está diseñada para operarse en forma manual, situación que incrementa el tiempo de respuesta a una contingencia y expone a riesgos adicionales a los trabajadores.

Por lo tanto, el SICCI además de cumplir con su función principal que es la de PREVENCIÓN con un sistema de monitoreo en tiempo real de las condiciones de operación de las instalaciones a través de subsistemas de detección de humo, mezclas explosivas y en su caso de fuego, apoyados por alarmas sectoriales (sonoro-luminosas), cubre la necesidad de responder de manera inmediata los ataques contra incendio, mediante la alineación de válvulas y arranque de motobombas de espuma y agua, evitando la exposición de trabajadores.

El SICCI debe contar con una interfase de comunicación con el Sistema de Control de Planta quien es el sistema responsable de ejecutar el paro de emergencia operativo a demanda expresa del Sistema de Seguridad y Contra incendio al presentarse un evento de fuego seguro, ejecutando la suspensión de las operaciones de descarga / carga de Auto tanques / carro tanques, cierre de las válvulas de salida de los tanques de almacenamiento y paro del equipo de bombeo.

2.5.2 Arquitectura SICCI.

Para el monitoreo de las condiciones de seguridad de las Terminales así como para el combate oportuno de incidentes por fuego, se considera la siguiente arquitectura del SICCI, basada en una red Ethernet en fibra óptica misma que integra el servidor de aplicación redundante, dos clientes delgados y un PLC/Controlador Industrial en configuración redundante y con nivel de integridad de seguridad SIL2 1002D, así como elementos primarios de detección, alarmas, control de válvulas y arranque remoto de los motores contra incendio.

Arquitectura SICCI

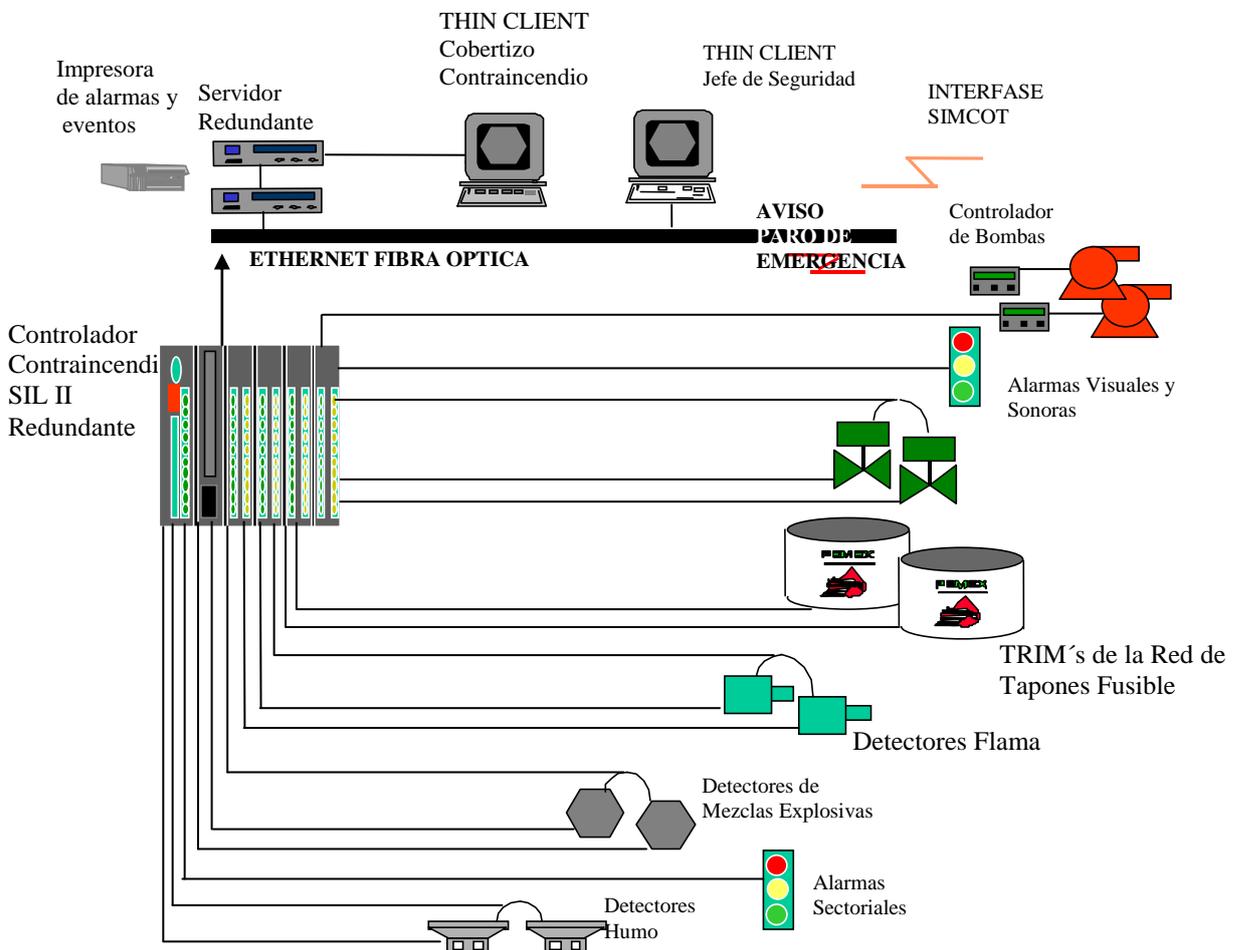


Figura 2.4 Arquitectura del SICCI

Fuente: Especificación Técnico Funcional SICCI II Junio 2004



La arquitectura planteada para el SICCI, en cuanto a la automatización de las Terminales de Almacenamiento y Distribución de PEMEX-Refinación, cuenta con dos niveles de control.

En el Nivel 1, se tienen elementos primarios de detección tales como: humo, mezcla explosiva, flama y detectores de temperatura, así como alarmas sectoriales, válvulas de contra incendio y arranque remoto de los motores contra incendio. Para el control de estos equipos, se establece una comunicación punto a punto entre el PLC/Controlador Industrial y los elementos de campo, cabe mencionar que el diagnóstico, se establece por medio de un lazo de comunicación.

El PLC/Controlador Industrial (redundante), debe contar con un nivel de integridad de seguridad SIL-2 1002D, certificado por TÜV, dentro del cual se incluye una interfase con el PLC/Controlador Industrial de operación para implementar y realizar paros de emergencia al SIMCOT.

Las alarmas por fuego (confirmado) registradas en el PLC/Controlador Industrial del SICCI, deben registrarse en el PLC de operación como paro de emergencia, efectuando éste último el cierre de válvulas y paro de bombas, conforme a lo especificado en SIMCOT-II.

El Módulo Procesador Principal del PLC/Controlador Industrial, lleva a cabo la ejecución de programas, el manejo de la memoria, el control de comunicaciones entre módulos y el "scanning" de las señales de entradas/salidas.

El Módulo de Comunicación con interfase a Ethernet permite que el PLC/Controlador Industrial transmita la información requerida hacia la red Ethernet del SICCI.

El Módulo de la Fuente de Poder suministra la energía a todos los módulos del chasis.

Los Módulos de Interfase de Comunicación, establecen la adquisición de información, así como el envío de instrucciones a los subsistemas tales como las válvulas electro hidráulicas.

Las Entradas/Salidas discretas y análogas son llevadas al PLC, para controlar y comunicar los sistemas de supervisión por medio de los módulos de E/S, el Chasis E/S y los adaptadores remotos de E/S.

El PLC se comunica con los dispositivos reales por medio de tarjetas estándares que se encuentran localizadas en los chasis de E/S.

La programación del PLC debe ser llevada a cabo mediante el uso de los programas estándares del fabricante.

El nivel 2, cuenta con el servidor redundante y los dos clientes delgados (thin client) instalados, uno en el cuarto de control maestro contra incendio y el segundo en la oficina del jefe de seguridad.



A través de la red de comunicación Ethernet, los Sistemas SICCI/SIMCOT intercambian información referente a las condiciones de operación así como las condiciones de seguridad de la Terminal (sin interferir en el control entre si).

La filosofía de operación del sistema permite mantener dos niveles de operación, uno automático y otro manual, mismos que se describen a continuación:

2.5.3 Nivel de operación automático.

Este nivel está compuesto por el Controlador Lógico Programable (PLC) y un Servidor, ambos redundantes y dos (2) Estaciones de Trabajo (Thin Client). Estos equipos están comunicados por medio de una red local, realizando el control y el monitoreo de la operación de los diferentes detectores y alarmas.

Estas Estaciones de Trabajo se deben localizar en:

- Cuarto de control maestro contra incendio (cobertizo).
- Oficina del Jefe de Seguridad.

El servidor redundante debe estar configurado en redundancia “Hot Backup” y bajo una configuración en disco tipo “shadowing”, cuyo funcionamiento se describe a continuación:

2.5.4 Redundancia del servidor.

La redundancia del Servidor "Principal" debe de realizarse mediante un Servidor "Secundario" independiente con las mismas características que el Servidor "Principal". El sistema de control debe tener la facultad de continuar con su operación normal en caso de que alguno de los procesadores de cualquier servidor deje de funcionar, razón por la cual ambos equipos deben estar trabajando simultáneamente, no obstante “el principal” es el encargado del funcionamiento completo, mientras que en “el secundario” (en espera), solo opera la parte del Sistema de la actualización de bases de datos, esperando convertirse en “principal”. Para que esto ocurra, la base de datos del sistema tiene que residir en ambos discos de almacenamiento para poder ser actualizada simultáneamente.

Esto último se logra asegurándose que todas las actualizaciones a la base de datos del disco “principal” sean automáticamente enviadas al disco “secundario” del servidor. En la eventualidad de que alguno de los CPU’ s no esté disponible, las actualizaciones deben ser almacenadas localmente en el disco principal y se envían al secundario cuando éste restablezca su operación normal.

Las estaciones de trabajo del SICCI se comunican con el Servidor Principal (ubicado en la Estación Maestra Contra incendio) por medio de la red Ethernet.

El propósito del servidor es que a través del software de aplicación específica y de la interfase hombre-máquina, se supervise el estado que guardan las variables del control



de la operación de los diferentes detectores, válvulas contra incendio, motores contra incendio y estaciones manuales de auxilio incluidas las alarmas sonoras y visuales.

El modo de operación nivel 2 puede perderse por las fallas siguientes:

Falla Física. Es la que se presenta en algún equipo informático/control incluyendo las redes de comunicación.

Falla Lógica. Todas las funciones críticas de programación del Sistema son monitoreadas continuamente, si se detecta que algún proceso se ha parado, que ha llegado a un estado de espera o no responde a mensajes válidos que le han sido enviados, se determina una falla lógica.

Falla bajo demanda. Puede ocurrir en situaciones donde el equipo informático/control es requerido por razones de mantenimiento.

2.5.5 Nivel de operación manual

Se establece este nivel de control, cuando por alguna razón la comunicación del PLC hacia la red Ethernet se interrumpe, por lo que el monitoreo del sistema a través de la interfase hombre-máquina también se interrumpe, por lo que se debe tomar el control de los instrumentos de campo de manera manual.

2.6 Sistema integral de administración de seguridad industrial y protección ambiental. (SIASPA).

Para dar soporte y asegurar el cumplimiento de la política de la seguridad así como su permanencia en el tiempo, fue necesario el diseño e implementación por PEMEX de un sistema integral de administración de seguridad y protección ambiental.

Cuyo objetivo es:

Mejorar el desempeño en materia de seguridad y protección ambiental en el corto y largo plazo e integrar su administración efectiva a la cultura de PEMEX, de manera consistente a la política institucional sobre seguridad industrial y protección ambiental.



2.6.1 Componentes de SIASPA.

A continuación se presenta la forma en que se compone SIASPA así como sus niveles para darnos un mejor entendimiento de su significado.

