

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“Análisis, cálculo y prevención de electricidad estática en transportes y lugares de almacenamiento de combustibles en la planta de Ancón. (Pacifpetrol)”

TOPICO DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACION
ELECTRONICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.**

Presentada por:

Juan Patricio Aguirre Mateus

Segundo Manuel Panchana Delgado

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2008

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser nuestro guía espiritual. Al Ing. Juan Gallo Galarza por ser un modelo ideal de Director de Tesis debido a su gran capacidad de trabajo, su dedicación plena, su incansable disposición y su inestimable ayuda en la elaboración y revisión de esta tesis.

DEDICATORIAS

A nuestros Padres, por el amor, apoyo y la confianza que nos brindaron.

A nuestros Hermanos, por apoyar nuestros ideales.

A mi querido hijo ya que él me da ánimo de seguir adelante en todas las metas que me propongo.

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Holger Cevallos U.
SUBDECANO DE LA FIEC
PRESIDENTE

Ing. Juan Gallo G.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jorge Aragundi
VOCAL PRINCIPAL

Ing. Efrén Herrera
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACION EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Juan Patricio Aguirre Mateus

Segundo Manuel Panchana Delgado

RESUMEN

En el primer capítulo presentamos el análisis de los factores con los cuales se puede presentar la electricidad estática, y los lugares donde se puede generar la mayor electricidad estática.

En el segundo capítulo se describe los diseños, sistemas y mecanismos de bombes de combustible en donde se genera electricidad estática.

En el tercer capítulo se detalla cada uno de los peligros que puede ocasionar la electricidad estática en la Planta de Ancón.

En el cuarto capítulo presentamos la valorización de riesgos que puedan existir en la Planta de Ancón.

En el quinto capítulo se mencionarán los mecanismos con los cuales se puede evitar la electricidad estática. Y por ultimo incluir las conclusiones y recomendaciones.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VII
ABREVIATURAS.....	III
INDICE DE FIGURAS.....	XI
INDICE DE TABLAS.....	XIII
INDICE DE PLANOS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1.....	3
ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE CAUSAN LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA	3
1.1. Lugares en los cuales se presenta la electricidad estática	3
1.1.1. Condiciones climatológicas del ambiente.....	3
Climas Secos	4
Semiáridos.....	4
Áridos	5
Climas Fríos	4
Continental humedo.....	5
Continental Suave.....	5
1.1.2.Lugares donde hay presencia de la electricidad estática	7
1.2. Elementos que sirven como generadores de cargas estáticas	9
1.2.1.Materiales metálicos y no metálicos.....	9
1.2.2.El cuerpo humano como generador de la electricidad estática.....	12
1.3. Causas por la que se produce la electricidad estática.	20

1.3.1. Análisis del viento como generador de la electricidad estática	20
1.3.2. Análisis del roce de materiales los cuales generan electricidad estática.	23
1.3.3.Movimiento de fluidos	24
1.4. Datos de la electricidad estática.....	38
1.4.1.Tipos de descarga	39
a) Descarga tipo corona	39
b) Descarga tipo chispa.....	39
c) Descarga tipo brocha.....	40
d) Descarga brocha propagante	41
1.4.2.Capacidad de carga electrostática de los líquidos.....	42
CAPÍTULO 2.....	47
ESTUDIO DE LA ELECTRICIDAD ESTATICA EN LUGARES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES (COMBUSTIBLES LIQUIDOS) EN PACIFPETROL.....	47
2.1. Implantación de sistema de almacenamiento y bombeo	47
2.2. Diseño de la estructura donde se encuentra el combustible.....	51
2.3. Protecciones	58
Pinzas de protección a tierra	59
Pinzas de aterrizaje y de interconexión	61
Sistema de monitoreo de tierra física.....	62
2.4. Pasos a seguir para el adecuado desembarque de combustible.....	65
2.4.1. Check list.	69
2.5. Colocación de puesta a tierra.....	73
Conexiones equipotenciales y puesta a tierra.....	73

CAPÍTULO 3.....	79
ANÁLISIS DE PELIGROS Y RIESGOS DE ELECTRICIDAD ESTÁTICA	79
3.1. Identificación de peligros.....	79
3.2. Evaluación de riesgos	81
3.2.1. Tipos de riesgos (conceptos).	84
3.2.2. Riesgos que pueden convertirse en accidentes	85
3.3. Ambientes en los cuales se produce la electricidad estática	86
3.4. Medios donde se produce la electricidad estática	87
3.4.1. Transporte.	87
3.4.2. Industria en general	89
CAPÍTULO 4.....	91
VALORIZACIÓN DEL RIESGO EN PRESENCIA DE LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA. EN EL ALMACENAMIENTO DE LA PLANTA PACIFPETROL.....	91
4.1. Análisis de la planta de procesamiento de combustible utilizando el método de Árbol de Sucesos de Falla	91
4.2 Consecuencia de la electricidad estática.....	94
4.2.1. Propagación brusca de las descargas estáticas.....	102
CAPÍTULO 5.....	105
PREVENCIÓN EN LUGARES CRÍTICOS DONDE EXISTA RIESGOS DE ELECTRICIDAD ESTÁTICA	105
5.1. Medios para descargar la electricidad estática	105
5.1.1. Estructuras metálicas y paneles antiestáticos	105
5.1.2. Dispositivo para la eliminación de cargas electrostáticas	107
Dispositivo de puesta a tierra retráctil	108

5.2. Control del ambiente de trabajo	110
5.3. Precaución al descargar combustible al distribuir al usuario final.	111
Conclusiones.....	114
Recomendaciones.....	116
Bibliografía.....	117

ANEXOS

Anexo 1, Resumen de precauciones en el trasvase de cisternas

Anexo 2, Árbol de sucesos de falla

INDICE DE FIGURAS

- Fig. 1.1 Ejemplos de generación de cargas electrostáticas.
- Fig. 1.2 Generación de cargas electrostáticas en personas por inducción.
- Fig. 1.3 Capacitancia de placas paralelas
- Fig. 1.4 Gráfica de Voltaje vs Carga
- Fig. 1.5 Rayo caído en la ciudadela el Recreo (Durán)
- Fig. 1.6 Formación de la electricidad estática.
- Fig. 1.7 Posición en la que se encuentran los filtros.
- Fig. 1.8 Relación de los orificios que tienen los filtros.
- Fig. 1.9 Tanques salchichas.
- Fig. 1.10 Nomograma de hidrocarburos
- Fig. 1.11 Gráfica Fricción vs Diámetro de tubería
- Fig. 1.12 Nomograma de hidrocarburos
- Fig. 1.13 Gráfica corriente vs. Diámetro de tubería
- Fig. 1.14 Descarga tipo corona.
- Fig. 1.15 Descarga tipo chispa.
- Fig. 1.16 Descarga tipo brocha.
- Fig. 1.17 Descarga tipo brocha.
- Fig. 1.18 Descarga en brocha propagante.
- Fig. 2.1 Filtros por donde circula el petróleo.
- Fig. 2.2 Esquema de los tanques salchichas.
- Fig. 2.3 Sistema de almacenamiento de crudo.

- Fig. 2.4 Mapa de la Península de Santa Elena.
- Fig. 2.5 Vista superior de Casa Bomba (Pacifpetrol).
- Fig. 2.6 Tanques salchichas a la izquierda y cuarto de control a la derecha.
- Fig. 2.7 Tanque de almacenamiento secundario (TK N).
- Fig. 2.8 Tanque primario o final (TK K).
- Fig. 2.9 Tuberías de transferencia de petróleo a la refinería de La Libertad.
- Fig. 2.10 Pinza Hytrel Cen-Stat.
- Fig. 2.11 Pinza JR 150.
- Fig. 2.12 Sistema de monitoreo local y remoto.
- Fig. 2.13 Esquema del sistema de monitoreo local y remoto.
- Fig. 2.14 Esquema del método de los cuatro electrodos
- Fig. 2.15 Esquema del sistema simétrico.
- Fig. 4.1 Gráfica para la determinación de la velocidad/caudal máximo de flujo en función del diámetro interior de la tubería para evitar la generación de cargas.
- Fig. 4.2 Gráfica para la determinación de la velocidad/caudal máximo de flujo en función del diámetro interior de la tubería para evitar la generación excesiva de cargas más exacta.
- Fig. 5.1 Dispositivos de puesta a tierra RGA.
- Fig. 5.2 Esquema de instalación del dispositivo de puesta a tierra RGA.
- Fig. 5.3 Ilustración del beneficio de las causas que pueden tener los shunts.

Fig. 5.7 La electricidad estática en el que una chica tuvo un incidente de incendio al salir del coche y tocar directamente la pistola.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Escala triboeléctrica basada en la carga que adquieren los distintos materiales al ponerse en contacto y rozar unos con otros

Tabla 2 Resistividad eléctrica de líquidos no conductores.

Tabla 3 Resistividad eléctrica de líquidos conductores.

Tabla 4 Secuencia del árbol de suceso de falla

Tabla 5 Velocidades y valores de "vd" en tuberías

INDICE DE PLANOS

Plano Pacifp – 01 Casa bomba

Plano Pacifp – 02 Pacifpetrol (Garita 2)

INTRODUCCION

El presente trabajo trata del “Análisis, cálculo y prevención de la electricidad estática en transportes y lugares de almacenamiento de combustibles en la planta de Ancón (Pacifpetrol)”, con el fin de dar a conocer todas las razones y motivos por la que se genera este fenómeno para así, prevenir cualquier peligro que existiese en la planta de almacenamiento y bombeo (Pacifpetrol).

En Casa bomba (Pacifpetrol), el combustible manipulado es el petróleo, el cual es recolectado por tanqueros (camiones transportadores de petróleo), luego llevados a la planta denominada Casa Bombas y de ahí a su vez pasa por tuberías de acero hasta la refinería de La libertad.

El petróleo antes de ser bombeado a la refinería se procede a filtrarlo y almacenarlo hasta que sea requerido, este proceso conlleva algunos pasos e implica varios factores para que no ocurra accidente alguno como es la velocidad de transporte del petróleo por las tuberías, además existen factores externos que no se pueden controlar, tal es el caso del clima, pero se puede prevenir su efecto, así podemos tomar las debidas precauciones en la planta.

Actualmente no es muy considerada la electricidad estática en nuestro medio esto se debe al poco conocimiento de la misma, pero con el cambio climático y por deficientes normas de seguridad en algunas plantas, se podrían generar hasta producir un daño considerable; en esta tesis se plantea

prevenir y analizar los posibles daños o efectos causados por la electricidad estática al manipular el petróleo dentro de Casa Bomba.

CAPITULO 1

ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE CAUSAN LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA.

1.1 Lugares en los cuales se presenta la electricidad estática.

La presencia de la electricidad estática se puede generar en infinidad de lugares del mundo, siempre y cuando se produzcan algunas condiciones, la cual es la mezcla de dos condiciones básicas los cuales son: climas con pocas precipitaciones (climas secos) y donde existan climas fríos, en estos casos la electricidad estática se presenta de una forma mas frecuente.

Además de esto se puede llegar a generar la electricidad estática ya sea por contacto o fricción, esto sin olvidar que también se puede desarrollar por inducción.

1.1.1 Condiciones climatológicas o de ambiente

La electricidad estática se desarrolla primordialmente en lugares donde existan ciertas condiciones climatológicas en el ambiente, por ejemplo, en lugares donde el aire contiene poca humedad, de forma que las precipitaciones son escasas, además que el ambiente se torne un clima frio y seco.

En el Ecuador existe una gran variedad de climas, por lo cual analizaremos la zona de la península de Santa Elena en especial Ancón donde se encuentra la planta de Pacifpetrol, y con esto analizar y observar, si se cumplen las dos propiedades para que se produzca la electricidad estática, las cuales son: que exista un clima frío y carezca de precipitaciones, ósea que también sea un clima seco.

Por lo que primero veremos qué es lo que se entiende por climas secos y climas fríos.

Climas secos

Son climas en los que la evaporación excede a la precipitación, por lo que ésta no es suficiente para alimentar corrientes de agua permanentes.

Hay dos subdivisiones principales:

Semiárido: En las estepas cálida o en los límites de los grandes desiertos cálidos. Sus precipitaciones son escasas e irregulares, entre 250 y 500 mm anuales, en forma de chaparrones. Las temperaturas son elevadas durante todo el año. Gran amplitud térmica diaria. Otro tipo de clima semiárido se da en las estepas frías, en latitudes medias del interior de los continentes más grandes. Sus precipitaciones son muy escasas e irregulares, en

forma de chaparrones. Las temperaturas similares a las continentales. Inviernos fríos y fuerte amplitud térmica anual.

Árido: Es el clima del desierto, ya sea cálido o frío. La aridez es extrema y las precipitaciones escasas e irregulares, inferiores a los 250 mm anuales, con una sequedad extrema del aire. Humedad relativa muy baja. Los desiertos fríos son degradaciones del clima continental, mediterráneo o de vertientes a sotavento.

Climas fríos

Son los climas subantárticos y subárticos húmedos con inviernos rigurosos, donde la temperatura media del mes más frío es inferior a -3° C y la temperatura media del mes más cálido mayor a 10° C. Los lugares con este clima se caracterizan por estar cubiertos de nieve uno o más meses. Hay dos tipos fundamentales:

Continental húmedo: Ocupa la mayor parte de la zona templada propiamente dicha. Es muy contrastado. A un invierno muy frío y seco se opone un verano cálido y lluvioso. La oscilación térmica anual es muy elevada. En los bordes del clima continental las precipitaciones, aunque no muy abundantes, son regulares.

Continental suave: A diferencia del anterior, tiene una estación seca en invierno.

El peligro de que ocurran cargas electrostáticas en los medios donde el clima se torna frío y seco son muy altas ya que al no existir una gran humedad, hace que el suelo no esté cubierto por la capa de humedad (característica en ambientes húmedos) las cuales son buenas conductoras para la descarga de la electricidad estática, como por ejemplo una persona caminando por el suelo genera electricidad estática, por el contacto y la posterior separación de la suela del zapato con la superficie del suelo, si existiera esta capa de humedad la electricidad estática se descargaría sin ningún problema.

Ancón: En la época actual y por el cambio climático (el cual sufre la Tierra), la Península de Santa Elena-Ancón, tiene ciertos cambios en su clima (con respecto a décadas anteriores) en la actualidad el ambiente en Ancón permanece más húmedo esto se puede apreciar en la frondosa vegetación que se encuentra en sus alrededores, además un factor importantes es la cercanía de las playas ya que la brisa marina mantiene un constante ambiente húmedo, por esta razón no se podría considerar como un clima seco (además que las precipitaciones anuales sobrepasan los 500 mm por año); por otra parte de julio a diciembre existe un clima un poco frío, la cual tiene como

promedio los 17°C, estos 17°C no cae en el rango peligroso, en el cual se produce la electricidad estática.

Ancón todo el año se encuentra rodeado de humedad, por la influencia de la brisa marina, con esto logra mantener una humedad promedio del 60%, ya que este valor de porcentaje esta en el rango para que no exista electricidad estática

1.1.2 Lugares donde hay presencia de la electricidad estática

La electricidad estática da lugar al conjunto de fenómenos asociados con la aparición de una carga eléctrica en la superficie de un cuerpo aislante o en un cuerpo conductor aislado. Es un fenómeno que muchas personas habrán experimentado alguna vez en forma de descarga al acercarse a tocar un elemento conductor como la manilla de un carro o la perilla metálica de una puerta, después de haber andado sobre un suelo aislante. Esto es fuente de molestias y en determinadas situaciones puede ocasionar accidentes graves.

Para generar electricidad estática es suficiente el contacto o fricción y la separación entre dos materiales generalmente diferentes y no necesariamente aislantes, siendo uno de ellos mal conductor de la electricidad. Esta primera forma de

generación de electricidad estática es la más común y ocurre en multitud de ocasiones.

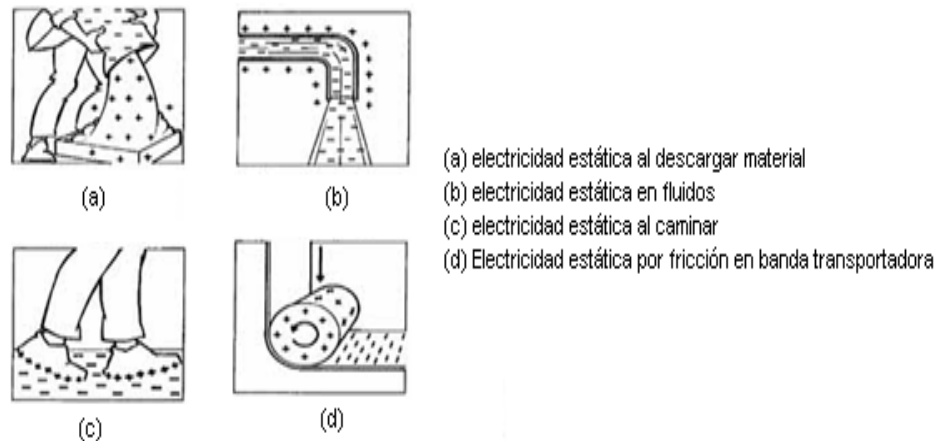


Fig. 1.1 Ejemplos de generación de cargas electrostáticas

Una segunda forma de generación, puede ocurrir a partir de la carga previamente originada en la superficie de un material aislante, la cual induce la formación y distribución de cargas eléctricas en un cuerpo conductor que esté próximo. Este fenómeno físico se denomina Inducción y su secuencia se observa en la Fig. 1.2.