Componentes:

1. factor humano.

- ✓ Política liderazgo y compromiso
- ✓ Organización
- ✓ Capacitación
- ✓ Salud ocupacional
- ✓ Análisis y difusión de incidentes y buenas practicas
- ✓ Control de contratistas
- ✓ Relaciones publicas y con las comunidades

2. Métodos.

- ✓ Plantación y presupuesto
- ✓ Normatividad
- ✓ Administración de la información
- ✓ Tecnología del proceso
- ✓ Análisis de riesgos
- ✓ Administración del cambio
- ✓ Indicadores de desempeño
- ✓ Auditorias

3. Instalaciones.

- ✓ Planes y respuesta a emergencias
- ✓ Integridad mecánica
- ✓ Control y restauración.

Niveles

- ✓ Concientización.
- ✓ Diseño y desarrollo
- ✓ En proceso de implantación
- ✓ Sistema implantado
- ✓ En busca de la excelencia



CAPITULO 3



3 RECOMENDACIONES ELECTRICAS

El propósito de estas recomendaciones prácticas es de reducir los peligros por fuego originados por cargas estáticas, relámpagos y corrientes extraviadas.

Aspectos de seguridad industrial, salud ocupacional y protección ambiental.

El cuerpo humano es un conductor eléctrico y en atmósferas secas frecuentemente acumula cargas estáticas, resultando en altos voltajes, como puede ser varios miles de volts. Esta carga es generada por el contacto de los zapatos con el piso o por la participación en varias operaciones del proceso.

Protección Personal

- a. La seda y otras fibras sintéticas son excelentes aislantes y la ropa interior hecha de estos materiales muestran un fenómeno estático, no existen pruebas evidentes que indiquen que la ropa interior constituye un peligro, sin embargo, es preferible usar ropa de fibra natural (algodón), en caso que la persona este expuesta a fuertes radiaciones de calor por fuego.
- b. El uso de ropa externa de fibra natural (algodón) es de uso obligatorio.
- c. El retiro de la ropa externa en atmósferas inflamables debe evitarse, ya que una ignición puede ocasionarse con energía eléctrica baja.
- d. Cuando mezclas inflamables existen, un posible potencial de ignición de la carga es el cuerpo humano, y un medio para prevenir la acumulación de cargas estáticas en el cuerpo humano puede ser necesaria, evitando usar caucho, botas de caucho, zapatos de suela de caucho y zapatos de suela sintética no conductiva.
- e. Para efectos de la obtención de muestras o mediciones y con la finalidad de eliminar peligros de electricidad estática, aterrice el cuerpo tocando la superficie metálica que contiene el líquido como por ejemplo: barandales, plataformas, pared del depósito, tubería, etc.; asegurándose que el contenedor está enlazado o a tierra, no se use guante.

3.1 Los Peligros de la electricidad estática

El flujo de la electricidad durante su generación y acumulación puede producir diferencias potenciales de miles de volts, sin embargo el flujo eléctrico es pequeño, en el rango de miliomhs. Por esta razón los enlaces o tierra deben tener una resistencia grande como 1 megaohms (1 millón de ohms), para actuar como disipador del corto circuito con la finalidad de disipar la carga estática.

La primera manifestación de cargas estáticas, es la descarga por medio de chispas.



Inflamación por cargas estáticas.

Para que las cargas estáticas sean una fuente de ignición, cuatro condiciones deben presentarse:

- a. Un medio para generar la carga electrostática.
- b. Un medio de acumulación de cargas electrostáticas capaz de producir una chispa de incendio
- c. Una distancia de chispa.
- d. Una mezcla inflamable vapor - aire en la distancia de chispa.

El peligro de ignición de cargas estáticas por la presencia de una chispa, puede eliminarse controlando la generación o acumulación de la carga estática o eliminando la mezcla inflamable, en puntos donde la electricidad estática puede descargar como chispa.

Fuentes de ignición de cargas estáticas.

- Líquidos Inflamables y Combustibles.

La estática es generada cuando el líquido se mueve en contacto con otro material. Esto ocurre en operaciones de flujos a través de: tuberías; mezclado; bombeo a través de filtros; llenado de tanques, autotanques, carrotanques, buquetanques y verter un producto en recipientes.

Bajo ciertas condiciones los líquidos de hidrocarburo pueden acumular estática, si la acumulación es suficiente, la chispa estática puede ocurrir y si adicionalmente existe una mezcla vapor - aire, la ignición puede resultar.

- Mezclas Inflamables Vapor – Aire.

La probabilidad que la mezcla vapor - aire se inflame, depende de la presión vapor, temperatura de inflamación y temperatura de manejo del producto.

Estas propiedades son usadas para clasificar los productos refinados capaces de acumular cargas electrostáticas significativas, de la siguiente manera: productos de presión vapor baja; productos de presión vapor intermedia y productos de presión vapor alta.

a. Productos de presión vapor baja, son aquellos productos que tienen:

- Presión vapor baja;
- Punto de inflamación en copa cerrada igual o por arriba de 38°C.



Por ejemplo: aceites para hornos; querosina; combustible diesel; combustible comercial para turbinas de avión [Jet A (turbosina)] y solventes seguros.

Cuando estos productos, se manejan por debajo de su punto de inflamación, no generan vapores inflamables en estas condiciones. Sin embargo, una condición de ignición puede existir cuando se manejan por arriba de su punto de inflamación (por ejemplo en zonas tropicales o son contaminados con productos de presión vapor intermedia o alta, esto puede generar un switch de carga.

Productos de presión vapor baja, particularmente materiales tratados con hidrógeno u otros hidrocarburos ligeros, pueden producir mezclas vapor - aire inflamables en el espacio vapor, en el tanque de almacenamiento de techo fijo. Estas mezclas no siempre son detectadas en la prueba de inflamación, pero pueden ser censadas por un detector de gas.

En ciertas condiciones de manejo, productos de presión vapor baja, pueden producir nieblas; es decir inflamabilidad a temperaturas por debajo de su punto de inflamación del líquido. Sin embargo la energía requerida para la ignición debe ser alta.

b. Productos de presión vapor intermedia.

Son productos que pueden crear mezclas inflamables en espacios vapor a una temperatura ambiente y están dentro del siguiente rango:

- Presión vapor por debajo de 4.5 libras por pulgada cuadrada absoluta (31 kilo pascales),
- Punto de inflamación en copa cerrada menor de 38 ° C.

Ejemplo de estos productos son: combustible de aviación comercial (Jet B), combustible para turbina de aviones militares [JP-4(TF-4)], y solventes como el xileno, benceno y tolueno.

Cuando los productos se manejan a temperaturas extremas en el rango entre 2°C y 38 °C, mezclas inflamables pueden crearse en el espacio vapor.

c. Productos presión vapor alta.

Son aquellos comprendidos dentro de:

- Presión vapor por arriba de 4.50 libras por pulgada cuadrada absoluta (31 kilopascal);
- Punto de inflamación en copa cerrada menor de 38 °C.

Ejemplo: aviones y gasolina para motores y naftas de alta presión vapor.

Bajo climas templados o tropicales, la mezcla vapor - aire en la superficie del líquido esta por arriba de su límite superior de inflamabilidad. En consecuencia, si la chispa ocurre no hay ignición, sin embargo, si estos líquidos son manejados a temperaturas ligeramente por arriba de su punto de inflamación, la ignición es posible.



En general, cuando un líquido es manejado a una temperatura en que la mezcla vapor – aire en la superficie del líquido se aproxima a la mitad del camino entre los límites inferior o superior de inflamabilidad, las condiciones son óptimas para la ignición.

3.1.1 Switch de carga y condiciones especiales.

Cuando productos de presión - vapor baja son introducidos en depósitos que contienen vapores inflamables de uso anterior o por arriba del límite inferior de inflamabilidad, es comúnmente llamada switch de carga, como por ejemplo cuando diesel es bombeado a un compartimiento que anteriormente contenía gasolina, los vapores de gasolina gradualmente se disipan y no son reemplazados por los vapores de diesel.

El switch de carga ocurre más frecuentemente entre un cuarto a un tercio del compartimiento, cuando la temperatura esta cercana a $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ En dichos casos el enlace o tierra no es efectivo.

Otras situaciones peligrosas pueden ocurrir bajo ciertas condiciones, por ejemplo:

- a. Extremas temperaturas (cuando productos de presión vapor alta están fríos o bien, productos de presión vapor baja están calientes).
- b. Contaminación con otros hidrocarburos, vapores o líquidos (por ejemplo, switch de carga o separación de hidrógeno en el tanque).
- c. Condiciones que formen niebla o espuma.
- d. En ciertas situaciones con auto tanques vacíos.
- e. Inadecuado manejo de las líneas de producto, antes que otro producto sea introducido.
- f. El peine de carga o descarga con válvulas de by pass son inadvertidamente operados, formando mezclas.

3.1.2 Velocidad de los fluidos como generadores de cargas estáticas.

La acumulación de cargas estáticas en los líquidos está relacionada con la velocidad del mismo en la tubería. La velocidad del fluido multiplicada por el diámetro interno de la tubería de llenado, es un mejor criterio para determinar la acumulación de cargas estáticas que la velocidad lineal.

Filtros capaces de remover partículas de micrones como por ejemplo teflón, papel, arcillas o mallas metálicas de 150 micras o menos (más de 100 mallas por pulgada) son



considerados prolíferos generadores de estática, requiriéndose de un mínimo de 30 segundos como tiempo de relajación aguas abajo del filtro al punto de descarga.

En el interior de los recipientes (tonel del autotank, carrotank, tanque de almacenamiento, buquetank, etc.), no deben existir objetos que no estén enlazados, estos deben ser removidos.

3.1.3 Gases.

Cuando los gases fluyen y están contaminados con óxidos metálicos o partículas de escamas, etc., o con partículas líquidas o pulverizadas, puede ocurrir electrificación. Una corriente de estas partículas contenidas en el gas al chocar contra objetos conductivos cargan a este último a menos que el objeto este a tierra o enlazado a la tubería de descarga en contacto con la tierra. Si la acumulación es suficiente, una chispa estática puede ocurrir, si ésta se presenta cuando existe una mezcla vapor - aire inflamable, una ignición puede suceder.

- Polvos y Fibras.

La generación de cargas estáticas es comúnmente observada durante el manejo y proceso de polvos y fibras en las industrias.

3.1.4 Auto tanques.

- a. Un resumen de precauciones recomendadas para la carga de auto tanques es mostrada en la Tabla 3.1, para una completa discusión de recubrimientos, muestreo, medición, filtros y cámaras de relajación relacionadas con auto tanques.
- b. En el área de llenado, la instalación eléctrica deber ser Clase 1 División 2 Grado D para gasolinas, el área de División 2 se extiende dentro de 7.6 metros, hasta un altura de 7.6 metros, a menos que el cableado este dentro del rango de 0.9 metros de un posible domo abierto o carga por abajo con ventilación atmosférica, en este caso la División debe ser 1.
- c. Si el auto tanque tiene censor por alto nivel (térmico u óptico) debe quedar a tierra y su instalación eléctrica debe ser Clase 1 División 1 Grado D.
- d. Para el llenado por el domo o por el fondo, el sistema de enlace o tierra puede operar con señales de luces o mediante un sistema de candado eléctrico para prevenir que la bomba de carga inicie, hasta que exista un buen enlace o a tierra.
- e. Una resistencia de 1 mega ohms en el enlace o tierra es adecuado para disipar la estática.



Tabla 3.1 **Resumen de Precauciones para la Carga de Auto tanques**

Presión vapor del producto acarreado antes de la carga	Presión Vapor de los Productos a Cargar					
	Bajo (ver nota 2)		Intermedio (ver nota 3)		Alta (ver nota 4)	
	carga por arriba	carga por el fondo	Carga por arriba	Carga por el fondo	carga por arriba	Carga por el fondo
bajo	ver nota 5	ver nota 5	a,b,c,e,f,g	b,d,e,f,g	a,f	d,f
intermedia	a,b,c,e,f,g	b,d,e,f,g	a,b,c,e,f,g	b,d,e,f,g	a,f	d,f
alto	a,b,c,e,f,g	b,d,e,f,g	a,b,c,e,f,g	b,d,e,f,g	a,f	d,f

Fuente: Recomendaciones prácticas sobre la electricidad estática, relámpagos y corrientes extraviadas del Ing. Héctor Javier López Rodríguez.

Precauciones:

- Un enlace de alambre es requerido entre la tubería de llenado y el autotanque o el autotanque a tierra antes que el domo sea abierto. Todas las partes metálicas de la tubería de llenado deben estar unidas para formar una continuidad eléctrica con el tubo que baja al tonel. El domo debe estar cerrado antes de que el enlace o tierra sea removido.
- El tanque debe ser inspeccionado con la finalidad de establecer si objetos conductivos no están enlazados, estos deben ser removidos.
- El producto únicamente debe ser cargado a través de la tubería de llenado, que esta en contacto con el fondo del tanque. Si la tubería de llenado no alcanza el fondo, la velocidad del líquido en la tubería de llenado debe ser limitada a 1 metro por segundo hasta que esté sumergida. El salpicado durante el llenado debe evitarse.
- Para cargas por el fondo, baja velocidad del líquido o deflector de salpicado se deben usar para prevenir un salpicado hacia arriba y minimizar la turbulencia en la superficie.
- La velocidad de carga debe estar limitada de 4.5 a 6 metros por segundo, o el valor obtenido de la siguiente ecuación, el que resulte menor.

$$v=0.5/d$$

Donde:

- v = la velocidad máxima, en metros por segundo
- d = diámetro interno del tubo de llenado, en metros



- f. Mínimo un minuto debe permitirse antes que el auto tanque cargado sea medido o muestreado a través del domo.
- g. Un mínimo de 30 segundos de tiempo de relajación debe ser proporcionado al tubo de llenado, cuando filtros o malla de alambre tengan un poro menor de 150 micrones (más de 100 mallas por pulgada).

Nota 1

Las precauciones indicadas arriba no son aplicables a la carga de aceites crudos, aceites residuales, asfaltos (incluyendo cortes negros), productos solubles en agua tales como alcoholes, o productos que contienen aditivos antiestáticos. Estos materiales no acumulan cargas estáticas peligrosas.

Nota 2

Productos de presión vapor baja, son aquellos con punto de inflamación igual o por arriba de 38° C: por ejemplo, aceite para hornos, querosina, combustible diesel, Jet A (turbosina).

Nota 3

Presión vapor intermedia, son aquellos con inflamación por debajo de 38° C y que tienen una presión vapor Reid por debajo de 31 kilopascal (4.5 libras/pulgada cuadrada): por ejemplo, Jet B, JP-4, benceno, tolueno y xileno.

Nota 4

Productos de presión vapor alta, son aquellos con inflamación por debajo de 38° C y que tienen una presión vapor Reid por arriba de 31 kilopascal (4.5 libras/pulgada cuadrada): por ejemplo, gasolina de aviación, gasolina de motor, nafta. Si el producto de alta presión vapor es manejado a una temperatura baja, el espacio vapor puede estar dentro de un rango inflamable. Bajo estas condiciones, la carga debe de ser manejada como un producto de presión vapor intermedia.

Nota 5

Si el producto de presión vapor baja es manejado a temperaturas por arriba de su punto de inflamación o es contaminado con productos de presión vapor alta o intermedia, la carga debe manejarse como se describe para productos de presión vapor intermedia. Altas velocidades crean salpicado en la carga de productos de presión vapor baja, esto debe evitarse, puede generar niebla inflamable.

- Llenado por el Domo.

Para el llenado por el domo, las siguientes consideraciones deben ser observadas:

- a. Todas las partes metálicas como son: garza, tubería o estructura de carga, deben estar enlazadas o aterrizadas. (ver figura 3.2).

Los codos giratorios no requieren alambre de enlace, siempre y cuando no estén aislados (ver las recomendaciones del fabricante).

- b. El enlace o aterrizaje debe realizarse antes de abrir el domo y debe de permanecer hasta que el domo sea cerrado, una vez finalizada la carga.

- c. Antes de iniciar la carga, debe verificarse que no existan objetos sin enlazar, por ejemplo: termómetros, estos objetos deben de ser removidos.
- d. El tubo de carga debe de tener un ángulo de corte de 45°, con la finalidad de reducir el salpicado del producto. El tubo debe tocar el fondo del tonel del autotanque, si esto no es posible la velocidad de líquido debe de ser limitada a 1 metro por segundo hasta que el tubo este sumergido, posteriormente podrá incrementarse la velocidad entre 4.5 y 6 metros por segundo, siempre y cuando:

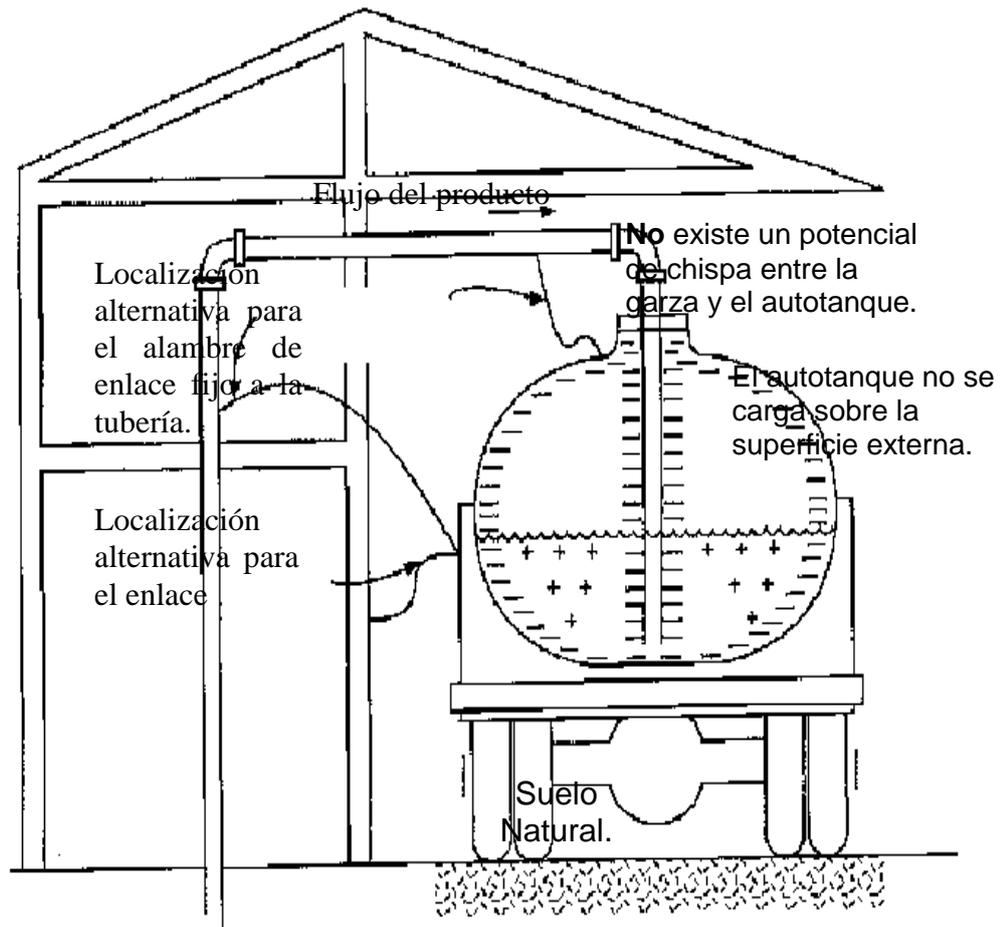


Figura 3.2 Llenado por el domo

Fuente: Recomendaciones prácticas sobre la electricidad estática, relámpagos y corrientes extraviadas del Ing. Hector Javier Lopez Rodriguez.

$$Vd. < 0.5$$

Donde: v = velocidad, en metros por segundo,

d = diámetro interno de la tubería de descarga, en metros.



- e. Si el llenado se efectúa con una manguera no conductiva, pero con un cople metálico en el extremo, debe evitarse a menos que el cople este enlazado a la tubería de llenado.
- f. Si la filtración en el combustible es realizada a través de microfiltros o malla de alambre de 150 micras o menos (mas de 100 mallas por pulgada), un período de 30 segundos es requerido entre el filtro y la garza de llenado.
 - Llenado por el Fondo.

La carga por el fondo en autotanques tiende a reducir la posibilidad de peligros electrostáticos, sin embargo las siguientes consideraciones deben tomarse en cuenta:

- a. De utilizarse sistemas de control shut off (corte rápido) secundarios (sistema térmico u óptico) el pin 10 debe ser utilizado y la tierra auxiliar debe ubicarse en el pin 9 del enchufe (plug), en el vehículo como en el equipo de la isla de carga.
- b. Si el enchufe es utilizado como permisivo para operar la válvula de control, como por ejemplo cuando una bomba alimenta a más de una isla, antes de iniciar cualquier operación debe instalarse el enlace entre el tonel y la tubería o estructura, o aterrizar el autotanque, el cual debe permanecer durante toda la operación hasta retirar el brazo de carga.
- c. Al inicio de la carga salpicado hacia arriba puede presentarse, este debe ser controlado mediante deflectores de salpicado u otro dispositivo, si esto no es posible se debe reducir la velocidad de llenado a 1 metro por segundo inicialmente, incrementando posteriormente la misma, cuidando que:

$$vd < 0.5$$

Donde: v = velocidad, metros por segundo

d = diámetro interno de a tubería de descarga, en metros.

Los productos de baja presión vapor pueden formar nieblas inflamables, si no es controlada la velocidad.

- d. Es importante que los promotores de chispas (por ejemplo, varillas de medición u otros conductores metálicos) estén conectados al fondo del tanque por un alambre o enlace.



- Cuando el Enlace o Tierra no es Requerido

Esto puede presentarse:

- a. El vehículo es cargado con productos que no acumulan cargas estáticas, como son: la mayoría de aceites crudos, aceites residuales, asfalto y líquidos solubles en agua (alcoholes).
- b. Cuando los vehículos son usados exclusivamente para transportar líquidos Clase II (punto de inflamación igual o mayor de 38° C., pero menor de 60° C), por ejemplo diesel o turbosina (Jet A) o Clase III A (temperaturas de inflamación igual o mayor a 60° C y menor de 93.4° C) y Clase III B (aquellos que tienen punto de inflamación igual o por arriba de 93.4° C.), por ejemplo combustóleo, en llenaderas que no manejan líquidos Clase I, por ejemplo gasolinas.
- c. Cuando el vehículo carga o descarga a conexiones cerradas.

- Transportación en Carretera

En condiciones normales el transporte en carretera, no crea cargas estáticas peligrosas en los compartimientos de los autotanques, sin embargo las siguientes precauciones deben considerarse:

- a. Autotanques sin mampara no deben ser cargados parcialmente.
- b. La estática de un vehículo en movimiento es generado en el punto de separación de las llantas con el pavimento, esto es significativo con altas velocidades de operación cuando las llantas y el pavimento están secos.
- c. Las cadenas de arrastre no son un medio efectivo para drenar cargas estáticas, su uso no debe requerirse.

3.1.5 Descarga

No se requiere un enlace o tierra externa cuando se descarga líquidos inflamables en tanques bajo tierra, a través de una conexión cerrada.