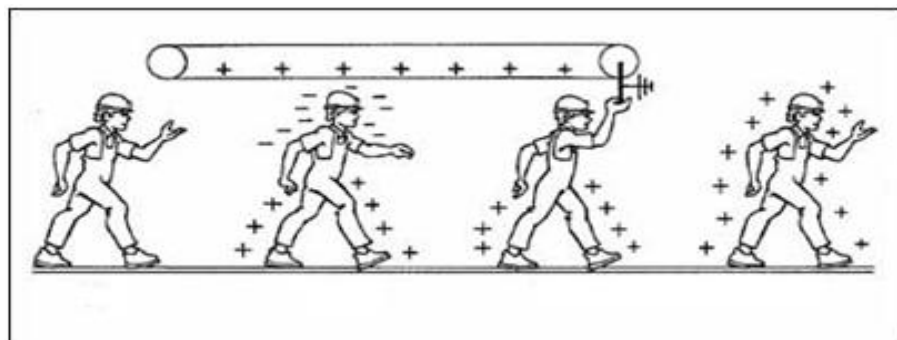


Fig. 1.2 Generación de cargas electrostáticas en personas por inducción.

1.2 Elementos que sirven como generadores de cargas estáticas

En la naturaleza existen elementos, los cuales al estar en contacto unos con otros generan electricidad estática, estos sean metálicos o no metálicos, los elementos que son mas espontáneos a producir las cargas se los llama carga triboeléctrica.

Entre el principal generador y almacenador de electricidad estática encontramos al hombre ya que este puede almacenar (también depende de la ropa que utilice) y generar la electricidad estática, porque en su normal desenvolvimiento en la industria, puede generar carga estática, al estar en contacto, y efectuar algún roce o fricción con los diferentes tipos de materiales que se encuentran en Casa Bombas.

1.2.1 Materiales metálicos y no metálicos

El fenómeno de la generación de electricidad estática se conoce desde hace muchos años al observar la atracción de trozos de papel mediante varillas o barras de materiales aislantes después de haber sido frotadas con una pieza de tela. Como ya sabemos el principal medio para que se produzca la electricidad estática es el rozamiento o fricción de 2 tipos de materiales

En la naturaleza existen muchos materiales en los cuales se puede generar cargas electrostáticas.

En Ancón, la fuente principal de generación de estática es la propia persona que labora en el medio ya que es quien genera cargas triboeléctrica como resultado de su actividad diaria en el trabajo.

En la Tabla 1 Se puede observar una escala triboeléctrica basada en la carga que adquieren los distintos materiales al ponerse en contacto y rozar unos con otros. Se ordenan de manera que puestos en contacto y separados dos materiales (metálicos y no metálicos) descargados, aquel que se lleve más electrones quedará cargado negativamente y el que quede con menos positivamente.

Los materiales que tienden a rechazar la humedad, obviamente los sintéticos como el teflón y el aire están en los extremos de la Tabla 1 y por lo tanto son los que más contribuyen a la triboelectricidad.

En la planta de almacenamiento de combustible (Ancón) hay una gran variedad de materiales que se mantienen en contacto, ya que por su uso diario, transporte o manipulación de estos, podrían generar cargas estáticas, como por ejemplo:

La piel en contacto con el Polietileno (cinta aislante, en el caso de alguna reparación eléctrica) ya que la piel se carga positivamente y tiende a perder los electrones al ponerse en

contacto el polietileno el cual tiene mayor tendencia a adquirir electrones.

En la planta de Ancón se puede encontrar comúnmente algunos materiales que están en la Tabla 1 los cuales son: vidrio, cabello humano, piel, aluminio, papel, algodón, acero, cobre, acrílicos, poliéster(botellas de plástico), polietileno(cinta aislante), polipropileno(envases para combustibles), PVC.

Tabla 1

Carga+ Carga -	Materiales	Característica
+	Vidrio	Intensamente positivo
+	Cabello humano	
+	Nylon	
+	Lana	
+	Piel	Medianamente positivo
+	Seda	
+	Plomo	
+	Aluminio	
+	Papel	ligeramente positivo
0	Algodón	prácticamente no se carga
0	Acero	prácticamente no se carga
-	Madera	ligeramente negativo
-	Ámbar	
-	Cobre	

-	Níquel	
-	Plata	
-	Platino	
-	Acrílico	Medianamente negativo
-	Goma sintética	
-	Poliéster	
-	Polietileno (cinta aislante)	
-	Polipropileno	
-	Cloruro de polivinilo (PVC)	
-	Teflón	
-	Goma de silicona	Intensamente negativo

Tabla 1.- Escala triboeléctrica basada en la carga que adquieren los distintos materiales al ponerse en contacto y rozar unos con otros.

1.2.2 El cuerpo humano como almacenador de la electricidad estática

Entre las muchas funciones que el cuerpo humano realiza, se encuentra una propiedad la cual es, que nuestro organismo tiene energía y puede almacenarla, ya que este trabaja como un condensador capaz de almacenar pequeñas dosis de electricidad, por lo tanto el cuerpo humano es considerado un conductor y almacenador de energía eléctrica.

Este fenómeno se hace más evidente cuando saludamos a alguna persona en el interior de un centro comercial o mall, esto se debe a que en un ambiente frío producto de los aires acondicionados y con un suelo libre de humedad (pisos secos) como pasan la mayor parte del tiempo estos suelos en los centros comerciales o mall, entonces las personas al caminar frente a un aire seco se cargan de electricidad estática, por la fricción de la ropa, piel y otros objetos que utilice y como la mayoría de zapatos que se venden en el mercado no sirven para descargar la electricidad estática, estos cuerpos permanecen cargados esperando la primera oportunidad para descargarse, el cual puede ser un apretón de manos, tocar alguna pared o algún metal el cual se encuentre empotrado al piso y en ese instante se produce la descarga; en esos caso el cuerpo humano actúa como generador y como almacenador de electricidad estática.

En los automóviles, generalmente esta se produce gracias al roce con el viento en un clima seco, a este fenómeno se lo considera como electricidad estática. Entonces, la persona que conduce el automóvil absorberá parte de esa energía, cuando esté manejando, mientras no toque tierra, el cuerpo guarda la electricidad (en este caso el cuerpo humano pasa a ser almacenador de electricidad estática), pero cuando hace

contacto con el suelo o algún objeto aterrizado, esa energía se descarga, de esta forma, los electrones y protones se trasladan, además hay que tener en cuenta el material sintético que se puede encontrar en el interior de los tanqueros que transportan combustibles en Pacifpetrol, estos podrían generar electricidad estática en nuestro cuerpo producto del roce de los mismos además de la utilización de zapatos de una suela gruesa la cual aleja las pisadas de la tierra para poder descargarse, esto aumenta el almacenamiento de corriente en el cuerpo humano y puede lograr una descarga más fuerte. La acumulación de cargas también depende en gran medida de las características físicas de las personas, en especial del estado de su piel (seca o húmeda) y de su nivel de sudoración, aunque también influye la humedad ambiental, además el cuerpo humano es considerado un buen conductor de la electricidad debido principalmente a su alto contenido en agua, aunque su vestimenta puede ser un factor negativo que facilite la acumulación de cargas, debido en ocasiones a la baja conductividad de aquélla. Así, por ejemplo, la ropa de fibras sintéticas y el uso de guantes o calzado aislante son contraproducentes cuando exista tal riesgo en atmósferas inflamables. Cuando tales descargas electrostáticas con chispa se producen en una atmósfera inflamable, es relativamente fácil

que se inicie el incendio, dado que la energía de activación que aportan acostumbra ser superior a la que se precisa para la combustión de gases y vapores, que suele ser por lo general del orden de los 0.25 mJ.

El peligro de inflamación existe cuando la chispa es generada por una diferencia de potencial superior a los 1.000 V. Para que se produzcan incendios o explosiones deberán cumplirse conjuntamente las tres siguientes condiciones:

- La existencia de una mezcla combustible o comburente susceptible de explosión o incendio por encontrarse dentro de su rango de inflamabilidad.
- La acumulación de una carga electrostática lo suficientemente alta para crear una diferencia de potencial generadora de chispa.
- La producción de la descarga electrostática (chispa) iniciadora, de energía suficiente para inflamar una mezcla peligrosa.
- La presencia de humedad sea relativamente baja y además la existencia de un clima frío.
- La persona o el elemento a producir la chispa electrostática debe estar aislado ósea no debe tener ningún medio para descargar la carga estática (no debe estar conectado a tierra)

Para poder entender de una mejor manera, vamos a considerar al cuerpo humano como un capacitor

Entonces tenemos que la capacitancia (Fig. 1.3) es tan solo un par de placas paralelas, si están cargadas, almacenan energía eléctrica.

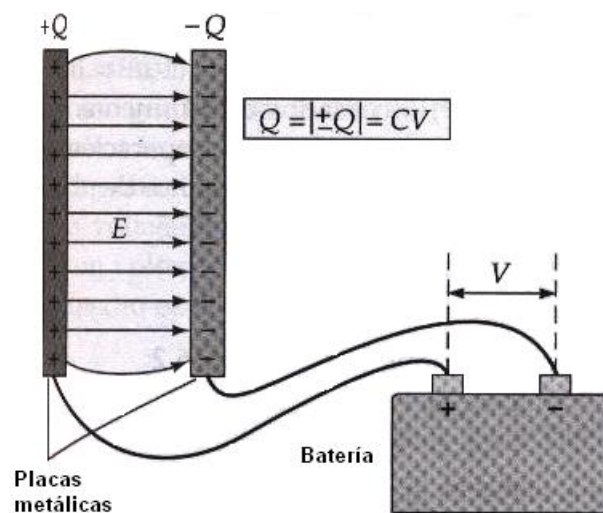


Fig. 1.3 Capacitancia de placas paralelas

El almacenamiento de energía tiene lugar porque se requiere trabajo para transferir la carga de una placa a otra. Imagine que un electrón es desplazado entre un par de placas inicialmente descargadas. Una vez hecho esto el transferir un segundo electrón será más difícil, porque no solo es repelido por el primer electrón sobre la placa negativa, sino también es atraído por una carga positiva doble sobre la placa positiva.

Para un capacitor, la diferencia de potencial a través de las placas es proporcional a la carga Q sobre ellas, o $Q \propto V$. (Q denota la magnitud de la carga sobre cualquier placa, no la carga neta sobre todo el capacitor, que es cero). Esta proporcionalidad puede hacerse una ecuación usando una constante, C , llamada capacitancia:

$$Q = CV \quad \text{o} \quad C = \frac{Q}{V}$$

Unidad S.I. de la capacitancia: coulomb por volt (C/V), o farad (F). Capacitancia significa carga almacenada por volt. Cuando un capacitor tiene una “capacitancia grande”, guarda una gran cantidad de carga por volt, en comparación con una de “pequeña capacitancia”

La expresión para la energía almacenada en un capacitor cargado puede ser obtenida por análisis grafico, ya que Q y V varían durante la carga.

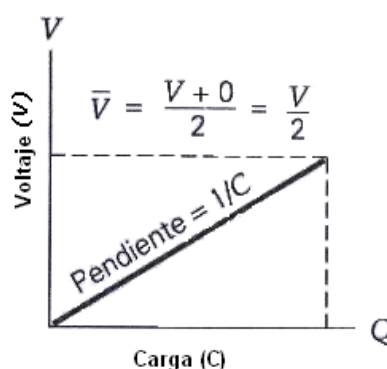


Fig. 1.4 Gráfica del Voltaje vs. Carga

Una grafica de voltaje versus carga para cargar un capacitor es una línea recta con una pendiente de $1/C$, ya que $V=(1/C)Q$ (fig.1.4). La gráfica representa la carga de un capacitor inicialmente descargado ($V_0= 0$) hasta un voltaje final (V). El trabajo hecho es equivalente a transferir la carga total, usando un voltaje promedio \bar{V} . Como el voltaje varia linealmente con la carga, el voltaje promedio es la mitad del voltaje V :

$$\bar{V} = \frac{V_{final} + V_{inicial}}{2} = \frac{V + 0}{2} = \frac{V}{2}$$

Así, la energía almacenada en el capacitor (igual al trabajo hecho por la batería) es:

$$W = Q\bar{V} = \frac{1}{2}QV$$

Como $Q= CV$, esta ecuación puede ser escrita en varias formas equivalentes:

$$W = \frac{1}{2}QV = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}CV^2 \quad (\text{Energía almacenada en un capacitor})$$

Ahora bien, es normal para una persona alcanzar un potencial del orden de los 10.000 V, y dado que la capacidad del cuerpo humano actuando como condensador eléctrico es del orden de los 200 -300 pF, la energía de las cargas electrostáticas es de

aproximadamente 10 mJ, muy superior a la que se precisa como energía de activación de atmósferas inflamables.

$C = Q/V$ \therefore fórmula tomada de la capacidad de un condensador

$W = CV^2/2$ \therefore expresión tomada de la energía de un condensador cargado expresada en función de la capacidad y la tensión.

$$W = CV^2/2 = QV/2 = Q^2/(2C)$$

$$W = 1/2 C \cdot V^2$$

$$W = 1/2 (200 \cdot 10^{-12}) \cdot (10^4)^2$$

$$W = 10 \text{ mJ}$$

Siendo

W = energía desprendida en la descarga en J (julios)

C = capacidad en F (faradios)

V = potencial eléctrico en V (voltios)

Q = cantidad de electricidad en C (culombios)

En tal sentido cabe afirmar que la descarga disruptiva entre un operario aislado de tierra y un cuerpo conductor (cualquier

elemento de Casa Bomba), conlleva un peligro alto por la energía que puede aportar, esto ocurre cuando no se cumplen todas las condiciones para la generación de carga o chispas electrostáticas, aunque en este caso un riesgo de electrocución es nula ya que la intensidad de la corriente que se genera es bajísima, y la única sensación que producirá será la de una ligera sacudida.

1.3 Causas por las que se producen la electricidad estática.

Existe diferentes formas de producir electricidad estática y la más común que conocemos es con el roce o fricción por un lapso determinado de tiempo y entre dos superficies, entre estas vamos a analizar las más comunes que pueden afectar al medio en el cual se labora.

1.3.1 Análisis del viento como generador de electricidad estática.

La presencia del viento es algo que siempre se tiene presente en la mayoría de plantas que almacenan combustible, ya sea un viento en mayor o menor intensidad, dado que la planta se encuentra en Ancón la cual está cercana al mar, la presencia del viento es de una manera constante, gracias a la brisa marina. En menores proporciones la electricidad estática se genera por medio del aire seco del ambiente lo cual se lo explico en el Cap.

1.2.2

En mayores proporciones, aparece el rayo el cual es producto del roce de las nubes gracias a la acción del viento, lo cual también es una descarga electrostática pero en gran magnitud, ya que el rayo es una poderosa descarga electrostática natural producida durante una tormenta eléctrica, para que el rayo se genere va a depender mucho de la circulación del aire en la atmósfera, ya que se realiza por el intercambio de calor que se produce entre los gases o fluidos calientes que ascienden y los gases fríos que descienden. Este trasvase de energía se llama convección.

Existen diferentes tipos de rayo, dependiendo del sentido en que viaja el rayo y del sentido de las cargas en los dos puntos. Un rayo comienza por la acumulación de cargas negativas en la base de la nube. Esos electrones conforman una descarga guía que se dirige desde la nube hacia el suelo. Mientras tanto, en las puntas y sobresaltos del terreno (ejemplo: una casa, los tanques de almacenamiento de combustible, un árbol, etc.) se van a acumular cargas positivas. Cuando esa descarga está lo suficientemente cerca del suelo, sale una descarga positiva desde el suelo hacia la nube.

Cuando esas dos descargas se unen forman un canal de aire ionizado que es el que va a tomar el rayo propiamente dicho, o

mejor dicho, uno de los “strokes” del rayo (teóricamente no vemos el rayo, es demasiado rápido, lo que vemos es el resultado de varios de estos “strokes”).



Fig. 1.5 Rayo caído en El Recreo (Duran)

En la naturaleza existen rayos que van desde tierra hacia nube, pero, también los hay que van desde la nube hacia la tierra. Hay en total 4 tipos:

- Los rayos negativos que van desde nube a tierra tienen las ramificaciones mirando hacia abajo, están fuertemente ramificados, y nacen en la región negativa de la nube.
- Los rayos positivos que van desde nube a tierra tienen las ramificaciones mirando hacia abajo también, están menos

ramificados, y nacen en la región positiva de la nube que se encuentra en la zona más alta de la nube

- Los rayos negativos que van desde tierra a nube tienen las ramificaciones mirando hacia arriba, y están poco ramificados, nacen en el suelo y mueren en la parte positiva, en la parte más alta de la nube.

- Y finalmente, los rayos positivos que van desde tierra a nube tienen las ramificaciones mirando hacia arriba, y están más ramificados que los anteriores, nacen en el suelo y mueren en la parte más cercana del suelo y la que es más negativa en la nube.

1.3.2 Análisis del roce de materiales los cuales generan electricidad estática.

Los materiales conductores permiten el paso de cargas eléctricas, mientras los aislantes lo obstaculizan. Los electrones situados en la superficie de un material aislante o un conductor aislado no pueden disiparse fácilmente mientras no tengan una vía conductora a tierra. Estos electrones al no poder circular con facilidad dan lugar a la denominada electricidad estática.

Los electrones tienen libertad de movimientos de una molécula a otra en los conductores, pero los protones son inseparables del átomo y no pueden moverse a menos que lo haga el propio

átomo. El conjunto de los átomos de los cuerpos sólidos forman estructuras que mantienen la posición de dichos átomos entre sí. Esa es la razón porque en los sólidos sólo se mueven los electrones, y en los líquidos y gases se pueden mover electrones y protones. La carga originada por este fenómeno se llama carga triboeléctrica y una serie triboeléctrica como la mostrada en la Tabla 1 ayuda a determinar la polaridad de cada uno de los dos materiales cargados. La magnitud de la carga electrostática está relacionada con la posición o distancia relativa entre sí de los materiales en la serie, y su signo está determinado por la predisposición de un material a ceder o ganar electrones que es lo que en realidad indica tal serie. Esta primera forma de generación de electricidad estática es la más usual y ocurre en multitud de situaciones. Como ya lo hemos mencionado anteriormente; al manipular con la mano papel, herramientas, vidrio o algún otro material se puede generar cargas estáticas y dado que estos tipos de materiales se encuentran comúnmente en Casa Bombas, podría originarse de alguna forma.