- Entrega en Estaciones de Servicio



- a. La experiencia en el llenado de equipo automotriz, indica que peligros por ignición estática no se presentan.
- b. Enlace entre el autotanke que distribuye el producto y el tanque bajo tierra no es requerido, siempre y cuando la boquilla de la manguera se mantenga en contacto con la tubería de llenado.

3.2 Tanques de almacenamiento.

Tanques de almacenamiento conductivos (metálicos).

- Control de Cargas Estáticas

Los tanques de almacenamiento son generalmente de dos tipos: aquellos que tienen espacio vapor (techo fijo sin membrana interna), y aquellos que no tienen sustancialmente espacio vapor (techo fijo con membrana interna o tanques con techo flotante).

- Tanques que tienen Espacio Vapor

Los siguientes cuidados deben considerarse:

- a. Salpicados exagerados deben prohibirse, excepto cuando el líquido inflamable no acumula estática, como por ejemplo el aceite crudo.
- b. La tubería de llenado debe descargar lo más cercano al fondo y debe estar diseñada para reducir la turbulencia al mínimo, en general, la corriente de entrada preferiblemente debe ser horizontal para reducir la agitación del agua y sedimentos sobre el fondo del tanque.
- c. El límite de velocidad del líquido entrante en un tanque vacío, debe ser de 1 metro por segundo, hasta que la tubería de llenado este sumergida 2 diámetros de la tubería, ó 0.6 metros la que resulte menor, a partir de este momento puede incrementarse la velocidad del flujo.
- d. El bombeo de cantidades sustanciales de aire u otro gas dentro de un tanque, que tiene espacio vapor debe evitarse, el burbujeo de un gas a través de un líquido inflamable puede generar cargas y relevarse en la superficie del líquido.
- e. Si el tanque contiene mezcla vapor-aire inflamable de uso anterior, el tanque puede hacerse seguro de explosión por ventilación, llevándolo a un 50% del límite inferior de inflamabilidad, de otra manera un switch de carga puede presentarse al introducir productos de presión vapor baja.



- f. Se debe tener cuidado de eliminar cualquier objeto flotante conductivo, flotadores de cintas, vasos muestreadores que no estén aterrizados, removiendo los mismos.
- g. Cintas de tele medición y alarmas por alto nivel deben estar aterrizados.

3.2.1 Tanques de almacenamiento que no tienen sustancialmente espacio vapor.

Cuando líquidos inflamables son bombeados dentro de un tanque con membrana interna o techo flotante, las medidas de protección indicadas en el marco normativo son aplicables hasta que el techo esta flotando, es conveniente observar que la velocidad no debe rebasar 1 metro por segundo hasta la flotación de la membrana o techo, posteriormente no se requieren precauciones especiales.

Sin embargo, debe asegurarse que el techo flotante este en contacto metálicamente con la pared del tanque. Para tanques de techo fijo con membrana flotante interna se requieren enlaces de cable metálico entre la cubierta flotante y el techo fijo, así como tiras metálicas o resguardo metálico de medio ambiente entre la cubierta y el cuerpo del tanque.

3.2.2 Tierra en tanques.

Para tanques que no están en contacto con el suelo, la resistencia de la tierra puede ser alta como 1 megaohm (1 millón de ohms).

Para tanques que no están directamente soportados al suelo, mínimo deben tener 2 conexiones a tierra.

3.2.3 Mezclado en tanques

- a. Propelas de baja velocidad no evidencian problemas de generación de estática.
- b. Si se usa chorro o propela de alta velocidad para el mezclado, se pueden remover el agua del fondo, la cual se fija en el aceite, generando cargas estáticas.



- c. Si mezclas inflamables existen en la superficie, la ignición es posible.
- d. Si chorro es usado para el mezclado, debe evitarse que rompa la superficie del líquido.
- e. Tanques con techo flotante, son deseables para el servicio de mezclado, al eliminar el espacio vapor.

3.2.4 Tuberías.

- a. En áreas donde mezclas vapor-aire inflamable pueden existir, secciones aisladas de tuberías metálicas deben ser enlazadas o puestas a tierra con el sistema, para prevenir chispas externas que puedan producir ignición.
- b. Enlace no es necesario en tubería metálica flexible o juntas giratorias metálicas cuando están lubricadas, pero un enlace debe ser instalado cuando únicamente el contacto de la superficie es hecha de material aislante no metálico.

Muestreo, medición y dispositivos de nivel.

- a. Al tomar una muestra o medición manual (nivel o temperatura), aterrice su cuerpo como se indica en el marco normativo.
- b. El cordón utilizado para el vaso muestreador, no debe transferir cargas estáticas, debe ser de algodón.
- c. Al realizar una medición manual de nivel o temperatura, antes de abrir la escotilla (autotanque, carrotanque o tanque), enlace la cinta de medición o termómetro electrónico portátil a la tierra de la vasija.
- d. Nunca tome muestras o mediciones con tormentas eléctricas.
 - Auto tanques y Carro tanques
- a. Cuando condiciones de vapor inflamable pueden existir, se requiere diferir 1 minuto o más, la medición o toma de muestra para combustibles que acumulan estática.
- b. Períodos mayores a 1 minuto pueden ser convenientes para líquidos de conductividad muy baja, tal como solventes claros e hidrocarburos de grado químico.



- Tuberías

- a. La toma de muestras en contenedores metálicos abiertos, es análoga al llenado por arriba de auto tanques, en donde la tubería de drenado y la probeta o bote de toma de muestra deben estar enlazados.
- b. Si un contenedor de muestra es no conductivo (plástico o vidrio), debe utilizarse una varilla conductiva enlazada a la tierra de la línea, dentro del líquido.

- Tanques

- a. Mediciones o muestreos a través de la entrada hombre en el techo u otra apertura en el mismo, con objetos conductivos debe evitarse hasta que el llenado haya terminado y la turbulencia sobre la superficie este calmada, dependiendo de las características del líquido, el tamaño del tanque y la velocidad de llenado, un periodo de garantía de 30 minutos a 60 minutos pueden requerirse para que las cargas sobre la superficie se disipen a un nivel seguro.
- b. Mediciones y muestreos pueden llevarse a efecto en cualquier momento si una tubería de sonda metálica se extiende al fondo del tanque, donde el campo electrostático confinado por la sonda de la tubería es pequeño para causar chispa.
- c. Los dispositivos de medición automática en vasijas pueden usarse en forma segura, cuando el líquido acumula estática con una atmósfera inflamable, siempre que el flotador se enlace a la pared de la vasija.

- Descenso Seguro dentro de Tanques de Techo Flotante en Servicio.

Cuando se utiliza un reductor o extractor para desalojar mezcla vapor-aire inflamable, en tanques con techo flotante interno, con techo fijo o techos flotantes sin techo, el mecanismo de ventilación debe estar adecuadamente enlazado a la tierra del tanque para eliminar cualquier acumulación electrostática,

3.3 Peligros electrostáticos.

- Bandas

- a. Las bandas de caucho, cuero u otro material aislante, moviéndose a moderadas o altas velocidades, pueden generar considerables cantidades de electricidad



estática, motivado por la separación de la banda de la polea (independientemente que sea conductiva o no conductiva).

b. Si la polea esta hecha de material conductivo, la carga normalmente se disipa a través de la flecha y balero a tierra y no ofrece peligros de ignición, si la maquina o el balero están compuestos de material aislante como el nylon, el enlace a tierra debe requerirse.

c. La acumulación de cargas estáticas en la banda puede eliminarse usando materiales conductivos o haciendo conductiva la banda mediante aditivos.

- Tambores y Botes Metálicos

a. El llenado de tambores y botes es análogo al llenado de auto tanques

b. En el llenado de un tambor o bote metálico, la boquilla o tubo de llenado debe estar en contacto con la abertura de llenado. Si un embudo, filtro u otro dispositivo conductivo (metal) es utilizado, éstos deben de estar en contacto con la boquilla de llenado y el contenedor, para evitar la posibilidad de una chispa en la abertura de llenado. Bajo estas circunstancias precauciones adicionales deben suministrarse con un alambre de enlace entre el contenedor y la conexión de llenado.

c. La necesidad de extender la descarga hasta el fondo del contenedor, no se ha demostrado por la experiencia en contenedores hasta de 55 galones (208 litros).

d. Cuando el contacto no puede ser mantenido entre la tubería de llenado y el contenedor, y los dos no están inherentemente enlazados, un enlace de alambre entre los dos debe ser establecido.

e. El enlace no es requerido cuando un contenedor es llenado a través de un sistema cerrado.

3.3.1 Contenedores y materiales no conductivos

- Tambores y Botes no Conductivos

a. El manejo de materiales inflamables en contenedores plásticos en el rango de 5 a 55 galones (19 a 208 litros) de capacidad son potencialmente peligrosos. Al llenarse el contenedor, cargas se generan por salpicado, turbulencia o filtrado,



acumulándose sobre la superficie del líquido o componentes conductivos aislados de la tierra.

Cargas pueden generarse por la fricción externa sobre la superficie del contenedor en el embarque o manejo.

- b. Si un contenedor no conductivo debe ser usado, un electrodo de descarga debe estar presente en el llenado, este puede consistir en una tierra sumergida en la tubería de llenado o un alambre aterrizado, y debe permanecer mínimo 30 segundos después del mismo.
- c. Todos los componentes conductivos como embudo deben estar aterrizados durante el llenado.
- d. Las velocidades de llenado deben minimizarse, particularmente si filtros aguas arriba están presentes.
- e. Tambores o sacos plásticos no deben usarse para transferir lodos que contengan líquidos inflamables.

- Superficies Conductivas

- a. Placas o fundas plásticas no deben usarse cuando vapores inflamables pueden estar presentes.

- Recubrimientos Internos

Recubrimientos delgados de pintura o plásticos o una capa de óxido de aluminio sobre la parte interna del barco o tanque de almacenamiento no constituye un peligro electrostático.

3.4 Gases.

- a. Cuando el gas que fluye está contaminado con óxido metálico o escamas, etc., o con partículas líquidas o pulverizadas, electrificación puede resultar, una corriente de estas partículas directamente contra un objeto conductivo es cargado a menos que el objeto esté aterrizado o enlazado a la tubería de descarga.
- b. Cuando un gas está en un sistema cerrado de tubería y equipo, el sistema puede carecer de enlace eléctricamente, excepto cuando una sección conductiva eléctricamente queda aislada.



- Aire Bajo Presión

El compresor de aire contiene partículas de vapor de agua condensada, las cuales manifiestan electrificación fuerte cuando escapan.

- Dióxido de Carbono

- a. El dióxido de carbono, descarga como líquido en los orificios bajo alta presión, generándose una acumulación de cargas estáticas en el contenedor que lo recibe.
- b. El dióxido de carbono a una alta presión no debe descargarse en atmósferas inflamables, ya que presenta un alto riesgo por ignición.

- Mezclas Aire-Hidrógeno y Aire-Acetileno

- a. Las mezclas aire-hidrógeno y aire-acetileno pueden tener ignición por una energía de chispa de una cantidad pequeña como 0.017 milijoule.
- b. En estado puro, no se generan cargas estáticas por el flujo de hidrógeno, el estado gaseoso es comercialmente manejado en la industria, si el hidrógeno está contaminado con partículas de óxido y estas son llevadas dentro de las tuberías o contenedores, se puede generar cargas estáticas con posible ignición.

- Gas Líquido del Petróleo (GLP)

Un enlace no es requerido cuando autotankers son cargados o descargados en una conexión cerrada, es decir, no releva vapor en un punto cuando la chispa ocurra independientemente si la manguera o la tubería usada es conductiva o no conductiva.

3.5 Polvos.

- Limpieza de Superficies Metálicas con Material Abrasivo

- a. Durante el limpieza con material abrasivo a superficies metálicas, estática es generada por el polvo que fluye a través de la boquilla de la manguera y la



maquinaria de limpieza, enlace debe ser suministrado entre la boquilla, maquinaria y la superficie de trabajo.

- b. Especiales cuidados deben realizarse cuando la manguera cruza áreas con mezclas inflamables.

3.6 Relámpagos.

- Relámpagos Directos

Los relámpagos directos pueden ocasionar daños severos a objetos en la trayectoria del mismo, como resultado del calor y fuerzas mecánicas, así como la ignición de material inflamable.

- Corrientes por Relámpagos Indirectos

En corrientes por relámpagos indirectos, el abrupto cambio en el campo eléctrico causado por un relámpago puede traer como consecuencia chispas secundarias, en equipo relativamente remoto del mismo. Estas cargas inducidas o chispas, usualmente ocurren en cuerpos metálicos aislados.

3.6.1 Protección contra relámpagos directos.

- a. La prevención contra relámpagos directos es generalmente imposible.
- b. El método aceptado de protección es por medio de una red de tierras, para disipar la corriente con mínimos daños.
- c. Tanques metálicos y otras estructuras en contacto con el suelo, se ha comprobado que están adecuadamente aterrizadas, para disipar en una forma segura los relámpagos. Tierras artificiales en tanques, no disminuye o incrementan la posibilidad de ser golpeados por un relámpago. (R3).
- d. Tanques metálicos que no descansan sobre el suelo, deben ser conectados al sistema de tierras, un mínimo de dos enlaces al sistema de tierras, esta protección es usualmente suficiente para lograr una disipación segura de relámpagos, sin embargo la cimentación puede requerir aterrizaje adicional.
- e. Vasijas y otras estructuras que están aisladas del suelo, pueden usualmente protegerse por una adecuada tierra o enlace.
- f. Estructuras hechas de material aislante como madera, ladrillo, mosaico o concreto, pueden ser protegidas de relámpagos directos por medio de varillas de relámpagos, mástil conductivo o un alambrado por arriba.



3.6.2 Protección de equipo específico contra relámpagos.

Tanques de Techo Fijo y Horizontales

- a. En tanques con techo fijo y horizontales, adecuadamente protegidos contra ignición o relámpagos directos, en donde todos sus componentes están en contacto, pueden tener explosiones ocasionadas por relámpagos, cuando la escotilla de medición esta abierta, o bien los venteos no están protegidos con dispositivos de arrestadores de flama.
- b. Tanques metálicos con techos no conductivos, deben ser suministrados con: una cubierta metálica que este en contacto con el cuerpo; varillas de relámpagos; mástil conductivo o un alambrado por arriba.
- c. Operaciones de muestreo o medición, no deben realizarse durante tormentas eléctricas.

Tanques de techo flotante abiertos o internos

- Tanques de Techo Flotante Abierto

- a. Fuego puede ocurrir por relámpagos en el anillo del tanque del techo flotante abierto, cuando el nivel del producto esta arriba y el líquido contenido es volátil.
- b. Fuego puede ocurrir por relámpagos sobre el techo flotante abierto, cuando el techo está abajo y vapores inflamables presentes.
- c. Cuando se emplea wiper, tiras metálicas (shunts) deben instalarse a intervalos no mayores de 3 metros de la circunferencia del techo o bien un resguardo metálico del medio ambiente entre el techo flotante y el sello, con la finalidad de que al deslizarse permitan que las cargas drenen sobre el cuerpo del tanque, sin ignición bajo el sello.

- Tanques de Techo Flotante Interno

- a. Tanques de techo flotante interno con techo conductivo, están inherentemente protegidos contra el efecto de jaula de Faraday.



- b. El techo flotante requiere enlace con el cuerpo para protección de cargas electrostáticas del producto y también se deben aplicar las recomendaciones para el sello, indicadas en el punto 3.9.7.4.c.
- c. Si material no conductor es usado dentro del tanque, las recomendaciones para protección contra relámpagos indicadas 3.9.7.4.b, deben ser consideradas.

- Tanques Presurizados

Tanques metálicos, vasijas y equipo de proceso que operan con líquidos inflamables o gas bajo presión, normalmente la protección contra relámpagos no es requerida, es suficiente su sistema de tierras.

- Autotanques y Carrotanques

Los autotanques y carrotanques están adecuadamente protegidos de relámpagos durante su operación normal.

3.7 Corrientes extraviadas.

El término corriente extraviada aplica a corrientes eléctricas que fluyen en otras trayectorias a las esperadas. Estas trayectorias incluyen: ductos y otros objetos metálicos u objetos en contacto con la tierra. Una corriente extraviada puede ser continua o intermitente, unidireccional o alterna.

Fuentes y limitaciones.

- Corrientes extraviadas pueden originarse por:
 - a. Una falla de un circuito de fuerza eléctrica, en estos casos el voltaje o corriente no tiene límites definidos. Es inusual que el voltaje exceda los requerimientos para formar un vacío entre el aire y electrodos fijos, sin embargo, si un contacto es efectuado y una separación es realizada, puede resultar en una momentánea e inusual descarga incendiaria o un arco que exceda los 35 volts, que son siempre dañinos.
 - b. Corrientes aplicadas en la protección catódica en ductos y otras estructuras enterradas, en donde la corriente eléctrica se comporta en forma semejante a circuitos de fuerza eléctrica, el voltaje es comparativamente inferior, en donde la chispa incendiaria es baja.



- c. Contacto de metales con el suelo vegetal, se presenta cuando corrientes pueden viajar a lo largo de una tubería enterrada, de un punto de contacto con un tipo de suelo a un tipo de contacto con otro tipo de suelo, el potencial producido por la acción galvánica no excede 1½ volts.
- d. Algunas manifestaciones de corriente extraviada son: corrosión acelerada o descargas visibles.

3.7.1 Protección en operaciones específicas contra corrientes extraviadas.

- Ductos

Si ductos de gas o aceite ligero presentan corrientes extraviadas severas, un arco puede ocurrir en puntos de separación creando un peligro de ignición, esto posiblemente puede reducirse puenteando con un alambre de enlace cuando la línea deba ser separada.

NOTA: Para remover o reemplazar una válvula o carrete con hidrocarburos y cuando corrientes extraviadas pueden estar presentes, los siguientes pasos deben seguirse:

1. Fijar el cable de enlace.
2. Remueva la válvula o carrete (o abra la línea)

(El paso 1 y 2 deben aplicarse cuando la válvula o carrete se instalen).

Remover el cable cuando la línea este abierta

3.8 Fundamentos de electricidad estática.

- a. La mayoría de las personas relacionan la palabra “Electricidad Estática” a hechos como son: recibir el sonido de la radio con interferencia o la experiencia de descargas eléctricas al tocar objetos metálicos después de caminar a través de una alfombra o deslizarse sobre el asiento de un automóvil.
- b. Por motivos de simplicidad, uno puede imaginar que la electricidad es un fluido ligero e indestructible que puede moverse libremente a través de algunas sustancias, como los metales que son llamados “Conductores”, pero este fluido puede moverse con dificultad o no tener movimiento en superficies de sustancias llamadas “No Conductores” o “Aislados”, dentro de este grupo están incluidos: los gases; vidrio; caucho; ambar; resinas; azufre; parafinas, y la mayoría de aceites del petróleo seco y muchos materiales plásticos.

Cuando la electricidad estática está presente sobre la superficie de un cuerpo no conductor, donde esta atrapada o impedida para escapar, a esto se le llama



- electricidad estática. Se dice que un cuerpo está “cargado”, cuando un cuerpo conductor en contacto únicamente con un “no conductor”, impide el escape y por consiguiente está sin movimiento o estático.
- c. El flujo eléctrico durante la generación y acumulación de cargas estáticas es pequeño, en el rango miliohms de un amper, pero el diferencial de potencial puede alcanzar miles de volts, por esta razón resistencias de menos de 1 megaohms conduce a un corto circuito.
 - d. Una manifestación de electricidad estática es la descarga o chispa de la carga acumulada.

3.8.1 Generación de electricidad estática.

- a. La electricidad estática es un conjunto de fenómenos asociados con el surgimiento de cargas eléctricas sobre la superficie de un cuerpo aislador o conductor. Esto es generado usualmente por un trabajo mecánico, como es la fricción entre dos cuerpos, por ejemplo la fricción de una banda con poleas, la agitación y mezclado de un líquido mediante una propela, o el salpicado de un líquido en un contenedor.
- b. En la industria del petróleo tiene una gran importancia las cargas estáticas, resultantes del contacto y la separación que se efectúa en un líquido fluyendo. Imaginemos que tenemos un líquido en reposo, el cual contiene iguales cantidades de iones positivos y negativos, y está eléctricamente neutro. Si este líquido, se hace fluir a través de una tubería metálica, ocurre que iones negativos son preferentemente absorbidos por la tubería, mientras que los protones quedan retenidos en el líquido (corriente de cargas), las cargas opuestas son usualmente conducidas a través de la pared de la tubería en la misma dirección, por la natural atracción entre cargas opuestas, impurezas como el agua, óxido metálico y químicos, incrementan la generación de estática.

Si esta corriente de cargas entra a un contenedor o tanque de metal, los iones negativos se distribuyen sobre la superficie del tanque, por la parte interna y externa del mismo, mientras que los iones positivos se retienen en el líquido. Si el tanque esta aterrizado o enlazado las cargas sobre la superficie externa del tanque fluyen a tierra, las cargas en la superficie interna del recipiente son retenidas por las cargas del fluido, juntándose nuevamente y retornando gradualmente a una



neutralidad eléctrica por el intercambio de iones de material con el medio circundante, como la pared de la vasija.

- c. Electrostática fuerte puede generarse por partículas (gotitas o sólidos), presentes en un medio de baja conductividad o agitación de las mismas con el medio.

3.8.2 Velocidad de generación.

La velocidad de generación esta relacionado con:

- Contenido iónico
- Turbulencia del material
- Área de la interfase
- Longitud de la tubería o manguera
- Filtrado cuando se remueven partículas del tamaño de micrones

3.8.3 Humedad.

- a. Materiales aislantes como la madera, papel, cinta de película, concreto o ladrillos, llantas de caucho, contienen cierta cantidad de humedad en equilibrio con el aire de la atmósfera circundante, la conductividad de estos materiales es controlada por la humedad relativa. Bajo condiciones de una alta humedad relativa del 50% o mayor, estos materiales alcanzan condiciones de equilibrio conteniendo bastante humedad para permitir una conductividad adecuada, previniendo acumulación estática.
- b. En el extremo opuesto, humedades relativas del 30% o menor, los materiales indicados en el punto a, pueden secarse y llegar a ser buenos aislantes con manifestación de estática.
- c. La humidificación no es una cura a todos los problemas de estática, algunos aislantes no son susceptibles de absorber humedad del aire y alta humedad no disminuye su resistividad. Notables ejemplos son superficies no contaminadas de algunos plásticos y superficies de líquidos del petróleo, éstas son capaces de acumular estática, teniendo una humedad relativa del 100%.



3.8.4 Conductividad

La habilidad de un líquido para retener cargas electrostáticas es una función de la conductividad:

1 unidad de conductividad = 1 picosiemens por metro = 10^{-14} ohm⁻¹.cm⁻¹

Su inverso es la resistividad

1 unidad de resistencia = 10^{14} ohm.cm

Otra manera común de medirla es el tiempo de valor medio, que es el tiempo requerido para que la carga de un líquido contenido en un recipiente metálico, disminuya a la mitad del valor original. En donde el tiempo del valor medio es inversamente proporcional a la conductividad del líquido específico y directamente proporcional a la constante dieléctrica.

La Tabla 3.3 enlista las conductividades, resistencias y tiempos de valor medio de líquidos típicos.