1.3.3 Movimiento de fluidos

En los líquidos inflamables y combustibles la generación se da principalmente cuando estos líquidos se ponen en contacto con

otros materiales, al trasladarse y en operaciones de mezclado, bombeo, filtración o agitación. La electricidad estática se puede acumular en el propio líquido. La generación de cargas electrostáticas en los trasvases de líquidos inflamables se produce fundamentalmente por la separación mecánica de éstos, en contacto directo con la superficie sólida a través de la cual fluyen o sobre la cual se depositan.

Básicamente, las cargas se generan:

- Al fluir el líquido por una tubería y a través de filtros, válvulas o bombas.
- Al salir el líquido proyectado a través de la boca de impulsión.
- Al caer el líquido en el interior de recipientes para su llenado.
- Al removerse el líquido en el recipiente contenedor en operaciones de transporte.

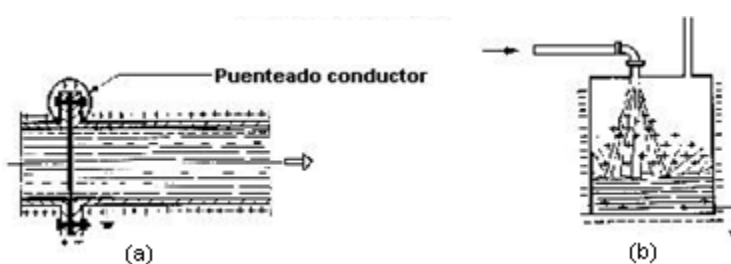


Fig.1.6

Formación de la electricidad estática:

- a) Flujo en tuberías.
- b) Llenado de recipientes a chorro libre.

El movimiento de los fluidos en este caso el petróleo comienza cuando se lo descarga y pasa a través de la tubería hacia los filtros los cuales son tres y están ubicados como ese indican en la Fig. 1.7,

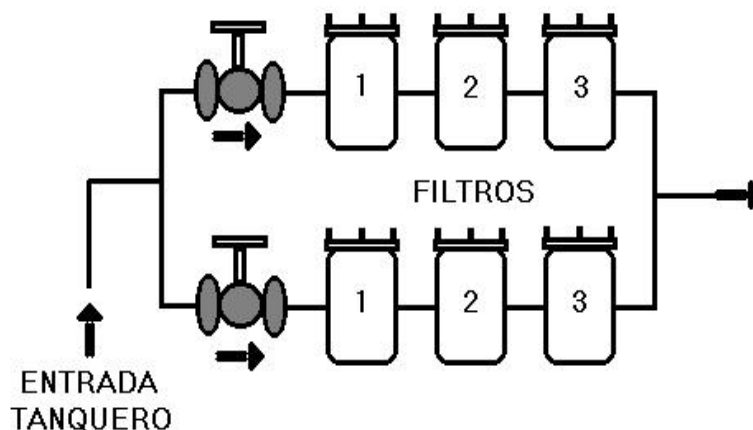


Fig. 1.7 Posición en la que se encuentran los filtros

Ya que cada filtro tiene diferente medida, los orificios por donde tienen que pasar el petróleo para filtrarse son los siguientes el primero es de $\frac{1}{4}$ ", el segundo de $\frac{1}{8}$ " y el tercero es de $\frac{1}{16}$ " (Fig. 1.8), esta área podría considerarse la zona más peligrosa por donde se transporta el petróleo ya que existe más fricción del petróleo con cualquier material en este caso las mallas de acero inoxidable, para esto se han tomado las respectivas medidas de seguridad, las cuales son:

- Esperar un tiempo prudencial el cual es de unos 30 seg. a un par de minutos en lo que se refiere a la llegada del petróleo en los tanqueros, pero en la planta se toma un tiempo de 10

min. cuando llega el tanquero a descargar, aparte de eso la mejor protección que puede tener es que cada malla es conectada a tierra para descargar cualquier tipo de carga estática que se pueda producir en la malla.

- Otro aspecto que se considero es la frecuencia con la que cada tanquero descarga el petróleo ya que como en la planta se trabajan las 24 horas en doble turno y como promedio ingresan aproximadamente 50 tanqueros por día y cada tanquero demora unos 10 minutos en descargar todo el petróleo la posibilidad de que exista alguna descarga se reduce.

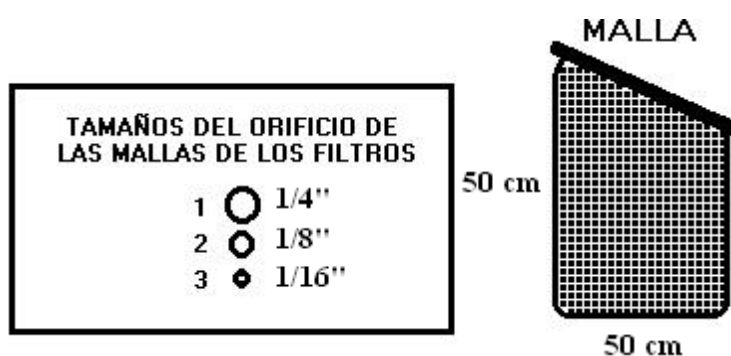


Fig. 1.8 Relación de los orificios que tienen los filtros

Después de pasar por la etapa de filtrado, el petróleo se dirige hacia el tanque salchicha (Fig.1.9), Donde se mantiene hasta que cumpla su ciclo de separación de agua con el petróleo a mas de algún resto de lodo que pueda tener, todo este proceso se realiza por gravedad.



Fig. 1.9 Tanques salchichas

Finalmente el petróleo se dirige hacia los tanques de almacenamiento, primero se dejan en el tanque K o llamado secundario y luego al tanque N ó primario para después de esto dirigirse hacia la refinería de La Libertad.

El llenado de los tanques está ubicado en la parte superior de los tanques ya que esto ayuda a separar lo último de gas que pueda quedar en la solución, además de esto la salida o desfogue de petróleo de cada uno de estos dos tanques se tiene a unos 3 pies de altura de la base del tanque por si exista la acumulación de lodos en el fondo de los tanques de almacenamiento.

Y para evitar cualquier tipo de descarga estática los tanques de almacenamiento también se encuentran conectados a tierra.

Además la experiencia demuestra que, aunque las cargas en operaciones de transvase son principalmente generadas al fluir

los líquidos por las tuberías, el riesgo en ellas es prácticamente inexistente dada la ausencia de fase gaseosa inflamable en el interior de la tubería, sin embargo es preciso conocer la corriente generada en la tubería para estar seguro de que no va a existir inconveniente en ningún momento.

Aunque en algunas plantas a existido problemas ya que el desarrollo de la electricidad estática en el fluido de hidrocarburos fue una de las causas, donde la chispa que podría ocasionar al fluir el petróleo por la tubería podría generar peligro en Casa Bomba, en este caso se ha analizado el lugar más crítico por donde circula el petróleo, el cual va desde el área de recepción de petróleo hasta llegar a los tanques salchichas, en este trayecto el petróleo pasa por los filtros, esta es el lugar mas peligro, por tal motivo se ha puesto en consideración un rango de corriente, que se pueda generar en el interior de la tubería, en este punto es importante la velocidad con la que se traslada el petróleo, y en esta parte la velocidad con la que se mueve el petróleo es de 2.81 m/s (9 pies/s)

Para obtener el rango de corriente, el cual es permitido en los hidrocarburos, partimos de la ley de ohm:

$V = IL \times R$, donde

V: Es la diferencia de potencial la cual no debe pasar los 30000 V cm ya que con esa cantidad de voltaje es suficiente para que se produzca la más peligrosas de las descargas, la descarga tipo chispa.

R: Es la resistividad del hidrocarburo la cual varía dependiendo de la densidad del petróleo y el rango de estos hidrocarburos van desde $10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ hasta $10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$, en nuestro caso la resistividad del petróleo que se encuentra los pozos de Ancón es de $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$

IL : La corriente a encontrarse en el interior de la tubería para poder asegurar el correcto funcionamiento en el traslado del petróleo.

Para encontrar la corriente (IL) en el interior de la tubería basamos el análisis en el nomograma, el cual nos facilita hallar la corriente, ya que es un método sencillo y rápido de encontrar el valor de la corriente en el interior de la tubería, el nomograma está en función de algunos factores, los cuales son: la velocidad con la que se bombea el producto, la distancia que recorre el producto y la corriente que se forma en la bomba la cual hace impulsar el petróleo.

Con esto se procede a trazar gráficamente una recta interceptando todos los puntos y obtenemos la corriente IL.

NOMOGRAPH HELPS DETERMINE STATIC ELECTRICAL CHARGE

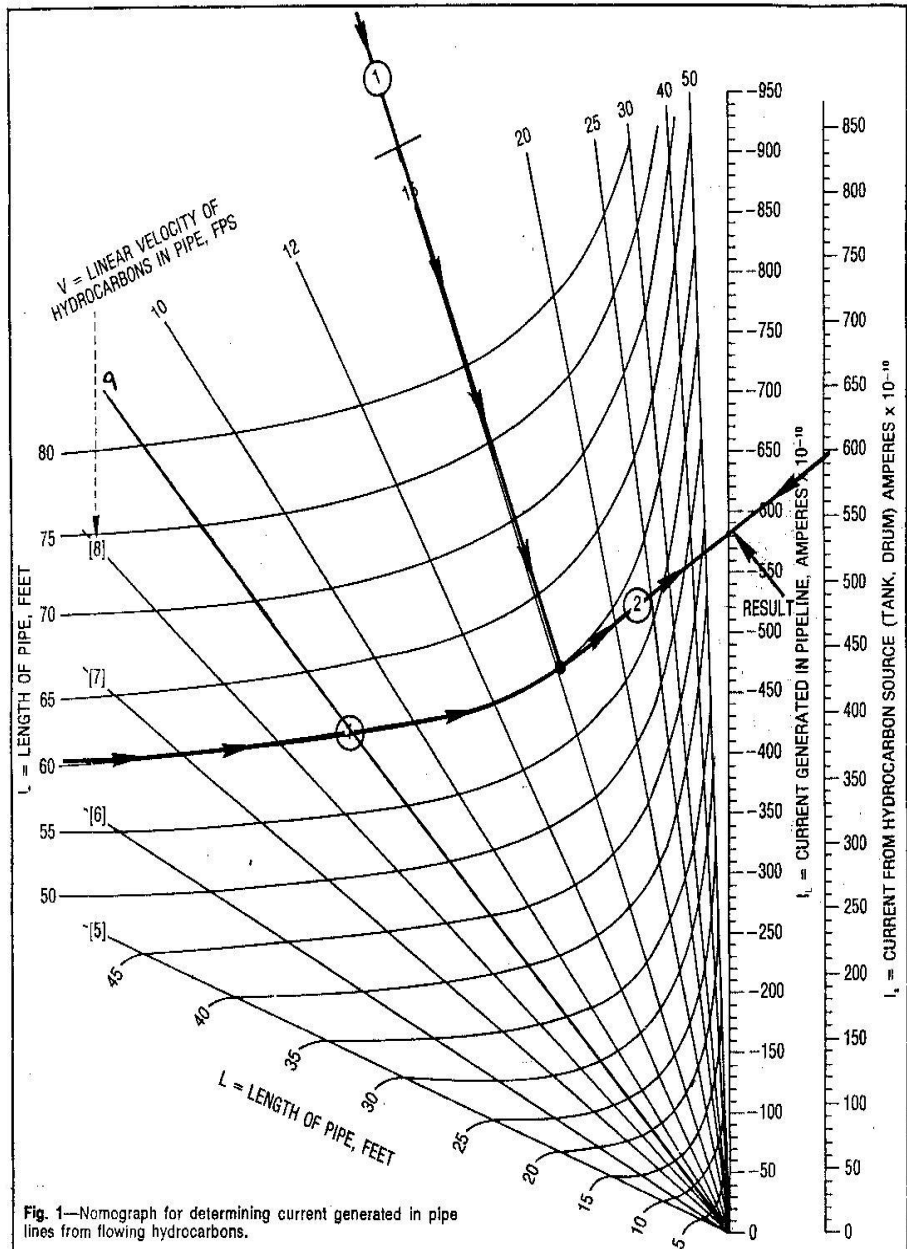


Fig. 1—Nomograph for determining current generated in pipe lines from flowing hydrocarbons.

Fig1.10 Nomograma de hidrocarburos

Las personas que diseñaron el nomograma para determinar la corriente (IL) desarrollaron una fórmula semi-empírica para poder calcular la corriente generada en la línea durante el flujo del hidrocarburo, esta fórmula es la siguiente:

$$I_L = - [(T \times K \times V_{\text{fluido}}^{-\alpha}) + I_S] \left(1 - e^{-L/TV_{\text{fluido}}}\right)$$

IL= Corriente generada en el interior de la tubería.

IS= Corriente generada en la bomba que impulsa el hidrocarburo.

T= 3.4 seg tiempo constante

V_{fluido}= Velocidad lineal del hidrocarburo (pies/seg)

L= Longitud de la tubería (pies)

K= Factor de proporcionalidad, determinado por el diámetro de la tubería y el factor de fricción

α = Valor obtenido de tablas.

Dado el ejemplo graficado en la Fig1.10 en el cual se utiliza como ejemplo un hidrocarburo el cual fluye en una tubería de 1/4", y se obtiene como dato el valor de $I_S = 600 \times 10^{-10}$ a este valor tenemos que adaptarlo a nuestras condiciones de una tubería de 4".

Entonces analizamos la manera cómo se comporta la curva que relaciona las características de fricción y el diámetro de la tubería.

El valor de la fricción es:

$$f = \frac{64}{Re} \text{ Donde el valor de Re viene de la formula } Re = \frac{\rho \cdot V_{\text{fluido}} D}{\mu}; \text{ ya}$$

que $Re < 2000$ flujo laminar.

Donde:

ρ : Densidad la cual es de 830 Kg/m³

V_{fluido} : velocidad del fluido el cual es de 2,81 m/seg

μ : Viscosidad la cual es de 0,3 P ya que en Ancón se tiene 36° API.

D: Diámetro de la tubería.

Reemplazando los valores en la formula $Re = \frac{\rho \cdot V_{\text{fluido}} D}{\mu}$, y

sabiendo que la fricción varia con respecto al diámetro se calcula

Re para después remplazarlo en la formula $f = \frac{64}{Re}$, y con esto

obtener el valor de la fricción (f).

Entonces para:

$D1'' = 0,0254 \text{ m} \Rightarrow Re = 197.46$, el valor de $f = 0,3241$

$D2'' = 0,0508 \text{ m} \Rightarrow Re = 394.90$, el valor de $f = 0,162$

$D3'' = 0,0762 \text{ m} \Rightarrow Re = 592.40$, el valor de $f = 0,1080$

$D4'' = 0,1016 \text{ m} \Rightarrow Re = 789$, el valor de $f = 0,081$

$D5'' = 0,1270 \text{ m} \Rightarrow Re = 987.33$, el valor de $f = 0,064$

$D6'' = 0,1524 \text{ m} \Rightarrow Re = 1184.8$, el valor de $f = 0,054$

Graficando f vs D obtenemos

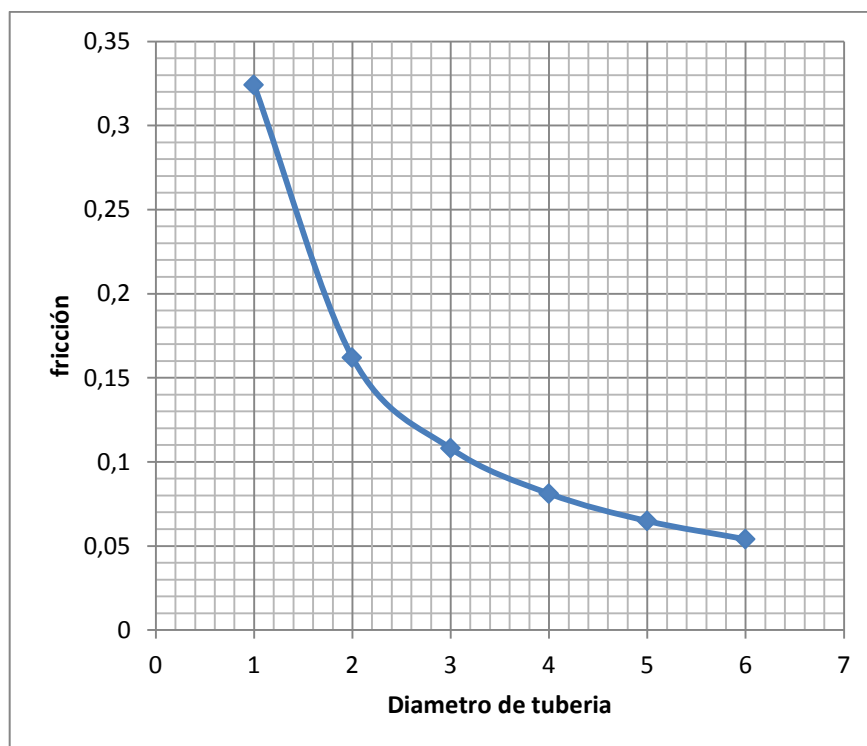


Fig. 1.11 Gráfica Fricción vs. Diámetro de tubería

Para sacar la relación de corriente con respecto al hidrocarburo, procedemos a sacar la relación de pendiente en este gráfico. (fig. 1.11)

Entonces:

$$f = 0.0082D^{-1}$$

$$\frac{\partial f}{\partial D} = -1(0.0082)D^{-2}$$

Encontrando el valor de la pendiente en el punto D 1/4" y D4", reemplazando en estos puntos:

$$\frac{\partial f}{\partial D}(1/4") = -203.36$$

$$\frac{\partial f}{\partial D}(4") = -0.794$$

La relación entre estas pendientes es $\frac{-0.794}{-203.36} = 0.0039$, entonces para sacar la corriente en una tubería de 4", se multiplica el valor de la corriente en el punto 1/4" por la relación obtenida:

$$I_{s4"} = 600 \times 10^{-10} * 0.0039 = 2.342 \times 10^{-10} \text{ A}$$

Y con el resto de datos los cuales son $V_{\text{fluido}} = 9$ pies/m y la longitud que recorre este fluido es de $L = 15$ pies, procedemos a interceptar todos los puntos y el punto que atraviesa en la escala

de I_L es el valor de este, en este caso el valor de la corriente en la tubería $I_{L4"} = 40 \times 10^{-10}$ A

Este valor se lo puede observar en el gráfico.

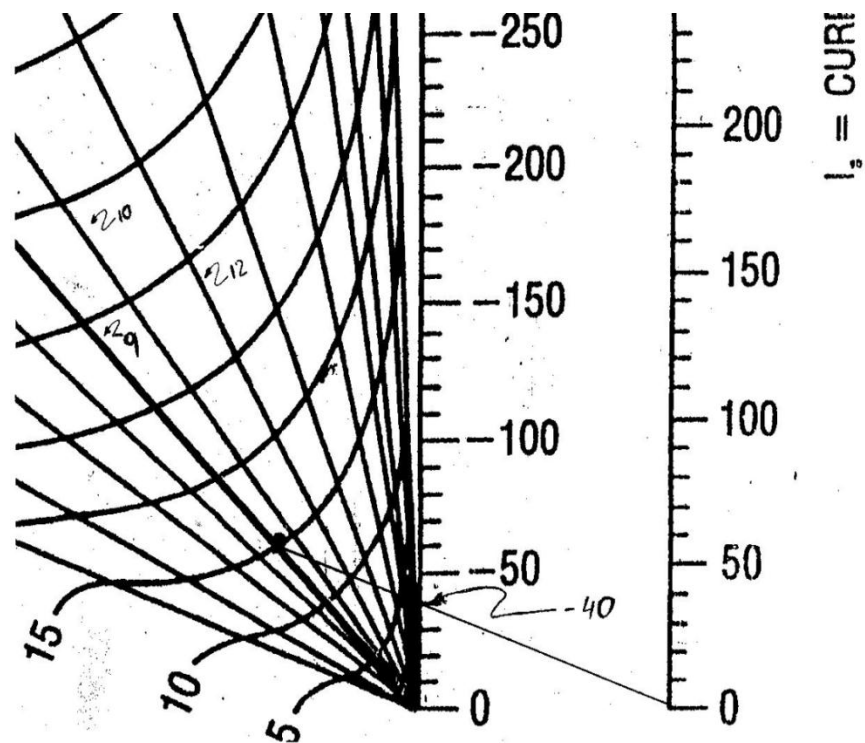


Fig. 1.12 Nomograma de hidrocarburos

Calculando con la formula semi-empirica el valor de la corriente $I_{L4"}$, y remplazando en la formula los siguientes datos:

$$T = 3.4$$

$$K = 0.02025 \quad (K = f/D = 0.081/4 = 0.02025)$$

$$V_{\text{fluido}} = 9 \text{ pies/seg}$$

$L = 15$ pies.

$$I_s = 0.924 \times 10^{-10}$$

$$\alpha = 7.15$$

$$I_L = - [(T \times K \times V_{\text{fluido}}^{-\alpha}) + I_s] \left(1 - e^{-L/TV_{\text{fluido}}} \right)$$

$$I_L = - [0.06885 \times 9^{-7.15} + 2.342 \times 10^{-10}] (0.387)$$

$$I_L = 40.97 \times 10^{-10}$$

Obteniendo el valor de I_L procedemos a analizar si existe el peligro de chispa debido a la carga electrostática, esto mediante la ley de ohm.

$$I_L = 40 \times 10^{-10}$$

$$R = 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$$

$$V = I_L \times R$$

$$V = 40 \times 10^{-10} * 10^{12}$$

$$V = 4000 \text{ V}$$

El voltaje que existe dentro de la tubería es de 4000 V el cual no se considera peligroso ya que está por debajo del rango de los

30000 V, es decir no existe peligro de que se produzca chispa alguna.

En la Fig.1.13 podemos observar cómo se comporta la corriente en función del diámetro, vemos que a un menor diámetro la corriente aumenta.

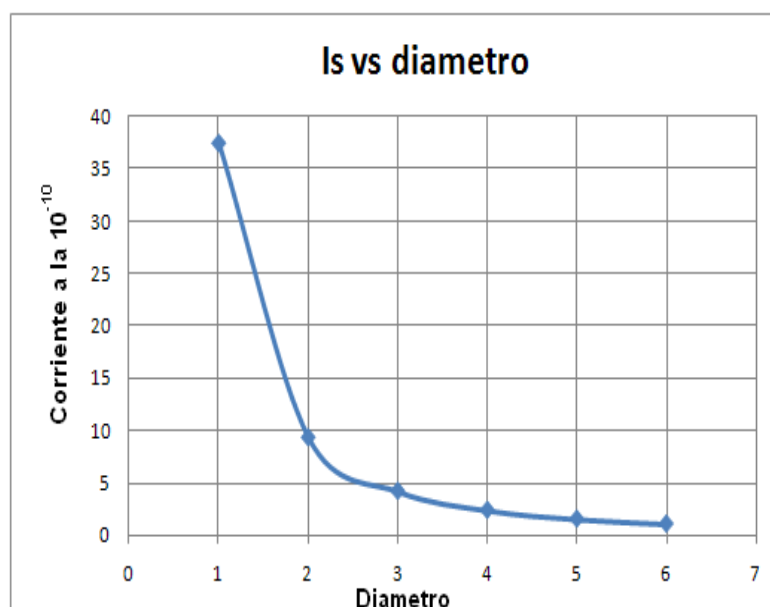


Fig. 1.13 Gráfica Corriente vs. Diámetro

1.4 Datos de la electricidad estática

Según sea el caso las descargas producidas por la electricidad estática pueden tener algún tipo de forma la cual explicamos más detenidamente para así poder entender de una mejor forma lo que analizamos, además, vemos las propiedades que tienen algunos líquidos para cargarse estáticamente.

1.4.1 Tipos de descargas

TIPOS DE DESCARGAS Y POTENCIAL DE IGNICIÓN

DESCARGA TIPO CORONA

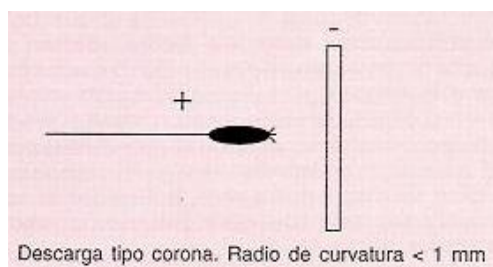


Fig. 1.14 Descarga tipo corona

La descarga tipo “corona” o de “punta”, llamada así por formarse alrededor del punto conductor, es la menos peligrosa, ya que se inicia cuando el punto del que emana la descarga está todavía a considerable distancia de la superficie o nube cargada (conductora o no) susceptible de ignición, con lo que la energía instantánea liberada es bastante baja.

DESCARGA TIPO “CHISPA”

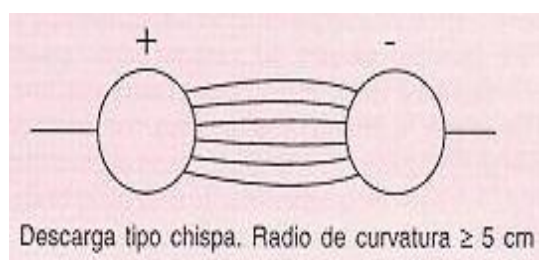


Fig. 1.15 Descarga tipo chispa

En la descarga tipo “chispa”, la descarga necesaria que posibilita una fuente potencial de ignición esta se produce generalmente en el rango de los 30000V.cm, aunque también hay que tomar en cuenta la resistividad del liquido, es la más peligrosa de todas las descargas porque puede generar incendios.

DESCARGA TIPO BROCHA

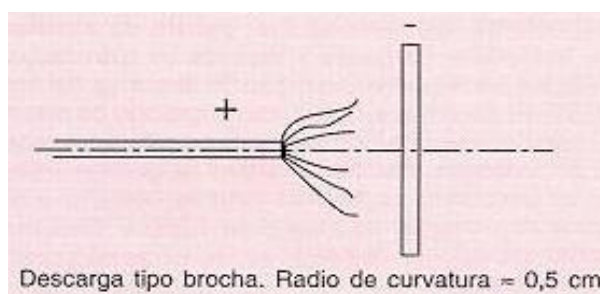


Fig. 1.16 Descarga tipo brocha



Fig. 1.17 Descarga tipo brocha

La energía liberada en las descargas tipo "brocha" entre un conductor y una superficie cargada (conductora o no) o una nube, sin llegar a formar puente, alcanza un valor intermedio entre las dos anteriores, por lo general está en el rango de los 4000V.cm. sucede muy a menudo en las tuberías que tienen un espesor menor a 8mm (esto sucede solo si la tubería no está conectado a tierra), recibe este nombre, de la apariencia (forma de brocha) que proporcionan varias descargas en sucesión rápida.

DESCARGA EN BROCHA PROPAGANTE.

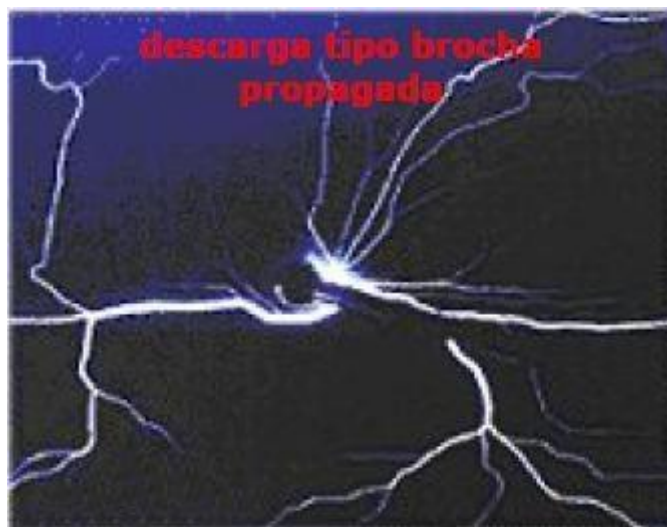


Fig. 1.18 Descarga en brocha propagante

Se produce entre un electrodo metálico esférico puesto a tierra al aproximarlo a una hoja aislante fuertemente cargada en contacto con una lámina metálica puesta a tierra y también en

procesos de trasiego a alta velocidad en conducciones o recipientes muy aislantes.

1.4.2 Capacidad de carga electrostática de los líquidos

El petróleo puede describirse como un líquido viscoso cuyo color varía entre amarillo y pardo oscuro hasta negro, con reflejos verdes, con un olor característico y densidad menor al agua, por lo que flota en ella.

Se trata de una mezcla de hidrocarburos que contienen en su estructura molecular carbono e hidrógeno principalmente.

El número de átomos de carbono y la forma en que están colocados dentro de las moléculas de los diferentes compuestos, proporciona al petróleo diferentes propiedades físicas y químicas.

El petróleo crudo varía mucho en su composición, lo cual depende del tipo de yacimiento de donde provenga, pero en promedio podemos considerar que contiene:

- Carbón 84 – 87 %
- Hidrógeno 11 – 14 %
- Azufre 0 – 2 %
- Nitrógeno 0.2 %

Mientras mayor sea el contenido de carbón en relación al de hidrógeno, mayor es la cantidad de productos pesados que tiene el crudo.

Por lo tanto, para poder aprovecharlo para este tipo de usos es necesario separarlo en diferentes fracciones que constituyen los diferentes combustibles como: gasolina, diesel, etc.

La carga electrostática del petróleo está ligada a su resistividad, además de la posibilidad de que se origine alguna situación de riesgo en el transporte de ciertos líquidos, pero el petróleo en si tiene una resistividad variable, depende de factores que la pueden hacer variar pero en promedio el petróleo (hidrocarburo líquido) se encuentra en el orden de 10^{10} a 10^{13} Ωm , en Ancón el valor de la resistividad es de 10^{10} Ωm , y este valor de resistividad nos indica que tan peligroso puede ser el líquido y que medidas de seguridad deberíamos tomar para esta clase de líquidos, por ejemplo, cuanto más baja sea la resistividad de un líquido, menos peligroso deberemos considerarlo. Aunque no existe un límite preciso al respecto, pero puede afirmarse que cuando la resistividad de un líquido sea inferior o igual a 10^8 Ωm la probabilidad de que se generen cargas electrostáticas peligrosas es baja. Cuando tal resistividad sea superior a 10^8 Ωm pero inferior a 10^{10} Ωm , hay que efectuar un

control del riesgo, tanto en la adopción de medidas de prevención y de protección, como de vigilancia de la posible presencia de impurezas o aditivos que pudieran hacer variar ostensiblemente su resistividad.

Por encima de una resistividad de $10^{10} \Omega\text{m}$ es necesario adoptar rigurosas medidas de seguridad dado que se trata de líquidos muy peligrosos ante este riesgo. En cambio por encima de los $10^{13} \Omega\text{m}$ de resistividad, los líquidos dejan de ser peligrosos ya que no existe acumulación de cargas, al ser su formación prácticamente despreciable, en este rango cae el petróleo por lo que deja de ser peligroso a la hora de transportarlo de un lugar a otro.

El valor de la resistividad del petróleo en Ancón es de $10^{10} \Omega\text{m}$, es decir se encuentra en el límite, por eso fue necesario hacer el análisis en el capítulo 1.3.3

La tabla 2 y tabla 3 nos proporcionan una lista de productos inflamables de similares características, a los compuestos del petróleo o en su efecto a derivados del mismo.

Tabla 2

Líquidos	Resistividad
Disulfuro de carbono	$10^{16} \Omega.m$
Tetracloruro de Carbono	$10^{15} \Omega.m$
Aceites diesel, gasolina, ciclohexano, mesitileno, dietiléter, benceno, tolueno, xileno	$10^{13} \Omega.m$
TDioxano	$10^{12} \Omega.m$
aTAnisol	$10^{11} \Omega.m$
Petróleo (Ancón)	$10^{10} \Omega.m$
TAcido sebácico dibutil éster, a bromobenceno, clorobenceno, b diclorometano, cloroformo, ácido l propiónico	$10^8 \Omega.m$

Tabla 2: Resistividad eléctrica de líquidos no conductores.

Tabla 3

Líquidos	Resistividad
1,2-dicloroetano, ácido benzoico etil-éster	$10^7 \Omega.m$
Metanol-etanol, propanol-n, butanol-n, ácido acético, etil-éster	$10^6 \Omega.m$
ácido acético, acetona, butanona, ciclohexanona,	$10^5 \Omega.m$
Isobutanol, isopropanol, t-butanol, ácido fórmico etiléster, ácido acético anhidro	$10^4 \Omega.m$
Glicol, monoetil éter glicol, acetaldehído	$10^3 \Omega.m$
Ácido fórmico	$10^2 \Omega.m$

Tabla 3: Resistividad eléctrica de líquidos conductores.

Todos los valores indicados en las Tablas 2 y 3, se refieren a líquidos puros y están redondeados hasta la potencia de 10 más próxima

CAPITULO 2

ESTUDIO DE ELECTRICIDAD ESTÁTICA EN LUGARES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES (COMBUSTIBLES LIQUIDOS) EN PACIFPETROL (PROYECTO ANCON).

2.1 Implantación de sistemas de almacenamiento y bombeo.

Casa Bomba, es el departamento encargado de la recepción y bombeo de la producción del campo.

Existen varios procesos dentro del departamento, que deben ser realizados para luego bombear a la refinería de La Libertad. Y estos son:

Almacenamiento de crudo:

El petróleo llega a Casa Bomba mediante tanqueros, aproximadamente unos 50 tanqueros al día. Estos deben dejar reposar su carga por lo menos 10 minutos antes de depositar el petróleo en los separadores.

Pasado este tiempo, drenan hacia la piscina API el agua decantada.

La siguiente etapa consiste en una serie de filtros para quitar las impurezas. Estos filtros están ubicados en serie y el diámetro de los orificios en las mallas disminuye al pasar de un filtro a otro, garantizando una buena remoción de sólidos.

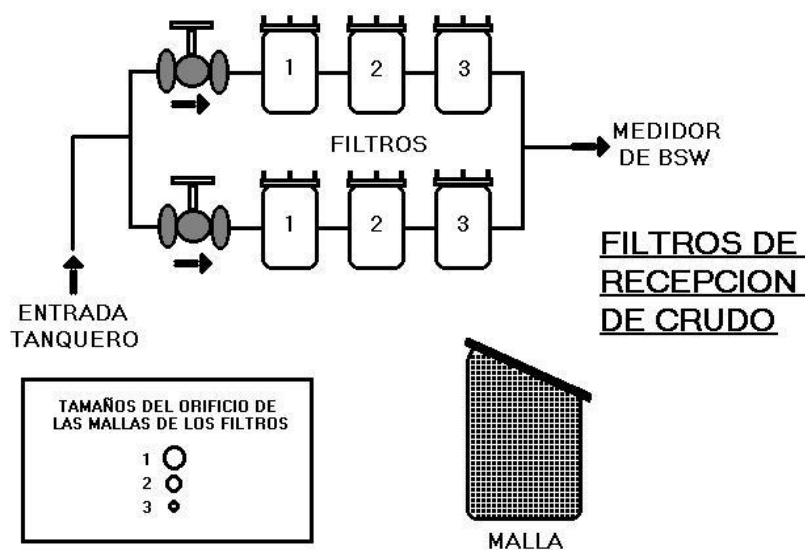


Fig. 2.1 Filtros por donde circula el petróleo.