Tabla 3.3 Conductividad, Resistencia y Tiempos de Valor Medio de Líquidos Típicos

Líquido	Conductividad (Picosiemens por Metro)	Resistencia (Ohm - Centímetro)	Tiempo del valor medio (Segundos)
Hidrocarburos de alta pureza	0.01	10^{16}	1500
Destilados ligeros	0.01-10	$10^{16}-10^{13}$	1500-1.5
Aceites negros	1000-100,000	$10^{11}-10^9$	0.015-0.00015
Agua destilada	100'000,000	10^5	4×10^{-6}

Fuente: Recomendaciones prácticas sobre la electricidad estática, relámpagos y corrientes extraviadas del Ing. Héctor Javier López Rodríguez.

Excepto para nieblas, la acumulación electrostática no es significativa cuando la conductividad del líquido excede 50 picosiemens por metro y el fluido se maneja en contenedores conductivos.



3.8.5 Descarga Estática.

Carga.

La carga estática en un cuerpo se mide por el número de electrones separados de un cuerpo (carga negativa), o el número de electrones no separados del cuerpo (carga positiva), y es expresada en coulombs o fracción de esta, en donde:

$$1 \text{ coulomb} = 6.24 \times 10^{18} \text{ electrones}$$

Una unidad más conveniente en electrostática es el microcoulomb, donde:

$$1 \text{ microcoulomb} = 10^{-6} \text{ coulomb}$$

Carga de relajación.

En la práctica, las cargas electrostáticas escapan de un cuerpo cargado, porque ellas están siempre bajo la atracción de una igual pero carga opuesta, esta característica es llamada carga de relajación.

Chispa y arco

Una chispa es la descarga producida entre dos puntos (electrodos) de distinto potencial a través del aire o de otro dieléctrico. Se produce cuando el potencial de uno de los cuerpos es suficientemente elevado para que origine ionización del dieléctrico, volviendo conductor el espacio comprendido entre los dos puntos (distancia de chispa). Va acompañado de emisión de luz, indicación de alta temperatura y sonido característico. La electricidad estática siempre descarga como chispa.

El potencial desarrollado esta relacionado a la cantidad de carga sobre un cuerpo y a la capacitancia de un cuerpo con respecto a su circunambiente, esta relación se expresa como se indica a continuación:

$$V = Q / C$$

Donde:

V = potencial en volts

Q = carga en coulombs

C = capacitancia en Faradays

Donde la capacitancia de un cuerpo con respecto al circunambiente depende sobre el tamaño y posición, las mismas cargas no siempre resultan en el mismo voltaje.

Para que una combustión pueda iniciarse, suficiente energía debe ser transferida por la chispa al circunambiente de la mezcla inflamable. La energía almacenada y liberada por la chispa, esta relacionada con la capacitancia (C) y el voltaje (V), de acuerdo con lo siguiente expresión:

$$\text{Energía} = 0.5 C V^2$$



Pruebas indican que gases de hidrocarburos saturados y vapores requieren aproximadamente 0.25 milijoule de energía de descarga por ignición de chispa, de mezclas óptimas con aire. Hidrocarburos no saturados pueden tener una energía de ignición muy pequeña.

Tabla 3.4 **Energía de Ignición Mínima aproximada**

SUSTANCIAS	MILIJOULE
Metano	0.29
Propano	0.25
Ciclo propano	0.18
Etileno	0.08
Acetileno	0.017
Hidrogeno	0.017

Fuente: Recomendaciones prácticas sobre la electricidad estática, relámpagos y corrientes extraviadas del Ing. Héctor Javier López Rodríguez.

El arco eléctrico, es la descarga eléctrica producida entre dos electrodos separados por un medio aislante, se manifiesta con fuerte intensidad luminosa y calorífica.

3.8.6 Ignición por electricidad estática

Para que una carga electrostática sea una fuente de ignición, cuatro condiciones se deben de cumplir:

- a. Un medio de generación de la carga electrostática debe estar presente.
- b. Un medio de acumulación de las cargas electrostáticas capaz de producir una chispa incendiaria, debe estar presente.
- a. Un medio de descarga de la carga electrostática acumulada en forma de una chispa incendiaria (esto es una distancia de chispa), debe estar presente.
- b. Una mezcla vapor-aire inflamable debe estar presente en la distancia de chispa.

3.8.7 Control estático

Los peligros de ignición originados por chispas estáticas, pueden eliminarse controlando la generación o acumulación de las cargas estáticas o la mezcla vapor-aire en puntos en donde las cargas estáticas puedan descargar chispas. En esta sección se discuten medios de control.

3.8.8 Enlace y tierras.

- a. Un objeto conductivo puede aterrizar directamente o enlazarse a otro objeto conductivo ya conectado a tierra. Algunos objetos están inherentemente enlazados o aterrizados por su contacto con la tierra, como ejemplo las tuberías bajados o aterrizados por su contacto con la tierra, como ejemplo las tuberías bajo tierra o tanques que reposan en el suelo natural.
- b. El enlace o tierra minimiza el diferencial de potencial entre objetos conductivos. Así mismo, el aterrizaje minimiza el diferencial de potencial entre objetos y la tierra.
- c. El tamaño mínimo de alambre requerido es del No.2 AWG, este conductor debe ser flexible cuando se conecta y desconectan frecuentemente. Para prevenir la acumulación de electricidad estática una resistencia de 1 megohm, es adecuada.
- d. En la protección de los circuitos eléctricos de fuerza, la resistencia debe ser baja para asegurar la operación de los fusibles o circuitos breaker (disyuntor), bajo condiciones de falla. Cualquier tierra que es adecuada para circuitos de fuerza o protección contra relámpagos es más que suficiente para la protección contra la electricidad estática.

Mínimo anualmente se deben de medir y registrar los valores de resistencia de la red de tierras y la continuidad en los puntos de conexión a tierra, en el equipo que pueda generar o almacenar electricidad estática.

Las terminales de conexión de los conductores de tierra de los equipos, así como de toma corriente, conectores y clavijas con toma de tierra, deben identificarse como se indica a continuación:

- d.1 Un tornillo de cabeza hexagonal o tuerca hexagonal de color verde, que no se quite fácilmente, o
- d.2 Un conector a presión de color verde
- d.3 En caso de adaptadores, un conector similar de color verde. La terminal de tierra del adaptador debe ser una lengüeta rígida de color verde o un dispositivo similar.
- d.4 Mediante un conector a presión, pintado de verde.
Si la terminal del conductor de tierra no es visible, se debe marcar el orificio de entrada del cable de tierra con la palabra “verde” o “tierra”, con las letras “V” o “T”, o con el símbolo de toma de tierra, ver figura 3.9

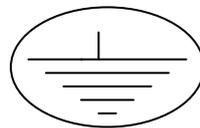


Figura 3.9 **Símbolo de toma de tierra.**

- e. El enlace o tierra puede estar aislado o no aislado. Algunos prefieren conductores no aislados con la finalidad de que los defectos puedan ser fácilmente detectados mediante una inspección visual. Si está aislado, el enlace o tierra debe verificarse a intervalos regulares, dependiendo de la experiencia.



-
- f. La conexión entre el cuerpo y el enlace, o tierra puede ser del tipo prensa de sujeción (caimán), soldadura de latón, prensa del tipo batería o magnética, u otra sujeción especial que suministre el adecuado contacto metal-metal.

En islas de llenado de autotanques, la conexión entre el caimán y el cable de enlace o tierra, la junta entre estos dos, debe verificarse mínimo una vez al mes.

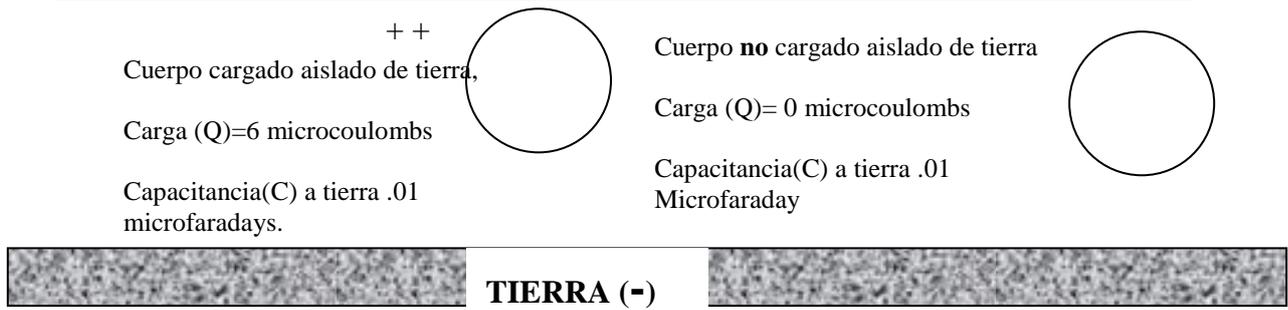


Figura 3.10 **Cuerpos aislados de tierra.**

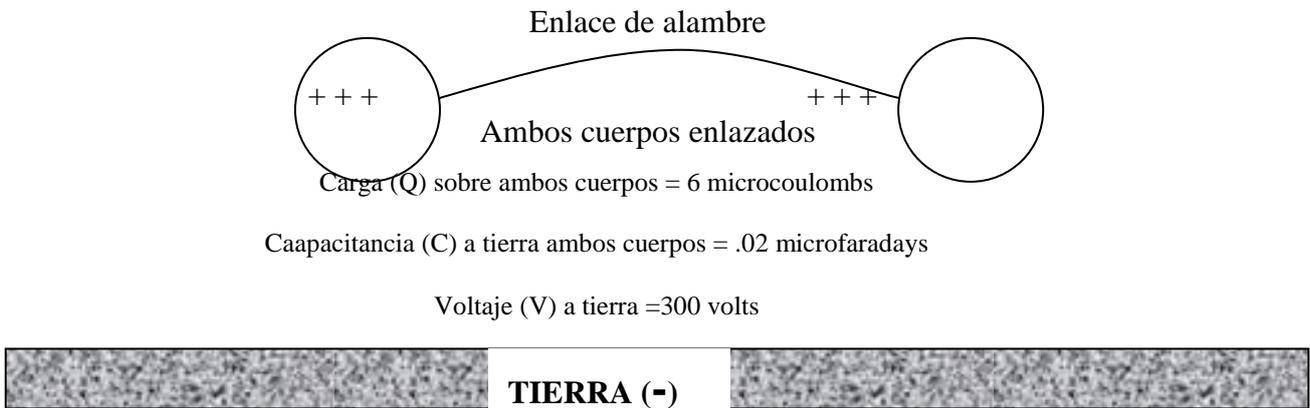


Figura 3.11 **Ambos cuerpos aislados compartiendo la misma carga**

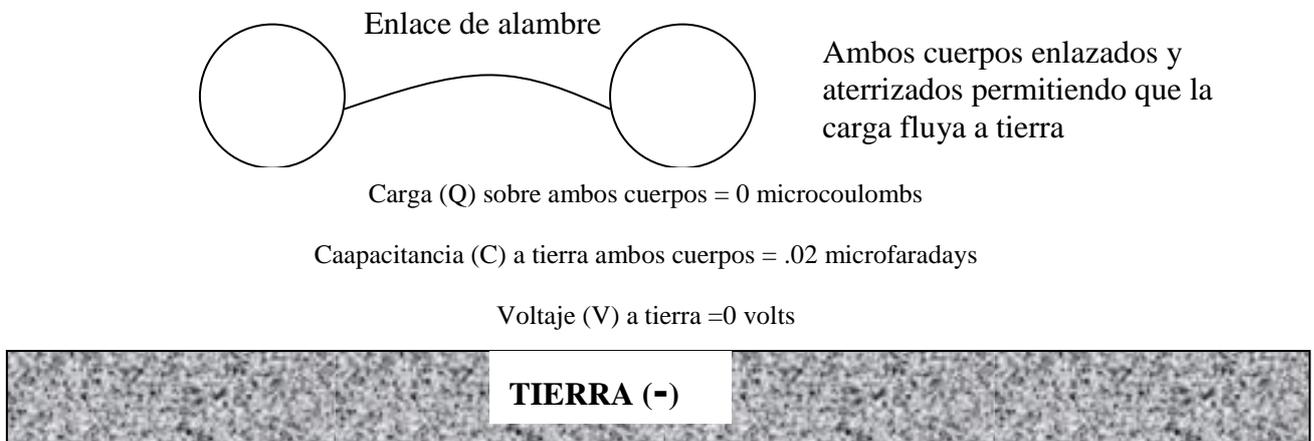


Figura 12 **Ambos cuerpos están aterrizados y no tienen carga.**

Fuente: Recomendaciones prácticas sobre la electricidad estática, relámpagos y corrientes extraviadas del Ing. Héctor Javier López Rodríguez.