Posteriormente, el sistema SCADA recibe los primeros datos de la descarga por medio de su sensor de presión, el medidor de turbina (tasa de descarga) y el monitor de BSW. Como se debe de llevar un registro de cuanto se ingresa por cada compañía, el sistema SCADA toma un BSW promedio de lo descargado y el computador arroja un valor aproximado de petróleo. El ingreso del crudo puede realizarse de dos formas: directamente o mediante un compresor. El primero es para aquellos tanqueros que disponen un compresor. Para el otro grupo de tanqueros, existe un compresor el cual succiona el petróleo hacia el separador seleccionado.

Tratamiento:

El petróleo que pasa por el contador de turbina, ingresa a los separadores TK -636 y TK-637 (tanques salchichas, Fig. 2.2) donde la separación se produce por gravedad. El sistema SCADA recibe la

información de los niveles de petróleo y de agua por medio de unos sensores ubicados en la parte superior. Estos sensores miden los niveles por medio de pulsos acústicos, los cuales reflejan la diferencia en la densidad de los dos fluidos. Además, existen sensores de nivel para alta y para baja en cada separador. Cada separador tiene capacidad para 870 barriles pero su volumen operacional es de 750 bls.

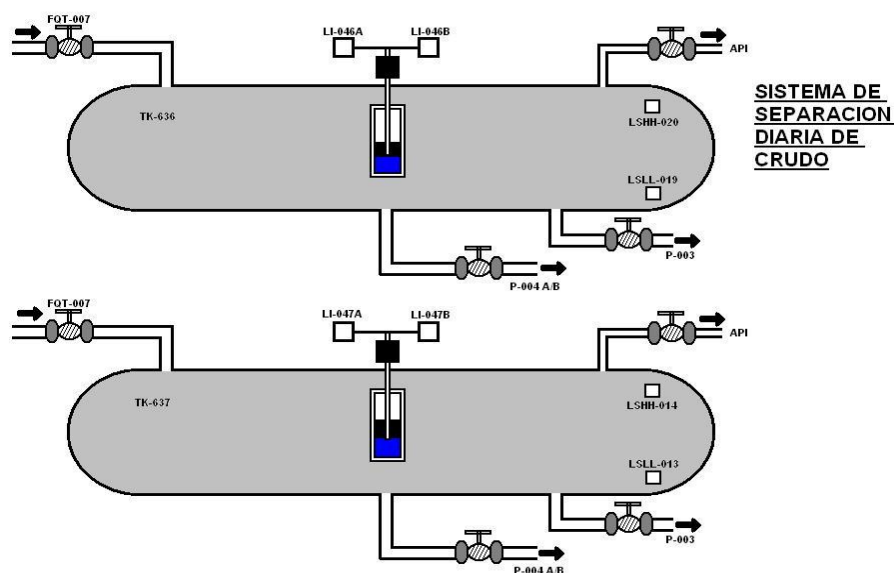


Fig. 2.2 Esquema de los tanques salchicha

Transferencia de petróleo:

Esta puede darse de dos formas: interna y externa.

La interna es aquella que se realiza entre los separadores y el tanque de almacenamiento secundario N. Existen dos bombas de transferencia interna P-002^a/B. El tanque N tiene una capacidad de 19790 Bls. Pero el operacional es de 18000 Barriles y posee un colchón de agua para ayudar a separar el agua restante. Este tanque también está conectado

al sistema SCADA. Posee un medidor de nivel similar al de los separadores. Por medio de bombas secundarias, el petróleo pasa al tanque de almacenamiento primario K el cual tiene capacidad para 55000 barriles.

La transferencia externa es aquella que se realiza entre el tanque K y la refinería de La Libertad. Generalmente esta transferencia se realiza 1 o 2 veces por semana, pero de igual forma, esto se encuentra sujeto a la disponibilidad de los tanques en refinería.

Para llevar un control de la cantidad de barriles de petróleo en cada tanque, se mide los niveles de petróleo y agua en el tanque N dos veces al día (11:00 AM y 17:00 PM). En el caso del tanque K, se toma medidas del nivel regularmente y cuando se va a bombear a la refinería.

El sistema de almacenamiento de crudo se lo puede observar en la Fig.

2.3

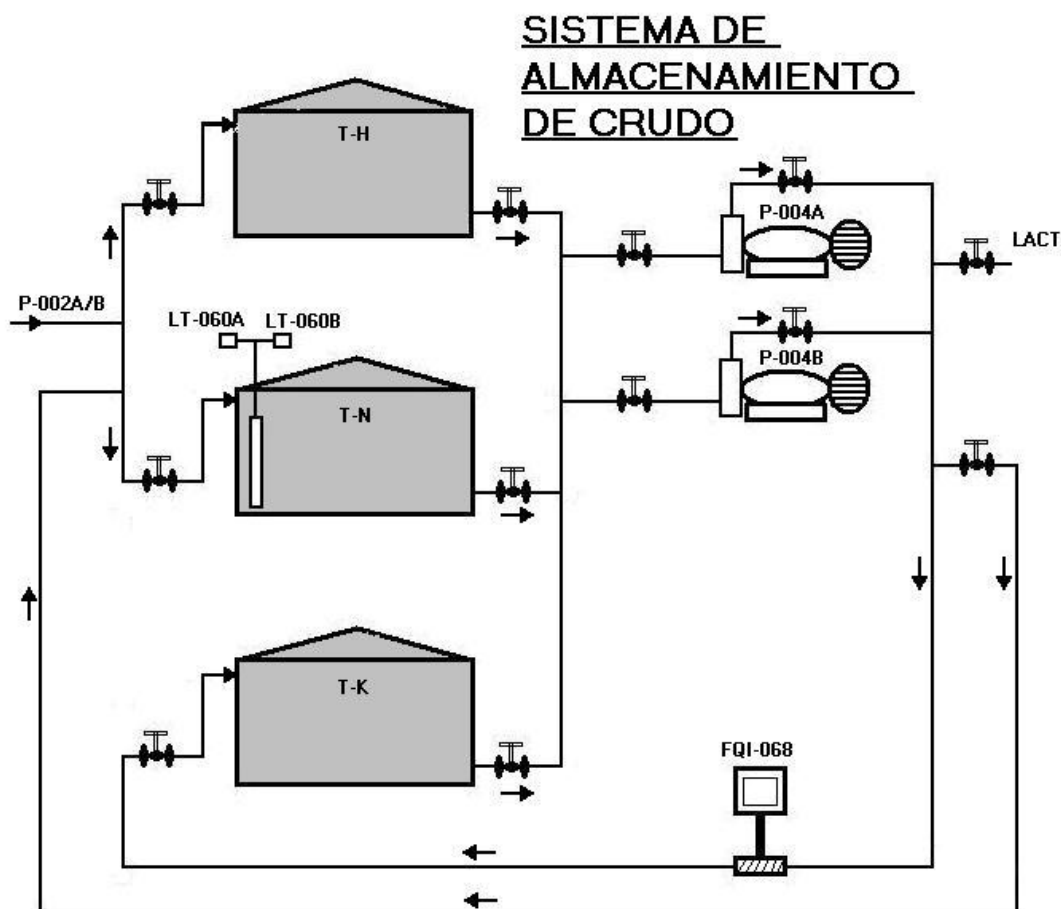


Fig. 2.3 Sistema de almacenamiento de crudo

2.2 Diseño de la estructura donde se encuentra el combustible.

Detallaremos en forma general como se encuentra distribuida Casa Bombas y sus alrededores además de los lugares donde se almacena el petróleo (ver el plano Casa Bomba).

Ancón se encuentra ubicado en la Península de Santa Elena y constituye un poblado tranquilo y sus alrededores se encuentran todos los pozos que abastecen de petróleo a la planta de PACIFPETROL. El mapa (Fig. 2.4) muestra exactamente donde se ubica este poblado.



Fig. 2.4 Mapa de la Península de Santa Elena

La planta en donde se encuentra almacenado el petróleo (Casa Bomba) está ubicado en la entrada de Ancón, y en sus alrededores y muy cerca de Casa Bomba, se encuentra ubicado una estación de despacho de combustible al público (gasolinera), la cual provee de combustibles a los moradores de Ancón, este es el único punto que pudiera amenazar Casa bomba ya que se han dado caso de incendios por electricidad estática en las gasolineras, esto por no tomar las debidas precauciones al momento de despachar el combustible (aunque no se han reportado problemas a causa de la electricidad estática en Ecuador).

La planta de almacenamiento de combustible (Casa Bomba) en sí, se encuentra formada por la entrada principal, la cual cuenta con una garita en donde se encuentra de forma permanente el guardia de seguridad contratado por la empresa, el cual controla el ingreso de los carros o

tanqueros ya que la entrada a este sitio es restringida la entrada y solamente el personal autorizado puede ingresar.

Al ingresar se puede observar el cuarto de control (Fig. 2.6) en el cual se maneja toda la operación de recepción, bombeo y despacho de petróleo, en este cuarto de control por lo general se encuentra el operario y un supervisor de forma permanente ya que tiene que registrar la llegada y el ingreso del petróleo a los tanques de almacenamiento.

Se puede observar claramente las tuberías las cuales están colocadas sobre el suelo, encima de unos soportes los cuales hacen de base a lo largo de toda la tubería y estas interconectan los tanques y la cual se dirige como punto final la refinería en La Libertad. La forma más segura de proteger los tanques de almacenamiento de combustible contra cargas estáticas es conectándolos a tierra, para que toda descarga presente sea neutralizada, además debe colocarse un pararrayos para así proteger la estación de una posible descarga atmosférica. Cabe mencionar que en los recorridos que se hizo no se pudo constatar la presencia de pararrayos Casa Bomba, una de las posible causa es que toda la estación se encuentra en un hueco en relación a sus alrededores y es poco probable que se pueda suscitar un fenómeno de esta naturaleza.

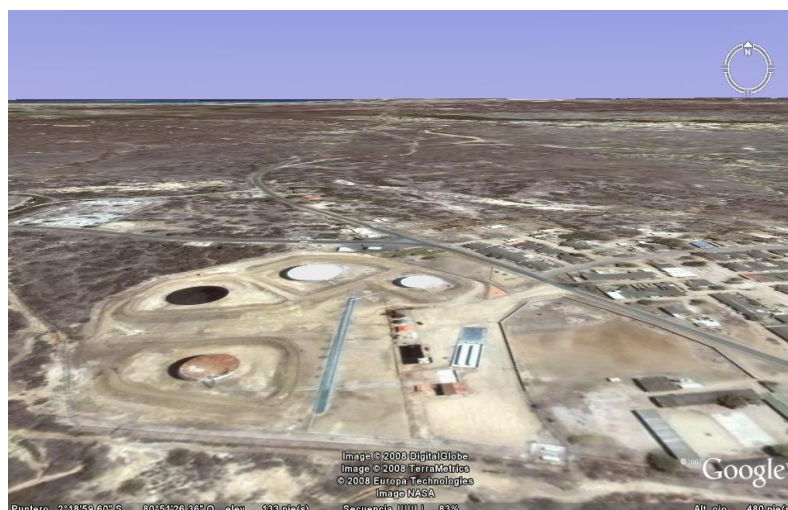


Fig. 2.5 Vista superior de Casa Bomba (Pacifpetrol)

En la Fig. 2.5 tenemos la vista superior de lo que es el complejo de Casa Bomba en Ancón esta foto es tomada desde un satélite y constatamos que no existe algún peligro que pueda afectar el normal desenvolvimiento de las actividades de Casa Bomba, salvo el caso de la gasolinera que se encuentra cerca, además se puede observar como existe unas especie de cerramiento alrededor de cada uno de los tanques de almacenamiento de combustible, el cual sirve como una medida de seguridad para el represamiento del petróleo en caso de algún derrame de los tanques, y la profundidad de dicho dique depende de la capacidad del tanque y este es:

$$\text{Cap. del dique} = 1.5 * \text{Cap. del tanque de almacenamiento}$$



Fig. 2.6 Tanques salchichas a la izq. y, cuarto de control a la derecha.

En la Fig. 2.6 Se puede observar los tanques salchichas los cuales también poseen el sistema para represar el petróleo en caso de algún derrame y el cuarto de control que es donde se monitorea todo el proceso que se efectúa en Casa Bomba, allí se encuentra el centro de mando de toda la planta, tales como los registro de ingreso del petróleo a los tanques salchichas como principal tarea, hasta el despacho a la refinería esto como labor final.



Fig. 2.7 Tanque de almacenamiento secundario (TK N)

La estación cuenta con un solo tanque para almacenamiento secundario (Fig. 2.7) Tanque N (TK N); el mismo que recibe el crudo de los tanques de almacenamiento temporal y separa por medio de decantación el agua del petróleo para de esta manera el crudo sea transferido hacia el tanque de almacenamiento final.

El tanque de almacenamiento secundario tiene diámetro de 21.4 m y un volumen máximo de 19790 Bls. pero el operacional es de 18000 Barriles



Fig. 2.8 Tanque primario o final (TK K)

La estación cuenta con un solo tanque de almacenamiento final (Fig. 2.8) denominado tanque “K” el mismo que recibe el crudo del tanque de almacenamiento secundario (tanque “N”) y mantiene el crudo almacenado y listo para ser transportado a la refinería de La Libertad. Este tanque cuenta con un diámetro de 35.7 m y una capacidad de 55000 barriles.



Fig. 2.9 Tuberías de transferencia de petróleo a la refinería de La Libertad

En la Fig. 2.9 se observa la tubería que transporta el petróleo de Ancón hacia la refinería, el diámetro de la tubería es de 6" y en todo el trayecto se encuentran señales indicando su contenido y diciendo el peligro de la misma, y generalmente se transportan por ahí unos 30000 barriles de petróleo semanalmente o dependiendo de los requerimientos de la refinería.

2.3 Protecciones.

Para evitar peligros por la electricidad estática y especialmente que no se produzcan chispas en Pacifpetrol (Casa Bomba), se debe proteger con herramientas antiestáticas como son las pinzas y un sistema de puesta a

tierra, estas se las utiliza al momento de vaciar el petróleo hacia los tanques salchichas y estos son considerados los más necesarios:

- Pinzas de conexión a tierra.
- Pinzas de aterrizaje y de interconexión.
- Sistema de monitoreo de tierra física.

Esto elementos serán de ayuda para descargar la electricidad estática en lugares donde hay carga y descarga de petróleo (fluido) en Casa Bomba (tuberías, tanques y tanqueros).

Pinzas de conexión a tierra

Las pinzas de conexión a tierra las podemos encontrar de acuerdo a las necesidades de cada planta, en el caso de almacenamiento y transporte de petróleo la más recomendable es la pinza GD T6 ya que esta sirve para descargar la electricidad estática de una manera eficiente y segura ya que además esta pinza se encuentra combinada con una gama de cables estándar o cables antiestáticos con recubrimiento especial de nombre "Hytrel Cen-Stat", estos están diseñados para proporcionar al operario una buena conexión a tierra en todas las partes donde esta se conecte con el fin de conseguir una disipación segura y controlada.

Tanto la pinza como el cable o ambos juntos ofrecen una resistencia eléctrica muy baja en combinación con una seguridad mecánica muy alta.



Fig. 2.10 Pinza hytrel cen-stat

Algunas de las características de la punta GD T6 de toma de tierra, es que está fabricada de aluminio anodizado con puntas de acero inoxidable y proporciona un agarre firme y seguro a través de la pintura o corrosión esto nos brinda seguridad a la hora de descargar la electricidad estática además posee algunas características especiales las cuales se nombran a continuación:

- Pinza con aprobación Atex para su utilización en todas las zonas con atmósferas con riesgo de explosión.
- Dientes afilados, con resistencia al desgaste para penetrar a través de pintura y óxido.
- Potente acción de fijación.
- Diseño ergonómico y fácil de usar.

- El cable helicoidal permite su contracción cuando no es utilizado, proporcionando el orden adecuado a la planta.
- Cable con alma de acero que aporta la máxima robustez mecánica combinada con poco peso y baja resistencia eléctrica.
- Cable antiestático con recubrimiento Cen-Stat Hytrel que permite obtener la máxima resistencia química y mecánica.

Los materiales serán inoxidable, y el conjunto pinza-conductor flexible deberán ser revisados periódicamente para comprobar su continuidad eléctrica (incluida la posible discontinuidad debido a suciedad, pintura, corrosión, etc.) y el buen estado del revestimiento aislante del cable.

Pinzas de aterrizaje y de interconexión



Fig. 2.11 Pinza JR150

La pinza JR150 para ductos es usada para aterrizar o interconectar ductos de 1/2" hasta 6". Esta pinza está hecha de bronce y sirve para descargar las tuberías que transportan el petróleo, además nos ofrece seguridad a la hora de descargar cualquier tipo de carga estática.

Sistema de Monitoreo de Tierra Física

El monitoreo de tierra física, es el método ideal para comprobar la correcta conexión a tierra en cualquier elemento que se desea descargar la electricidad estática ya sea en la traspaso de petróleo hacia los tanques salchichas o en algún traspaso interno o simplemente en algún barril de petróleo, etc., lamentablemente no existe este tipo de equipo en Casa bomba. Este sistema nos indica de forma visual si efectivamente está conectada la tierra, ya que internamente el cable podría estar cortado o desgastado, y esto podría dar lugar a alguna chispa y podría generar los incendios o explosiones. Ya que incluso, descargas muy pequeñas de electricidad estática tienen la suficiente energía para producir una ignición en un entorno con vapores inflamables o gases. Donde se presenta este tipo de riesgo como lo es el traspaso de petróleo, es necesario conectar todas las partes conductoras de la planta a tierra, entendiéndose esto los tanqueros y tuberías y esto puede ser mediante pinzas de toma de tierra. En esta aplicación es necesario que la pinza ofrezca una resistencia muy pequeña (como la de la Fig. 2.10), para permitir la disipación de la carga estática hacia tierra de forma segura, antes de que pueda acumularse hasta niveles peligrosos.

En toda planta de almacenamiento de combustible existen inconvenientes que impiden la correcta descarga de electricidad estática, el inconveniente que se repite con más frecuencia es cuando el material

o elemento que va a descargar la electricidad estática tienen varias capas aislantes producidas por restos de pintura, resina, adhesivos u otros productos inherentes al entorno de producción y a más de la pinza adecuada que resuelve este problema es mejor estar seguro si la conexión a tierra se encuentra conectada.

El método de monitoreo de tierra física brinda una comprobación constante y además nos proporciona una verificación visual al operario.

Las unidades de monitoreo Local y Remoto ofrecen una solución segura, económica (no se requiere cableado) y fácil de instalar para aplicaciones donde es necesario verificar una buena conexión a tierra para tambores, contenedores, tanqueros, tuberías, etc.

Cada sistema de Monitoreo es un dispositivo de prueba a tierra de electricidad estática. Y cada sistema verifica la conexión de los objetos aterrizados, cuando la conexión es apropiada un LED verde se enciende ya sea en la pinza (local) o en la caja montada remotamente (Remoto). En ambos diseños, el sistema funciona con baterías de 9 Volts. Ningún cableado localmente es necesario, el sistema es completamente portable



Fig. 2.12 Sistema de monitoreo local y remoto
Sistema de Monitoreo Remoto con Pinza GAT-IP

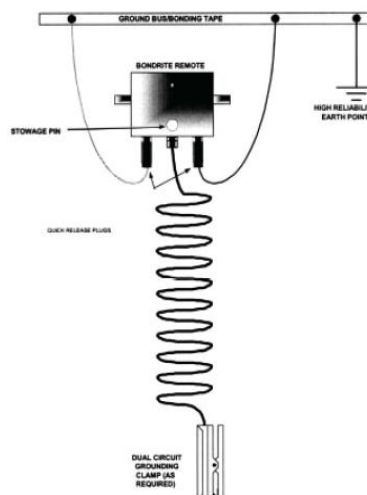


Fig. 2.13 Esquema Sistema De Monitoreo Local Y Remoto

Especificaciones:

Pinza y caja:	Acero Inoxidable
Punto de Contacto:	Tungsteno
Batería:	Litio-Magnesio
Rango de Prueba:	10 ohms

2.4 Pasos a seguir para el adecuado desembarque de combustible.

Dentro de casa bomba, existen unas normas las cuales hay que seguir para el adecuado desembarque del petróleo, ya que a este proceso se lo podría considerar de alta peligrosidad, porque este proceso consiste en vaciar el petróleo de los camiones cisternas (tanqueros) hacia los tanques TK-636 y TK-637 (tanques salchichas), y dado que los tanqueros recorren el campo para poder recoger el petróleo de los diferentes pozos que se encuentran en Ancón estos pueden llegar cargados estáticamente a Casa Bomba, pero acatando las normas que se encuentran en el instructivo de la planta se minimiza cualquier clase de riesgo y dice textualmente:

Este instructivo tiene como objetivo controlar la recepción del crudo en la Casa Bomba, a través del uso de unidades banqueros desde el campo hasta Casa Bomba.

ALCANCE

Para todas las unidades banqueros que operan en la empresa incluyendo a las empresas contratistas.

ACTIVIDADES

El cumplimiento de este instructivo comienza al ingresar el banquero a los patios de Casa Bomba.

- a) Informar al operador o al personal de apoyo de Casa Bomba, los datos de llegada en el formato control de ingreso de crudo por banquero a Casa Bomba SGC-REG-35.
- b) Ingresar por un lapso de 10 min obligatorio a la piscina API y realizar la correspondiente descarga del agua.
- c) Esperar turno.
- d) Ingresar al área de descarga según prioridad designada por el personal de operaciones en los debidos tanques TK-636 y TK-637 (tanques salchichas)
- e) Apagar motores y realizar pasos del instructivo de utilización del sistema de recepción diario de Casa Bomba SEC-ITR-23
- f) Descargar producción en los tanques Tk-636 y Tk-637(tanques salchichas) después de la orden dada por el operador o personal de apoyo.
- g) Firmar la aceptación de producción descarga por los responsables (operador y contratista).
- h) Registrar producción aceptada en el SEC-REG-35 control de ingreso de crudo por banquero a Casa Bomba.

DISPOSICIONES DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Seguridad

Todos los tanqueros que ingresen a Casa Bomba deberán contar con las siguientes condiciones:

SEGURIDAD DENTRO DE CASA BOMBA.

- Poseer el debido equipo de arrastra flama.
- Extintor de polvo químico seco (P.Q.S.) en buenas condiciones.
- Utilizar el equipo de protección personal básico.
- Poseer sistema de cierre de líneas de descargas.
- Colocar extintor cerca del área de descarga de crudo.
- Mantener limpio de los banqueros para minimizar el riesgo de incendio de las unidades.
- El límite de velocidad dentro de casa bomba será de 15 Km/h.
- Durante la operación de maniobra tanto en la operación en la piscina API como en el área de descarga, el ayudante del banquero deberá guiar a dicha unidad fuera de la misma.
- Prohibido ingresar a casa bomba armas de fuego, el uso teléfonos celulares en las áreas de bombeo, descargas, almacenamiento y fumar en cualquier sitio dentro de la instalación.

Medio Ambiente

- No derramar petróleo en patios de Casa Bomba, si se detecta alguna fuga en el sistema de descarga del tanquero, los responsables del mismo deberán dejar limpio la zona afectada.
- No arrojar implementos de limpieza, residuos de petróleo en los alrededores de Casa Bomba.
- Todo personal que ingrese a los patios de Casa Bomba debe mantener el orden y limpieza dentro del área.

ANEXO

Instructivo para la utilización del sistema de recepción diario de Casa Bomba SEC-ITR-23 (estas son normas internas de la compañía las cuales son creadas para mantener la eficacia de la planta).

2.4.1 Check List

El check list que se detalla a continuación es el que esta guía de una mejor manera a prevenir la electricidad estática.

EMPRESA	PACIFPETROL	NOMBRE DEL SUPERVISOR	
DEPARTAMENTO O AREA	CASA BOMBA	TOTAL DE TRABAJADORES	FIRMA

ELEMENTO	DISPOSICION	SE CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
Diagrama de la instalación eléctrica	Cuenta el área de trabajo (Casa Bomba) con un diagrama en el cual se detallen todos los lugares donde posiblemente se genere electricidad estática.			
Riesgo de trabajo - mantenimiento	Se analizan los riesgos de trabajo que se producen al generarse cargas estáticas a los que se exponen los trabajadores antes de realizar cualquier mantenimiento.			
	Se autoriza por escrito a los trabajadores las actividades de mantenimiento a las instalaciones eléctricas en lugares que se presenten cargas estáticas, como tanques salchichas y cuarto de bombas.			
	Si las labores de mantenimiento a las instalaciones eléctricas del centro de trabajo se realiza por personal externo, se vigila que los trabajadores contratados para este fin, cumplan con las medidas de seguridad y acciones de capacitación establecidas por el propio centro de trabajo.			
Procedimiento de seguridad	Cuenta el centro de trabajo con los procedimientos de seguridad para las actividades de mantenimiento a las instalaciones eléctricas			
Capacitación	Se proporciona capacitación y adiestramiento a los trabajadores que realizan mantenimiento a las instalaciones eléctricas del centro de trabajo, atendiendo lo dispuesto en el procedimiento correspondiente y elaborado.			

EMPRESA	PACIFPETROL	NOMBRE DEL SUPERVISOR		
DEPARTAMENTO O AREA	CASA BOMBA	TOTAL DE TRABAJADORES		FIRMA

ELEMENTO	DISPOSICION	SE CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
Comunicación	Se informa a los trabajadores sobre los riesgos que la electricidad estática representa y de las condiciones de seguridad que deben prevalecer en el área de trabajo o en la actividad a desarrollar.			
Equipo de protección personal y colectivo	Se proporciona y lo tienen el equipo de protección personal a los trabajadores que realizan actividades de mantenimiento en con base en lo que señala el análisis de riesgo del centro de trabajo.			
	El personal que realiza actividades de mantenimiento a las instalaciones eléctricas, cuenta con equipo y materiales de protección aislantes según el nivel de tensión o corriente de alimentación, que garantice su seguridad			
Instalación eléctrica	Los sistemas de protección contra contactos directos e indirectos son adecuados y funcionan correctamente.			
Tuberías	Las tuberías han sido diseñadas de acuerdo a una norma o código reconocido			
	El material de las tuberías es acero u otro material compatible con el líquido a transportar			
	Existe un programa de inspección para seguir el estado de las tuberías (aislamiento, corrosión, fugas, juntas de bridas, vibración, dilatación y contracciones)			
Señalización	Las instalaciones eléctricas deben tener dispositivos y protecciones de seguridad y señalarse de a cuerdo al riesgo de la electricidad estática.			

EMPRESA	PACIFPETROL	NOMBRE DEL SUPERVISOR			
DEPARTAMENTO O AREA	CASA BOMBA	TOTAL DE TRABAJADORES		FIRMA	

ELEMENTO	DISPOSICION	SE CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
Cargueros (tanqueros y/o carros cisternas)	Los tanques sus apoyos accesorios (regletas de nivel, frascos de toma de muestra) y, en su caso, los techos flotantes están puestos a tierra.			
	Se impide la formación de una atmósfera inflamable en el tanque inertizando o mediante el uso de techos flotantes.			
	Cuenta con protección contra la corrosión (materiales resistentes, recubrimientos, etc.)			
Tableros	Los tableros deben ser antiestáticos y tener un buen sistema de puesta a tierra.			
	El tablero tiene una protección especial para el personal de mantenimiento como la pulsera antiestática.			
Cargas eléctricas	Se establecen las condiciones de seguridad e higiene para evitar la generación y acumulación de las cargas estáticas y se previenen los efectos de las descargas eléctricas atmosféricas.			
	Se evita la generación o acumulación de electricidad estática en el centro de trabajo, aplicando, en su caso, control de humedad, instalación de dispositivos de conexión a tierra o equipo a prueba de explosión.			
	Las instalaciones metálicas que no estén destinadas a conducir energía eléctrica, tales como cercas perimetrales, estructuras metálicas, maquinaria, equipo ubicado en zonas donde se maneje, almacenes o transporten sustancias inflamables o explosivas, deben conectarse a tierra.			
	Se instala en su caso, elementos de captura, sistemas de tierra, sistemas de pararrayos, equipos y dispositivos para proteger al centro de trabajo de la acumulación de cargas eléctricas estáticas y descargas atmosféricas.			

EMPRESA	PACIFPETROL	NOMBRE DEL SUPERVISOR			
DEPARTAMENTO O AREA	CASA BOMBA	TOTAL DE TRABAJADORES		FIRMA	

ELEMENTO	DISPOSICION	SE CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
Riesgo de valores de resistencia eléctrica	El operario deberá de medir y registrar al menos cada doce meses, los valores de resistencia de la red de tierras y continuidad en los puntos de conexión a tierra en el equipo que pueda generar o almacenar electricidad estática.			
Factores de acumulación de electricidad estática	En las áreas de trabajo cerradas donde la humedad relativa estática, la humedad relativa debe estar entre 60 y 70% a excepción de aquellos casos en que por naturaleza de las sustancias, la humedad del aire represente un riesgo.			

2.5 Colocación de Puesta a tierra.

Conexiones equipotenciales y puestas a tierra

La colocación de puesta a tierra es un sistema que se instala con la finalidad de garantizar la conexión del potencial a tierra de los equipos que lo requieran tales como los transformadores, tanques de almacenamiento de petróleo (tanques de techo fijo), motores, etc, y la integridad del personal de la empresa (Pacifpetrol).

La puesta tierra comprende cualquier conexión metálica, sin fusible, ni protección alguna, de sección suficiente, entre una parte de una instalación y un electrodo o placa metálica, de dimensiones y situaciones tales que, en todo momento se pueda asegurar que los elementos se encuentran al mismo potencial a tierra.

Las razones para tener un buen sistema de puesta a tierra en Pacifpetrol son:

- Proporcionar una impedancia suficientemente baja para facilitar la operación satisfactoria de las protecciones en condiciones de falla.
- Asegurar que personas presentes en casa bomba, no queden expuestos a potenciales inseguros, en régimen permanente o en condiciones de falla.
- Mantener los voltajes del sistema dentro de los límites razonables bajo condiciones de falla (tales como descarga atmosférica,

contacto inadvertido (fuga de estática en personal y/o maquinaria.)
y asegurar que no se exceda el voltaje de ruptura dieléctrica del
aislante.

- Limitar el voltaje a tierra sobre materiales conductivos que circundan conductores o equipos eléctricos.
- Estabilizar los voltajes fase a tierra en líneas eléctricas bajo condiciones de régimen permanente, por ejemplo disipando cargas electrostáticas que se han generado debido a nubes, polvo, agua, aire.
- Proporcionar una trayectoria alternativa para las corrientes inducidas y de tal modo minimizar el ruido eléctrico en cables.
- Proporcionar una plataforma equipotencial sobre la cual pueda operar equipo electrónico.

Para que el sistema de puesta a tierra funcione debe generalmente tener una baja impedancia, de modo que ya sea dispersando o recogiendo corrientes desde el terreno, no se produzca un aumento de voltaje excesivo.

Para el diseño de un sistema de puesta a tierra en general es necesario identificar los distintos elementos que lo conforman y los factores que de una u otra podrían afectarlo, para así determinar cual es el camino más fiable en la implementación del mismo, garantizando un sistema confiable, seguro y de larga duración.

1) Resistividad del Terreno

Esta es la magnitud característica de toda materia, que expresa su aptitud para la conducción de corrientes eléctricas.” representa la resistencia de una materia considerada, cuyas dimensiones son la unidad, por ejemplo un cubo de un metro de lado la resistividad será expresada en (Ohm-m). Las medidas de resistividad de la tierra tienen un triple propósito:

1. Este tipo de datos es usado para realizar *reconocimientos geofísicos debajo de la superficie* como ayuda para identificar zonas de mineral, profundidades de roca y otros fenómenos geológicos.
2. La resistividad posee un impacto directo sobre el *grado de corrosión en tuberías bajo tierra*. Una baja resistividad, tiene relación con un aumento en actividad corrosiva y así dicta el tratamiento protectorio a usar.
3. La resistividad de la tierra afecta directamente el diseño de un sistema de toma de tierra y a este último propósito es el que será explicado en el presente trabajo.

Al diseñar un sistema puesta a tierra extenso, es recomendable localizar el área de menor resistividad de la tierra para conseguir la instalación de puesta a tierra más económica.

La resistividad del terreno varía ampliamente y afectada por varios aspectos: Naturaleza del terreno, humedad, temperatura, salinidad, estratigrafía, variaciones estacionales, factores de naturaleza eléctrica, compactación.

a) *Métodos Tradicionales para la Medición de Resistividad de Tierra*

La resistividad del terreno se mide fundamentalmente para encontrar la profundidad de la roca, así como para encontrar los puntos óptimos para localizar el conjunto de electrodos que conformaran el SPAT.

(1) *Método de los cuatro electrodos o método de Wenner*

Este método fue desarrollado por Frank Wenner del U.S. Bureau Of Standards en 1915, F. Wenner, *A Method of Measuring Earth Resistivity*, Bull, National Bureau of Standards, Bull.

Este método consiste en introducir cuatro electrodos de prueba en línea recta y separados a distancias iguales (a), enterrados a una profundidad (b) que es igual a la vigésima parte de la separación de los electrodos de prueba ($b = a/20$) y van conectados al equipo de medición, el cual introduce una intensidad de corriente entre los electrodos C1 y C2, generando una diferencia de potencial entre los electrodos P1 y P2 (VP1 ,P2), que será medida por el equipo, a su vez en la pantalla tendremos el resultado de la relación (V/I) que por ley de Ohm es R.

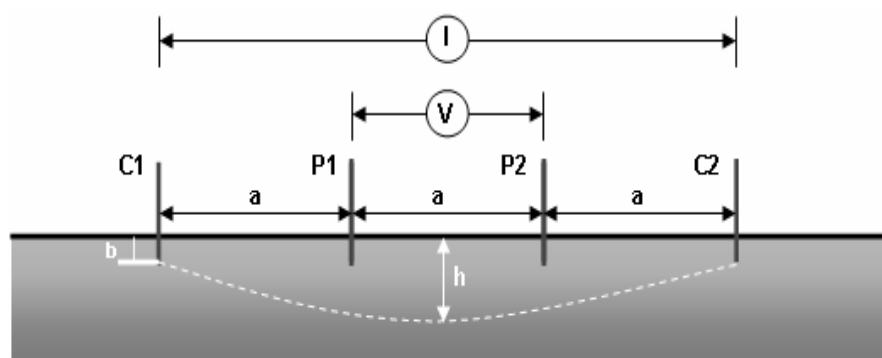


Fig. 2.14 Esquema del método de los cuatro electrodos

La separación entre los electrodos dará la medida de resistencia a un estrato de espesor de terreno que es igual a:

$h = a$, con este valor de resistencia se calculará la resistividad aparente del terreno mediante la ecuación:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}} \quad (1)$$

(2) Sistema Simétrico

Es una variante del método de Wenner que se utiliza cuando los electrodos de prueba no pueden introducirse a intervalos regulares. Para aplicar este método se utilizan dos electrodos de corriente y dos de potencial que se conectan al equipo de medición.