3.8.8.1 Reducción de la generación estática.

En el caso de productos de hidrocarburos líquidos, la velocidad de generación puede ser reducida disminuyendo o eliminando las condiciones o actividades que producen la estática, como son:

- Reducir la agitación, evitando aire o burbujas de vapor, reducir, arrastrar o agitar agua, y escamas de óxidos o lodos;
- Reducir la velocidad del flujo;
- Reducción de chorro y mezclado de propela.
- Evitar la libre caída o goteo de líquidos sobre superficies de productos almacenados
- Evitar objetos conductores que no estén enlazados en tanques o vasijas

3.8.8.2 Incrementando la disipación estática.

La disipación de la carga en un líquido es una función del tiempo y la conductividad del líquido. Las cargas estáticas sobre un líquido pueden reducirse incrementando su conductividad por el uso de aditivos antiestáticos, los cuales permiten que las cargas se disipen rápidamente, o bien reteniendo los líquidos en la tubería o mediante tanques de relajación.

Cuando aditivos antiestáticos son empleados, éstos deben introducirse desde el inicio de la distribución. Debido a que se ha observado, que su acción se reduce significativamente en los distintos pasos del embarque, así como el paso a través de filtros de arcilla. Es conveniente consultar las recomendaciones del fabricante.

3.8.8.3 Controlando el medio ambiente.

- a. Cuando las cargas estáticas no pueden evitarse por enlaces, tierras, reduciendo la generación estática, o incrementando la disipación estática, igniciones pueden ser prevenidas, excluyendo la mezcla vapor-aire inflamable. Esto es particularmente difícil en el caso de líquidos inflamables del petróleo, en donde la presión vapor produce mezclas inflamables a la temperatura de manejo.
- b. Las mezclas vapor-aire no pueden tener ignición a menos que la relación vapor-aire se encuentre dentro de los límites inferior y superior de inflamabilidad.
- c. Si la atmósfera en el espacio vapor está en el rango de inflamable, el peligro puede ser reducido o eliminado disminuyendo el contenido de oxígeno, desplazando el aire con un gas inerte o introduciendo gas natural o vapor de un producto volátil por arriba de los límites de inflamabilidad, cuidados deben llevarse a cabo cuando se usen estos métodos para evitar contaminación de los productos.



3.8.8.4 Cargas electrostáticas en personas y ropa.

- a. El cuerpo humano es un buen conductor y puede retener cargas generando chispas con suficiente energía para provocar una ignición.
- b. Atmosferas secas, como en edificios calentados durante el invierno, pueden ocasionar cargas electrostáticas en el personal.
- c. El uso de ropa antiestática no es suficiente, es necesario que el cuerpo se aterrice, además, la mayoría de la ropa requiere de un mínimo de humedad para que sea efectiva.
- d. La separación de materiales, no similares siempre incluye la generación de altos voltajes en el cuerpo, como por ejemplo el retirarse la ropa de vestir (cargas son generadas por la separación entre la prenda de vestir, la ropa interior y el cuerpo).

El quitarse la ropa del cuerpo en una atmósfera potencialmente inflamable no debe permitirse. Ignición puede provocarse al retirar la ropa saturada de hidrocarburos, en tales casos es importante aterrizar el cuerpo antes de retirar las prendas de vestir.

- e. Alfombras sobre el piso, generan cargas estáticas sobre el cuerpo, por la separación entre la alfombra y los zapatos.

Debe evitarse el uso de botas de hule, zapatos de suela de caucho, zapatos de suela no conductiva o bien proporcionar pisos conductivos y calzado conductivo, cuando mezclas inflamables existen, como son: salas de operación en hospitales (existencia de mezclas de oxígeno y gas anestésico) y manufactura de municiones.



CONCLUSIONES



Una vez analizados los capítulos 1, 2, 3, podemos determinar que se ha cumplido con el propósito del objetivo principal. Llegando así a la siguiente conclusión.

Tomando en cuenta la información obtenida en el Capítulo 2, Tema 2.1 Antecedentes históricos, la cual dice textualmente:

“ La terminal de almacenamiento y distribución satélite norte fue diseñada en el año 1978 y construida durante el periodo 1980-1984; sin embargo y derivado de los sucesos ocurridos en la planta de almacenamiento de gas en san Juan Ixhuatepec en noviembre de 1985 se difirió su puesta en operación hasta el 18 de Abril de 1991 es entonces que inicia operaciones con una capacidad de almacenamiento nominal de 545.000 bls a fin de garantizar la distribución de hidrocarburos en el área norte de la ciudad de México dando cumplimiento al esquema de modernización establecido por el Gobierno Federal del sector energético.

Esta terminal opera normalmente hasta noviembre de 1996 fecha en que se suscita un accidente en el área de tanques de almacenamiento, motivo por el cual se redimensionaron las instalaciones, disminuyendo en un 50 % la capacidad de almacenamiento y el incremento de un 45 % la capacidad de almacenamiento de agua contra incendio reiniciando operaciones en el mes de Julio de 1997 ”

En estos dos párrafos se resume perfectamente la intención de esta investigación.

Como principio de cuentas se mencionan dos sucesos que marcan históricamente el funcionamiento de la planta, el primer suceso se refiere a la explosión por fuga en una planta de almacenamiento de gas ocurrida en el mes de Noviembre del año 1985 que ocasiono la muerte de decenas o talvez centenas de personas fue un suceso realmente lamentable y triste a la vez que como en mi caso y en el de muchos otros llevamos grabado en la mente.

Como consecuencia de este suceso la apertura de la planta se pospuso para el día 18 de Abril de 1991.

El segundo caso que en el párrafo se menciona, se da en el mes de Noviembre de 1996, un accidente en el área de tanques de almacenamiento.

En una platica con el personal de seguridad y protección nos explican este suceso el cual narran de la siguiente manera:

“Este suceso se origina cuando una de las válvulas que controlan el llenado de uno de los tanques de almacenamiento falla, se sobre llena el tanque y empieza a desbordarse el contenido escurriendo hacia el dique, rápidamente se acerca la unidad de bomberos para tratar de controlar la situación, la unidad se detiene pero se queda un tanto lejos y al tratar de acercarse un poco mas, al encender la unidad se origina un chispazo provocando un incendio. Posteriormente, con la espuma y el agua contra incendio se logro controlar, teniendo como consecuencia perdidas materiales y el fallecimiento del conductor de la unidad “



Es por este motivo que la terminal se redimensiono en la capacidad de almacenamiento de agua contra incendio en un 45% mas y disminuyendo la capacidad de almacenamiento en un 50%, interrumpiendo el funcionamiento por un periodo de ocho meses.

¿Qué fue lo que salio mal?, ¿A caso fueron malas decisiones por parte del personal de seguridad y protección? o ¿Mal trabajo de mantenimiento? O una tardía respuesta ante el sobre llenado del tanque. Se pueden formular muchas preguntas respecto al accidente, para deslindar responsabilidades, pero lo que es una realidad es que se puso en riesgo al personal que labora en la planta y ala gente que vive cerca de ella. Es por ello la inquietud de conocer el mantenimiento en la terminal.

Lo que también queda claro que el departamento de mantenimiento tiene sus funciones en la planta de tal forma que el mecanismo de la misma, genere buenos ingresos en la productividad y al mismo tiempo evitar en lo menos posible que este mecanismo falle de manera parcial o total generando perdidas económicas.

Y el departamento de seguridad sus funciones se basan en que a través de software o hardware adecuado, a demás de contar con el personal capacitado con los instrumentos de seguridad adecuados, que cuando se presente un percance el daño sea mínimo.

Supongamos que determinamos que el origen del problema fue la falla en la válvula del llenado del tanque de almacenamiento. Es entonces donde analizamos el mantenimiento desde la perspectiva de PEMEX REFINACION con el cual llevan a cabo el trabajo de mantenimiento en sus diferentes facetas, correctivo preventivo, etc. tomando en cuenta la experiencia de los trabajadores, el trabajo en conjunto con los diferentes departamentos, criterios de criticidad, etc., para concluir con un trabajo de mantenimiento a través de una orden de trabajo de manera satisfactoria.

En el análisis de las Recomendaciones Eléctricas, se estudiaron algunos conceptos, definiciones, y cuidados que debemos tener siempre presente cuando se realice un trabajo o una actividad cerca de los productos que maneja la planta. Es claro que cuando las cosas se planean bien, se diseñan bien, y los trabajos se realizan con una gran responsabilidad y aunque las fallas sean inevitables las consecuencias se reducirían en lo mas mínimo.

Cabe señalar que aunque se tengan los conocimientos básicos o avanzados del trabajo de mantenimiento o seguridad y protección siempre esta latente un riesgo por x condiciones. La única manera en que podemos estar tranquilos es tener la certeza de que todo el personal involucrado en el funcionamiento de la planta trabaje de manera responsable y conciente de la importancia del beneficio económico que se genera.

Y para finalizar debo de reconocer que a través de las buenas o malas experiencias se genera conocimiento para replantear y mantener en excelentes condiciones la planta, y además que siempre abra algo que mejorar. También mencionar que se manejaron de manera adecuada los cambios necesarios para el buen funcionamiento de la planta ya que hasta el día de hoy no se han presentado sucesos que pongan en riesgo la vida humana y la productividad de la planta.



ANEXOS



ANEXO 1

Grado Celsius y Kelvin

El grado Celsius, (símbolo °C, °C en texto plano), es la unidad creada por Anders Celsius (Uppsala, Suecia; 1701-1774) en 1742 para su escala de temperaturas.

El grado Celsius pertenece al Sistema Internacional de Unidades, con carácter de unidad accesoria, a diferencia del Kelvin que es unidad básica de temperatura en dicho sistema.

Celsius definió su escala en 1742 considerando las temperaturas de ebullición y de congelación del agua, asignándoles originalmente los valores 0 °C y 100 °C respectivamente.

El método propuesto, al igual que el utilizado en 1724 para el grado Fahrenheit y el grado Romer de 1701 tenía la ventaja de basarse en las propiedades físicas de los materiales. William Thomson (luego Lord Kelvin) definió en 1848 su escala absoluta de temperaturas en términos del grado Celsius. En la actualidad el grado Celsius se define a partir del grado Kelvin del siguiente modo

$$t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15$$

Los intervalos de temperatura expresados en °C y en Kelvin tienen el mismo valor

La escala de Celsius es muy utilizada para expresar las temperaturas de uso cotidiano, desde la temperatura del aire a la de un sin fin de dispositivos domésticos (hornos, freidoras agua caliente, refrigeración, etc.). También se utiliza en trabajos científicos y tecnológicos y aunque en muchos casos resulta obligada la utilización de la escala Kelvin.

Conversión de unidades

Las temperaturas de fusión y ebullición del agua destilada a una atmósfera de presión en las escalas Celsius y Kelvin, son las siguientes.