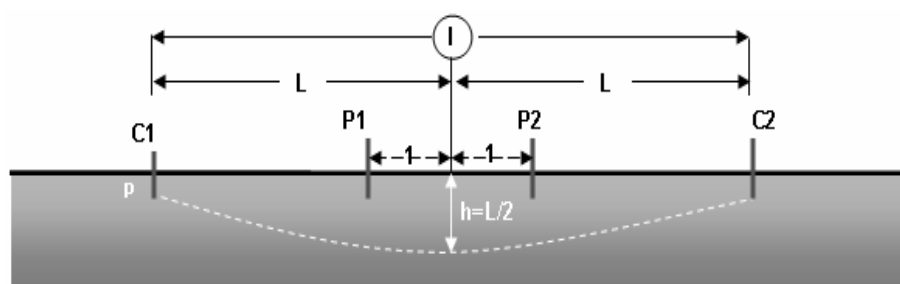


Fig. 2.15 Esquema del sistema simétrico.

Los cuatro electrodos de prueba se colocan simétricos con respecto a un punto O que se sitúa en el centro de la medición. El valor de la resistividad será la del estrato de terreno que esta debajo del punto O. La relación entre la distancia de los electrodos de corriente y la profundidad o estrato de terreno a la cual se esta midiendo la resistividad aparente es:

$$h = \frac{L}{2} \quad (2)$$

Al igual que en el método de los cuatro electrodos, se irán separando los electrodos de corriente, y por lo tanto aumentando la distancia L y así se conocerá el valor de la resistividad a una profundidad h mayor.

El valor de R se obtiene igual que en el método de los cuatro electrodos.

CAPITULO 3

ANÁLISIS DE PELIGROS Y RIESGOS DE ELECTRICIDAD ESTÁTICA

3.1 Identificación de peligros.

Entre los diferentes peligros que existen en las plantas de almacenamiento de combustible podemos encontrar que existen factores que pueden ocasionar pérdidas humanas como materiales.

Entre las varias normas que deben existir en la empresa para prevenir la electricidad estática podemos mencionar las siguientes:

- Revisar los manuales de operación de los equipos (en caso de no conocer el funcionamiento de los mismos), en especial los equipos que manipulen petróleo o algún líquido explosivo o inflamable.
- Observación y cumplimiento en todos los procedimientos de operación, en especial el arranque y paradas de equipos que contengan combustibles o materiales inflamables (motores, tanqueros, fluido, etc.)
- Conocer si hay operaciones anormales en reservorios, tanqueros, tuberías y demás mecanismos que contengan o trasladen combustibles o algún tipo de líquido inflamable (entiéndase por esto que exista algún tipo de descargas electrostáticas)

- Tomar en cuenta la actitud del trabajador en su entorno de operatividad del equipo.
- Hablar con los operarios y conocer sus opiniones acerca de si ha existido electricidad estática o si conocen como se produce.
- Conocer las hojas de seguridad de casa bomba (Check list).

Factores que aumentan la posibilidad de peligros

- Empleados sin experiencia o nuevos los cuales no tengan conocimientos mínimos en la formación de electricidad estática.
- Operarios aislados o ubicados en un sitio u otro, no adquieren una buena experiencia.
- Trabajadores temporales o contratados momentáneamente que no hayan recibido por lo menos alguna charla sobre los peligros de la electricidad estática.
- Restringir y/o controlar la presencia, a no calificados.
- No existencia de señalizaciones de seguridad que de aviso de las áreas de combustibles en los cuales la electricidad estática pueda ocasionar alguna explosión.
- Largas horas de trabajo donde el personal este a la intemperie sin la debida ropa que permita las descargas estáticas.

- Apuro en la realización de algún trabajo en el cual no hayan realizado la conexión de puesta a tierra o lo hayan hecho de una forma incorrecta.
- No atención, distracción o juego.
- No revisión de diagramas o planos, ni del manual de operaciones.
- Realizar acciones equivocadas, no permitidas y no establecidas.
- Descuido en el uso de los equipos de protección personal (EPP) y sobre todo en el descuido del uso de los equipos y ropas para eliminar las cargas electrostáticas.
- No dar mantenimiento a la puesta a tierra en los lugares de almacenamiento de combustible.
- El no mantenimiento en los tanqueros, tanques y tuberías donde se transporta el combustible.
- Trasvase del combustible en el área de los tanques salchichas y el traslado hacia los tanques de almacenamiento para con esto culminar el proceso de tratamiento del producto.

3.2 Evaluación de riesgos.

Considerando los diferentes riesgos que podrían suceder en la planta de almacenamiento de combustible (PACIFPETROL), se analiza algunas de los peligros identificados, que al darse en la planta de Ancón podrían generar riesgos y estas son:

- *Apuro en la realización de algún trabajo en el cual no hayan realizado la conexión de puesta a tierra o lo hayan hecho de una forma incorrecta.*

Si este ítem se cumpliera, ocasionaría molestias a las personas ya que por lo general se presentan fugas de electricidad estática al haber contacto con elementos materiales cargados de estática (en los casos donde se manipulan materiales sin la presencia de combustibles o atmosferas explosivas), en los casos en los que se manipula elementos con presencia de atmosferas explosivas o que contengan combustibles, es obvio el gran daño que podría ocasionar a la vida de las personas a mas de los daños materiales en la planta.

Además se debe tener en cuenta que los 2 casos que se detallan con presencia y sin presencia de atmosferas explosivas o presencia de combustibles son expuestos cuando existan algunos factores externos (condición perfecta), como lo es una baja temperatura, ventisca y clima seco. Cabe mencionar que entre las medidas y procedimientos para prevenir este tipo de errores es necesario planificar de una manera ordenada todo tipo de actividades y asignar un tiempo prudencial a cada una de estas, y al finalizar el trabajo debe hacerse el debido chequeo de todas las protecciones del caso, en especial que estén colocadas las puestas a tierra y que se esté utilizando el debido equipo de protección personal.

- *Trasvase del combustible en el área de los tanques salchichas y el traslado hacia los tanques de almacenamiento para con esto culminar el proceso de tratamiento del producto.*

El trasvase de combustible (petróleo) conlleva una gran responsabilidad sobre todo en el área de descarga del petróleo a los tanques salchichas ya que hasta llegar a los tanques salchichas pasan a través de filtros, los cuales quitan cualquier impureza del petróleo y en ellos es donde puede existir la mayor fricción de todo el proceso por lo que es primordial la colocación de puesta a tierra en los tres filtros del sistema de filtrado.

Además de esto se deben respetar los tiempos de relajación del petróleo al llegar el tanquero a Casa bombas y la posterior aterrización del mismo para que este pueda descargar algún tipo de carga estática que hubiera generado en el trayecto de la recolección del crudo.

El siguiente trasvase que se realiza es hacia los tanques de almacenamiento, tanto el principal como el secundario en este no es tan peligroso ya que el petróleo tiene su tiempo de relajación entre el traspaso de uno a otro tanque y además todos los tanqueros se encuentran debidamente aterrizados. Y para finalizar, el traspaso de los tanques de almacenamiento hacia la refinería de La Libertad es también seguro ya que cumplen con la principal norma la cual es de mantener el transporte del petróleo a una velocidad menor a la que permitida para que así no se produzcan cargas estáticas.

Entonces el trasvase de combustibles es uno de los más peligrosos (si no se toman las debidas precauciones), en lo que respecta a la planta de Ancón ya que el tener algún tipo de chispa en cualquier parte del proceso podría genera tragedias tanto personales como materiales y un gran perjuicio al medio ambiente.

3.2.1 Tipo de riesgos (conceptos)

Una condición de producirse un daño, con posibilidad de pérdidas de personas o equipos es un peligro. Y la pérdida puede ser el daño a la persona, producir enfermedades laborales (físicas y mentales), daño de equipos, contaminación, paros de producción, etc. La probabilidad presente de producirse un peligro con grado de consecuencias. Debe considerarse los siguientes riesgos entre otros:

Riesgos tolerables: No tan significativos que determinadas protecciones lo controlan.

Riesgos Significativos: que necesitan mayor atención y que se requieren protecciones y defensas adicionales.

Controles: todos los elementos o dispositivos requeridos para prevenir y reducir los peligros.

Defensas: el daño ocasionado por un peligro que se ha causado por la presencia de un riesgo eléctrico no reducido.

3.2.2 Riesgos que pueden convertirse en accidentes.

Entre los riesgos que pueden afectar a Casa Bombas y que esta presente en la planta y por lo general pasa desapercibido es las cargas estáticas presentes en el personal que labora así como en las herramientas.

Estos riesgos también se pueden presentar en los trasvases del petróleo ya que estos necesitan de tiempos de espera o también llamados tiempos de relajación para que puedan descargar la carga estática existente y esto se hace al finalizar el trasvase a los tanques (esto sin olvidar conectar la puesta a tierra). Estos tiempos de relajación quedarán establecidos con un amplio margen de seguridad.

Por lo general los tiempos de relajación para líquidos inflamables el tiempo de relajación mínimo será de 30 seg. a 1 minuto y como ya es sabido en Ancón el tiempo de relajación que se emplea es de 10 min.

Otro de los riesgos que están presentes es el calzado, ya que estos deberán ser conductores. Ello ofrecerá protección suficiente siempre que el suelo sea también conductor, ya que los zapatos corrientes, con suela de cuero, ofrecen, sobre todo si hay humedad suficiente, conductividad elevada. La resistencia máxima admitida por la American Standards Association ASA

para los zapatos conductores es de 450.000 W, y para los suelos conductores de 250.000 W.

Para concluir, indicaremos que, de ser posible y de forma complementaria, el mantener una humedad relativa por encima del 60%, esto en el cuarto de control ya que en las frecuentes visitas se pudo apreciar la presencia de un aire acondicionado en su interior. Aunque en realidad si la humedad es alta (como es el caso de Ancón) existirá una ligera película de humedad en todas las superficies que les suministrará una conductividad eléctrica que facilitará la eliminación de cargas estáticas a través del medio ambiente a medida que se generan.

3.3 Ambientes en los cuales se produce electricidad estática.

La planta de almacenamiento de combustible ubicada en la Península de Santa Elena – Ancón, presenta un clima especial con relación a las demás provincias por encontrarse ubicada muy cerca a las costas del Océano Pacífico.

Tiene un ambiente no tan cambiante en diferentes meses del año, el cual se encuentra influenciado por el cambio de estación, y el año se encuentra dividido en dos periodos, uno más lluvioso desde diciembre hasta junio (“invierno”) mientras que el otro un poco más pobre en precipitaciones el cual se extiende de junio a diciembre (“verano”) pero

esto no quiere decir que descienda a niveles en el que se pueda considerar clima seco, ya que por estar el mar la brisa marina influye de gran manera a mantener la humedad constante en el ambiente con lo que la humedad relativa para que no exista presencia de electricidad estática se puede observar, la cual se presenta como una capa fina sobre el suelo de la región, la cual sirve para la descarga de la electricidad estática.

De igual forma se deben tomar todas las medidas de precaución para evitar las descargas ya que el Ecuador por encontrarse en la línea ecuatorial posee un clima muy variado y cambiante a la vez y podría llegar a darse el caso del tener las condiciones perfectas del clima para que se genere la electricidad estática.

3.4 Medios donde se produce la electricidad estática.

La electricidad estática se puede producir en la transportación y en la industria.

La electricidad estática se presenta en los tanqueros (carros cisterna) y en la distribución y almacenamiento del petróleo en la planta de Ancón (Pacifpetrol).

3.4.1 Transporte.

El transporte de petróleo tiene dos momentos netamente definidos: el primero es el traslado de la materia prima desde los

yacimientos hasta la refinería donde finalmente será procesada para obtener los productos derivados; el siguiente momento es el de la distribución propiamente dicha, cuando los subproductos llegan hasta los centros de consumo.

El petróleo es impulsado a través del oleoducto por la estación de bombeo, que hacen que el petróleo avance continuamente a unos cinco kilómetros por hora (1.38 m/s).

En Casa Bombas se envía el petróleo hacia la refinería de La Libertad a una velocidad de 1.26 m/s

Para llevar los combustibles desde las plantas de despacho hasta las estaciones de servicio, se utilizan camiones cisterna, especialmente diseñados y equipados con las últimas tecnologías. Los modernos camiones pueden transportar aproximadamente 40.000 litros de combustible, contando además con dispositivos electrónicos que miden permanentemente la carga recibida y es despachada. Utilizan un sistema de carga central -esto es, el líquido ingresa por la parte inferior del tanque-. De esta manera no se genera electricidad estática y se recuperan los gases que se encuentran dentro del receptáculo, evitando que sean liberados a la atmósfera.

3.4.2 Industrias en general.

Analizando los daños que podrían suceder en lo que respecta a Casa Bombas el cual es el área más peligrosa del complejo de Pacifpetrol, así que ahora analizaremos de una forma breve el resto del complejo y este se encuentra ubicado aproximadamente a 2000 metros de distancia (ver plano Pacifpetrol Garita 2) y el cual comprende las instalaciones del Área de Bodega, talleres, HSE&Q, área de oficinas, etc.

Por lo general la electricidad estática puede presentarse en la mayoría de lugares (si las condiciones climáticas son las propicias) y a lo que refiere a el área de bodega, no existe peligro alguno en lo que se refiere a explosiones o incendios ya que aparte de existir una buena ventilación del lugar, no se pudo constatar elementos que puedan generar algún tipo de peligro para el resto del complejo.

Las áreas de HSE&Q y el área de oficinas se encuentran casi contiguas y estas tienen un piso de madera el cual reduce las posibilidades de que se generen carga estática ya que la madera es un elemento que casi no se carga está muy cerca al cero de carga electrostática (TABLA 1), además la madera tiene la propiedad de absorber cualquier carga estática y disiparla cuando existe un ambiente húmedo en el medio (que por lo

general la mayor parte del año pasa húmedo Ancón), por lo que se puede descartar cualquier amenaza de carga estáticas en estas aéreas.

El área de talleres es el área donde podríamos decir existe un riesgo leve ya que cuando algún motor o elemento de la maquinaria que se utiliza para extraer petróleo se avería se los lleva hacia estos lugares para ser debidamente reparados, en estos se toman las debidas precauciones para proceder a manipular y arreglar las piezas o elementos del sistema averiado, ya que en toda el área comprendida en Pacifpetrol se deben seguir las normas y utilizar los equipos de protección personal, además de que el área de talleres se encuentran en un sitio ventilado en todas sus partes y con esto evitar la acumulación de gases.

CAPITULO 4

VALORIZACIÓN DEL RIESGO EN PRESENCIA DE ELECTRICIDAD ESTÁTICA. EN EL ALMACENAMIENTO DE LA PLANTA PACIFPETROL (PROYECTO ANCON).

4.1 Análisis de la planta de procesamiento de combustible utilizando el Método De Árbol De Suceso De Falla.

Una vez que se haya inspeccionado toda la planta en Casa Bombas, se procedió a analizar uno de los sectores que conlleva más peligro en toda casa bomba, el cual es al momento de descargar el petróleo hacia los tanques salchicha ya que los tanqueros que abastecen a la planta pueden tener alguna carga estática al momento de conectarse al sistema, aun después de seguir los procedimientos de seguridad los cuales evitan al máximo la acumulación de carga estática y el riesgo que podría generar al momento de conectarse (aunque el riesgo es bajo), pero es necesario el análisis en este punto para predecir las posibles consecuencias si es que se presentara algún error en el proceso.

Tabla 4. Secuencia del árbol de sucesos de falla

SECUENCIA	RESULTADO
A	Chispa en la manguera del tanquero por presencia de la electricidad estática
ABC	Se conecta el tanquero al sistema de puesta a tierra que tiene casa bomba para eliminar la electricidad estática y prevenir algún incidente
ABC$\bar{D}\bar{E}$	El fallo se da en el mal funcionamiento del sistema de puesta a tierra que existe en casa bomba por el mal o poco mantenimiento que se le da, por lo que el operario tiene que tomar medidas, reaccionando rápidamente con los extintores eficazmente.
ABC$\bar{D}\bar{E}\bar{F}$	Ha fallado el sistema de puesta a tierra que está en casa bomba, y actuando el operario con los extintores no se controla este incidente, lo que hace poner en uso a la espuma química para evitar peligro alguno
ABC$\bar{D}\bar{E}\bar{F}$	Resultado del accidente (Catástrofe)
ABC$\bar{D}\bar{F}$	Se ha producido una falla en el funcionamiento correcto de la puesta a tierra y esto se debe al mal o poco mantenimiento de este, y la no reacción inmediata del operario hace que la espuma química solución dicho problema.
ABC$\bar{D}\bar{F}$	Resultado del accidente (Catástrofe)
A$\bar{B}\bar{D}\bar{E}$	Ha fallado en la no colocación de puesta a tierra y el operario debe reaccionar inmediatamente con los extintores eficazmente para evitar peligro alguno.
A$\bar{B}\bar{D}\bar{E}\bar{F}$	Se ha producido una falla en la no colocación de la puesta a tierra por lo que el operario actúa de acuerdo a su capacitación, y esta es de usar los extintores inmediatamente y si no funciona, pues poner en uso a la espuma química para solucionar el problema.
A$\bar{B}\bar{D}\bar{E}\bar{F}$	Resultado del accidente (Catástrofe)
A$\bar{B}\bar{D}\bar{F}$	No hay puesta a tierra y no hay operario o no actúa de acuerdo a la condición (capacitación), se pone en marcha el uso de la espuma química para evitar peligro alguno
A$\bar{B}\bar{D}\bar{F}$	Resultado del accidente (Catástrofe)

4.2 Consecuencias de la electricidad estática.

Dado que no existen datos, indicios, ni historial de daños de alguna clase por consecuencia de la electricidad estática en la planta de PACIFPETROL, por tal motivo ponemos a continuación un ejemplo de las muchas consecuencias que puede generar la electricidad estática en los lugares de almacenamiento de combustible o líquidos inflamables, se pueden generar incendios como lo ocurrido el 5 de septiembre del 2006 en la central química de Brenntag en Caldas del Rey (España), este incendio se originó como consecuencia de la electricidad estática y las elevadas temperaturas en el momento en que se procedía a trasladar tolueno (un disolvente altamente inflamable), desde una cisterna de grandes dimensiones a contenedores más pequeños de unos mil litros. Posiblemente esto se produjo por haber excedido la velocidad permitida para transportar los combustibles o líquidos inflamables, aparte de protección que debe tener la tubería como es la puesta a tierra, también se debe tener en cuenta la velocidad del líquido a transportar.