Temperaturas de fusión y ebullición y ebullición del agua a 1 atm de presión

Escala	Fusión	Ebullición
Kelvin	273,15 K	373,15 K
Celsius	0 °C	100 °C
Fahrenheit	32 °F	212 °F

La magnitud de un grado Celsius es equivalente a la magnitud de un Kelvin; en otras palabras, una diferencia de temperaturas tiene el mismo valor numérico expresado en grados Celsius que en Kelvin



La conversión de grados Celsius a grados Fahrenheit se obtiene multiplicando la temperatura en Celsius por 1.8 y sumando 32 esta da el resultado:

$$t(^{\circ}\text{F}) = 1,8 \times t(^{\circ}\text{C}) + 32$$

Para convertir Fahrenheit a Celsius:

$$t(^{\circ}\text{C}) = \frac{t(^{\circ}\text{F}) - 32}{1,8}$$

La escala Celsius es una escala de temperatura que asigna el valor cero (0 °C) al agua en proceso de fusión, y el valor cien (100 °C) al agua en proceso de ebullición.

De escala Fahrenheit a escala Kelvin:

$$^{\circ}\text{K} = \frac{5}{9x} (^{\circ}\text{F} - 32) + 273$$

De escala Kelvin a escala Fahrenheit:

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5x} (^{\circ}\text{K} - 273) + 32$$

El Kelvin (antes llamado grado Kelvin) simbolizado como K, es la unidad de temperatura de la escala creada por William Thomson, Lord Kelvin, en el año 1848, sobre la base de grado Celsius, estableciendo el punto cero en el cero absoluto (-273,15 °C) Y conservando la misma dimensión. Lord Kelvin, a sus 24 años introdujo la escala de temperatura termodinámica, y la unidad fue nombrada en su honor.

Es una de las unidades del Sistema Intencional de Unidades y corresponde a una fracción de 1/273,16 partes de la temperatura del punto tripe del agua se presenta con la letra K y nunca con "°K". Actualmente, su nombre no es de "grado Kelvin", sino simplemente "Kelvin".

Coincidiendo el incremento en un grado Celsius con el de un Kelvin, su importancia radica en el 0 de la escala: la temperatura de 0K es denominada "cero absoluto" y corresponde al punto en el que las moléculas y átomos de un sistema tienen la misma energía térmica posible. Ningún sistema macroscópico puede tener una temperatura inferior a la temperatura del grado Kelvin se llama temperatura absoluta y es la escala de temperaturas que se usa en ciencia, especialmente en trabajos de física o química.



ANEXO 2

1.1.1.1 Tablas de conversión

Métrico

Imperial

1 centímetro cúbico	=	0.0610 pulgada
1 decímetro cúbico	=	0.0353 pies cúbicos
1 metro cúbico	=	1.3080 yardas cúbicas
1 litro	=	1.76 pintas
1 hectolitro	=	21.997 galones

Imperial

Métrico

1 pulgada cúbica	=	16.387 centímetros cúbicos
1 pie cúbico	=	0.0283 metros cúbicos
1 onza líquida	=	28.413 mililitros
1 pinta	=	0.5683 litros
1 galón	=	4.5461 litros

Imperial EEUU

Imperial Reino Unido

1 onza líquida	=	1.0408 onzas líquidas R.U.
1 pinta	=	0.8327 pintas R.U.
1 galón	=	0.8327 galones R.U.

Imperial EEUU

Métrico

1 onza líquida	=	29.574 mililitros
1 pinta	=	0.4731 litros
1 galón	=	3.7854 litros



ANEXO 3

Capacidad eléctrica

En electromagnetismo y electrónica, la capacitancia o capacidad eléctrica es la propiedad que tienen los cuerpos para mantener una carga eléctrica. La capacitancia también es una medida de la cantidad de energía eléctrica almacenada para un potencial eléctrico dado. La relación entre la diferencia de potencial (o tensión) existente entre las placas del condensador y la carga eléctrica almacenada en este, se describe mediante la siguiente ecuación.

$$C = \frac{Q}{V}$$

Donde:

- C es la capacidad, medida en faradios (en honor al físico experimental Michael Faraday); esta unidad es relativamente grande y suelen utilizarse submúltiplos como el microfaradio o pico faradio.
- Q es la carga eléctrica almacenada, medida en culombios;
- V es la diferencia de potencial (o tensión), medida en voltios.

Cabe destacar que la capacidad es siempre una cantidad positiva y que depende de la geometría del condensador considerado (de placas paralelas, cilíndrico, esférico). Otro factor del que depende es del dieléctrico que se introduzca entre las dos superficies del condensador. Cuanto mayor sea la constante dieléctrica del material no conductor introducido, mayor es la capacidad.

En la práctica, la dinámica eléctrica del condensador se expresa gracias a la siguiente ecuación diferencial, que se obtiene derivando respecto al tiempo la ecuación anterior.

$$i = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dV}{dt}$$

Donde i representa la corriente eléctrica, medida en amperios.

Energía

La energía almacenada en un condensador, medida en julios, es igual al trabajo realizado para cargarlo. Consideremos un condensador con una capacidad C , con una carga $+q$ en una placa y $-q$ en la otra. Para mover una pequeña cantidad de carga dq desde una placa hacia la otra en sentido contrario a la diferencia de potencial se debe realizar un trabajo dW :

$$dW = \frac{q}{C} dq$$



Donde

W es el trabajo realizado, medido en julios;
 q es la carga, medida en coulombios;
 C es la capacitancia, medida en faradios.

Es decir, para cargar un condensador hay que realizar un trabajo y parte de este trabajo queda almacenado en forma de energía potencial electrostática. Se puede calcular la energía almacenada en un condensador integrando esta ecuación. Si se comienza con un condensador descargado ($q = 0$) y se mueven cargas desde una de las placas hacia la otra hasta que adquieran cargas $+Q$ y $-Q$ respectivamente, se debe realizar un trabajo W :

$$W_{carga} = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} CV^2 = W_{almacenada}$$

Combinando esta expresión con la ecuación de arriba para la capacidad, obtenemos:

$$W_{almacenada} = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

Donde

- W es la energía, medida en julios;
- C es la capacidad, medida en faradios;
- V es la diferencia de potencial, medido en voltios;
- Q es la carga almacenada, medida en coulombios.

Auto-capacidad

Usualmente el término *capacidad* se utiliza como abreviatura del término capacidad mutua entre dos conductores cercanos, como las placas de un condensador. También existe una propiedad llamada auto-capacidad, que es la cantidad de carga eléctrica que debe agregarse a un conductor aislado para aumentar su potencial en un voltio.



ANEXO 4

INSTALACIONES ELECTRICAS EN AMBIENTES PELIGROSOS

Se define como Ambiente Peligroso a aquel sector, que por la composición de su atmósfera puede producir daños o deterioros en el funcionamiento del equipo eléctrico, por ignición o explosión de gases, vapores, líquidos, fibras y/o polvos, o por ataques de sustancias químicas o propagación de fuego, y por los mismos motivos al ambiente que rodea a dichos equipos.

Se clasifican de la manera siguiente **Clase I, II y III** con sus correspondientes divisiones a saber:

CLASE I: Ambientes en que están presentes gases o vapores inflamables en cantidad suficiente como para producir mezclas explosivas o Inflamables. Esta comprende las siguientes divisiones:

DIVISIÓN 1: Donde existen en forma continua, intermitente o periódica concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables.

DIVISIÓN 2: Donde se manufacturan líquidos volátiles, vapores o gases inflamables; cuando los mismos se encuentran en recipientes o cañerías cerradas, y en vecindades de los ambientes de la **DIVISIÓN 1**.

CLASE II: Ambientes en que la presencia de polvo en suspensión puede producir ignición o explosión. Esta comprende las siguientes divisiones:

DIVISIÓN 1: Donde existen en forma continua, intermitente o periódica polvo combustible en cantidad suficiente como para producir mezclas inflamables o explosivas.

DIVISIÓN 2: Lugares donde el polvo combustible no está presente en suspensión en el aire en forma normal, pero puede impedir la disipación de calor del equipo eléctrico o puede depositarse sobre, o en el interior del mismo.

CLASE III: Ambientes de atmósfera peligrosa debido a la presencia de fibras y/o volátiles inflamables, pero en los cuales no es probable que dichas fibras y/o volátiles se hallen en suspensión en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables. Esta comprende las siguientes divisiones:

DIVISIÓN 1: Lugares en que se manipulan, fabrican o emplean fibras fácilmente inflamables.

DIVISIÓN 2: Lugares donde se manipulan o almacenan fibras fácilmente inflamables, excepto en proceso de fabricación.

Para los fines de aprobación y comprobación de los materiales de instalación, las normas han agrupado varias mezclas atmosféricas según sus características de peligro.



BIBLIOGRAFIA.

Consortio BearingPoint - STI – Juran Institute,
SAM Sistema de administración para el mantenimiento
Entregable 2.1.2
Prototipo de Manuales Del Sistema de Administración de Mantenimiento para cada
Subsidiaria y a nivel PEMEX Diciembre, 2003 Strategic Technologies. Inc.

Presentación Power Point Terminal de Almacenamiento y Distribución Satélite Norte

Presentación Power Point Modulo Mantenimiento de Plantas PM

Héctor Javier López Rodríguez Recomendaciones practicas sobre la electricidad estática
relámpagos y corrientes extraviadas. Gerencia de almacenamiento y distribución centro
Pemex Refinación

Marco normativo o documento de referencia.

- R 1 API RP 1004; Botton Loading and Vapor Recovery for MC-306 Tank Motor Vehicles; 7 ed.; Noviembre de 1998.
- R 2 API RP 2003; Protection Againt Ignitions Arising Out of Static, Lightning and Stray Currents; 5 ed.; Diciembre 1991.
- R 3 API 540; Electrical Instalations in Petroleum Processing Plant; 3 ed.; Septiembre 1991.
- R 4 API 2015; Safe Entry and Cleaning of Petroleum Storage Tanks; 4 ed.; Enero 1991.
- R 5 API 2026; Safe Descent Onto Floating Roofs of Tanks in Petroleum Service; 5 ed.; Julio 1988.
- R 6 API 2610; Diseño, Construcción, Mantenimiento e Inspección de Instalaciones de Terminales y Tanques; 1 ed.; Julio 1994.
- R 7 API: Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 3-Tank Gaugin; Section 1A-Standard Practice for Manual Gauging of Petroleum and Petroleum Products; 5 ed.; Diciembre 1994.



-
-
- R 8 API: Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 3-section 3 - Static Temperature Determination Using Portable Electronic Thermometers.
- R 9 ASTM D 4057-88; Standard Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Productos.
- R 10 DG-GPASI-03620; Dictamen Normativo de las Medidas Adicionales de Seguridad (M.A.S.) en Tanques Atmosféricos; Rev.1; Octubre 1994.
- R 11 Industrial Risk Insures; IM.9.2.1.1. Truck Loading Rack; Diciembre1, 1994.
- R 12 Instalación de Sistemas de Conexión a Tierra No. III.8; 1 ed.; Rev.1; Gerencia de Ventas; 1988.
- R 13 Diseño de Sistemas de Conexión a Tierra; No.III.7; 1 ed.; Rev.1; Gerencia de Ventas; 1988.
- R 14 NFPA 70; National Electrical Code; 1993 ed.
- R 15 NFPA 77; Recommended Practice on Static Electricity; 1988 ed.
- R 16 NOM-022-STPS-1998; Electricidad Estática en los Centros de Trabajo - Condiciones de Seguridad.
- R 17 Reglamento de Seguridad e Higiene de Petróleos Mexicanos (Ventas); Julio De 1984.
- R 18 Sistemas de Conexión a Tierra; Norma 2.346.04; Normas para Proyecto de Obras; Petróleos Mexicanos; 1 ed.; 1974.
- R 19 The Gamgram; No.7; Chispeo de Turbo Combustible, septiembre 1975 (revisado Julio 1982).
- R 20 The Gamgram; No.15; Incendio en los Filtros Separadores; julio 1982.