Por eso es necesario tener un control de la velocidad del flujo de petróleo en la planta de Ancón, en especial en Casa Bombas,

Las velocidades que se emplean dependen del diámetro de la tubería y dicha velocidad se da de la siguiente fórmula:

$$V_{fluido} \times D < 0.5$$

Siendo " V_{fluido} " la velocidad lineal de flujo en m/s y "D" el diámetro de la tubería en m. La tabla 4 relaciona los valores de V_{fluido} y $V_{fluido} \times D$, para distintos diámetros de tubería.

Tabla 5

DIÁMETRO NOMINAL (pulgadas)	DIAMETRO INTERIOR (mm)	VELOCIDAD (M/S)	$V_{fluido} \times D$ (m²/s)
1^{1/2}	40.9	1.00	0.041
		7.00	0.286
2	52.5	1.00	0.053
		7.00	0.358
3	77.9	1.00	0.078
		6.41	0.500
4	102.3	1.00	0.102
		4.89	0.500
5	128.2	1.00	0.128
		3.90	0.500
6	154.1	1.00	0.154
		3.24	0.500
8	202.7	1.00	0.203
		2.47	0.500
10	254.5	1.00	0.255
		1.96	0.500
12	302.2	1.00	0.303
		1.65	0.500

Velocidades y valores de $V_{fluido} \times D$ en tuberías

No obstante esta limitación, la velocidad del flujo no debería exceder de 7 m/s. El límite de 0.5 no garantiza que no pueda desarrollarse una ignición estática, si bien reduce su probabilidad. Puede impedirse la existencia de un campo electrostático alto, aún cuando el mecanismo potencial de carga pueda ser grande, si la conductividad del producto es lo

suficientemente alta como para limitar la retención de cargas. En la Fig. 4.1 podemos apreciar las curvas de cada tubería con respecto a la cantidad de petróleo que bombea y con esto podemos hallar la velocidad con la que se transporta el petróleo en las diferentes partes de casa bomba.

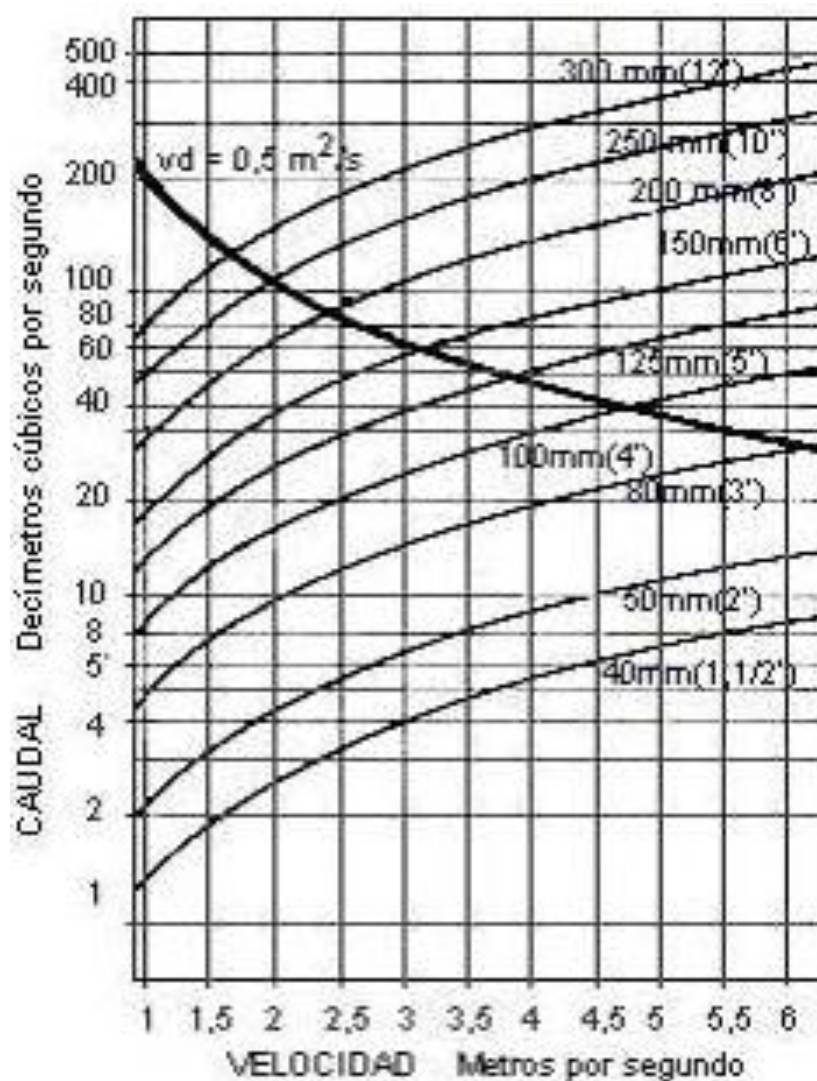


Fig. 4.1 Gráfica para la determinación de la velocidad/caudal máximo de flujo en función del diámetro interior de la tubería para evitar la generación excesiva de cargas

Transporte de petróleo de los tanqueros hacia los tanques salchichas (TK-636)

Esta parte del sistema bombea a una velocidad de 8 bls/min

La tubería que se utiliza es de 4"

Entonces:

Dado que

1 barril = 44 galones

1 galón = 4 litros

1 litro = 1 decímetro cubico

Tenemos:

$$8 \frac{bls}{min} \times \frac{1min}{60 seg} \times \frac{44 galones}{1 barril} \times \frac{4 litros}{1 galón} = 23.46 \text{ lt/seg}$$

Con este dato nos dirigimos a la Fig. 4.2 para obtener el valor de la velocidad.

Y según la Fig. 4.2 la velocidad de este proceso es de 2.81 m/seg y vemos que está dentro del rango permitido para el diámetro de 4", esto según la TABLA 5

Transporte de petróleo de los tanques salchichas (TK-636) hacia el tanque secundario (tanque N)

Esta parte del sistema bombea a una velocidad de 10 bls/min

La tubería que se utiliza es de 6"

Entonces:

Dado que

1 barril = 44 galones

1 galón = 4 litros

1 litro = 1 decímetro cubico

Tenemos:

$$10 \frac{bls}{min} \times \frac{1 min}{60 seg} \times \frac{44 galones}{1 barril} \times \frac{4 litros}{1 galón} = 29.33 \text{ lt/seg}$$

Con este dato nos dirigimos a la Fig. 4.2 para obtener el valor de la velocidad.

Y según la Fig. 4.2 la velocidad de este proceso es de 1.33 m/seg y vemos que está dentro del rango permitido para el diámetro de 6", esto según la TABLA 5

Transporte de petróleo del tanque secundario (tanque N) hacia el tanque principal (Tanque K)

Esta parte del sistema bombea a una velocidad de 6.66 bls/min

La tubería que se utiliza es de 6"

Entonces:

Dado que

1 barril = 44 galones

1 galón = 4 litros

1 litro = 1 decímetro cubico

Tenemos:

$$6.66 \frac{bls}{min} \times \frac{1min}{60 seg} \times \frac{44 galones}{1 barril} \times \frac{4 litros}{1 galón} = 19.55 \text{ lt/seg}$$

Con este dato nos dirigimos a la Fig. 4.2 para obtener el valor de la velocidad.

Y según la Fig. 4.2 la velocidad de este proceso es de 1.11 m/seg y vemos que está dentro del rango permitido para el diámetro de 6", esto según la TABLA 5

Transporte de petróleo del tanque principal hacia la refinería de La Libertad.

Esta parte del sistema bombea a una velocidad de 8.33 bls/min

La tubería que se utiliza es de 6"

Entonces:

Dado que

1 barril = 44 galones

1 galón = 4 litros

1 litro = 1 decímetro cubico

Tenemos:

$$8.33 \frac{bls}{min} \times \frac{1min}{60 seg} \times \frac{44 galones}{1 barril} \times \frac{4 litros}{1 galón} = 24.44 \text{ lt/seg}$$

Con este dato nos dirigimos a la Fig. 4.2 para obtener el valor de la velocidad.

Y según la Fig. 4.2 la velocidad de este proceso es de 1.26 m/seg y vemos que está dentro del rango permitido para el diámetro de 6", esto según la TABLA 5

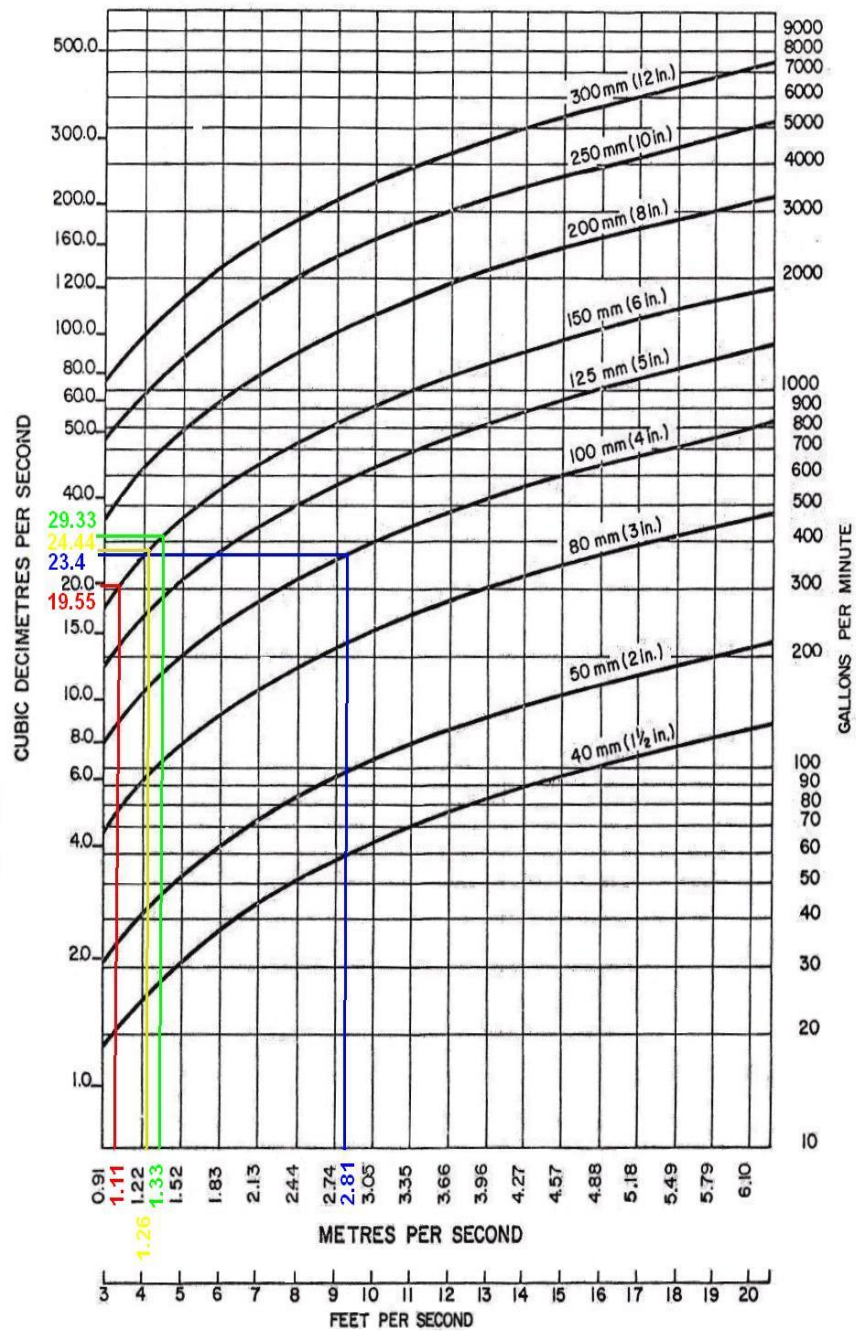


Fig. 4.2 Gráfica para la determinación de la velocidad/caudal máximo de flujo en función del diámetro interior de la tubería para evitar la generación excesiva de cargas más exacta.

4.2.1. Propagación brusca de las descargas estáticas.

La principal propagación brusca que se da en el medio ambiente y que está presente en la mayoría de partes del mundo es el rayo por lo que durante una tormenta la tensión eléctrica en la atmósfera puede llegar a valores de 200.000 a 1.000.000 V entre la ionosfera y el suelo y en todo el mundo se generan más de 44.000 tormentas con más de 8.000.000 de rayos, que descargan su energía a tierra. Los rayos y relámpagos son el reflejo de esta reacción de carga eléctrica entre la atmósfera y la tierra. La descarga atmosférica (rayo), es la igualación violenta de cargas de un campo eléctrico que se ha creado entre una nube y la tierra o, entre nubes. Y es consecuencia de un rompimiento dieléctrico atmosférico. Este rompimiento una vez iniciado, avanza en zigzag a razón de unos 50 metros por microsegundo con descansos de 50 microsegundos.

Cualquier objeto puede ser el foco de esta descarga hacia arriba de partículas positivas ya que el rayo se forma normalmente en las puntas más predominantes o de menor resistencia y en aquellos lugares donde el contexto ambiental facilite la transferencia de cargas que ionizaran el aire, como en este caso son los pararrayos.

El principio del funcionamiento de los pararrayos consiste en que la descarga electrostática se produce con mayor facilidad, siguiendo un camino de menor resistividad eléctrica, por lo cual un metal se convierte en un camino favorable al paso de la corriente eléctrica.

En el caso de Casa Bomba, la posibilidad de que pueda ocurrir este fenómeno es improbable ya que como sabemos el rayo cae en las partes más altas del terreno y Casa Bomba se encuentra por debajo del nivel, tomando como referencia los alrededores de Ancón, ya que esta estación se encuentra en un hueco y debido a esto es improbable que pueda caer algún rayo, pero por seguridad se podría colocar un pararrayo ya que no lo tiene (actualmente) y dado que los pararrayos consta de tres partes fundamentales para la instalación y estos son:

a) Elementos de captación: punta, lanza o pararrayos propiamente dicho, este puede ser de 15 KV .

Este pararrayo se lo ubica en la zona más alta de casa bomba,

b) Cables de bajada: conexiones entre el elemento de captación y tierra. El cable de bajada puede ser #6 de cobre desnudo y se instala a la intemperie y debiendo quedar tenso y recto siguiendo el camino más corto, sin ángulos agudos y sujetado por aisladores de porcelana.

c) Toma de tierra:

La toma de tierra para pararrayos puede ser una varilla de Copper Well de 1.8 m

CAPITULO 5

PREVENCIÓN EN LUGARES CRITICOS DONDE EXISTA RIESGOS DE ELECTRICIDAD ESTÁTICA.

5.1 Medios para descargar la electricidad estática.

En las partes más comunes y menos pensadas de las industrias se podría generar cargas estáticas, sea en partes internas o en el campo, tal es así que se producen en las instalaciones donde se encuentra el centro de cómputo y para esto se toman medidas para evitar cualquier carga estática.

Entre los muchos artefactos que se pueden usar para evitar la electricidad estática se nombran los más comunes y además los más utilizados para el caso cuando existan medios explosivos.

5.1.1. Estructuras metálicas y paneles antiestáticos.

Las estructuras metálicas que se colocan en los centros de cómputo, cuarto de control, o algún lugar que se tengan dispositivos sensibles a la electricidad estática, sirven para evitar la producción de estas ya que podrían ocasionar daños a los equipos, como es el caso de Casa bomba ya que del centro de cómputo se controla todo el proceso de bombeo hacia la refinería

y se debe tener cuidado en los equipos que se encuentran instalados.

Además una de las fallas más difíciles de detectar en los equipos es ocasionada por la electricidad estática producida por la fricción entre dos materiales diferentes y la consiguiente descarga de este potencial.

El simple hecho de arrastrar una silla sobre el piso ocasionará que tanto la silla como la porción del piso sobre el que se arrastró queden cargadas de electricidad estática.

Si aquella silla o esta persona son aproximadas a una mesa metálica conectadas a tierra como los equipos de cómputo, ocasionará que se produzca una descarga que puede ser o no sensible a una persona, pero sí será sensible a los equipos de cómputo.

Para reducir al mínimo la estática, se recomienda las siguientes medidas:

- Conectar a tierra física tanto el piso falso como todos los equipos existentes.
- El cable para la tierra física deberá ser recubierto y del mismo calibre que el de las fases y el neutro.
- Se recomienda usar cera antiestática en el piso.

- Si existieran sillas con ruedas, se recomienda que estas sean metálicas.

Los altos niveles de ruido, las cargas electrostáticas que se generan por la fricción natural de los cuerpos, por diferencias de potencial en la estructura del equipo o por el medio ambiente, dan como consecuencia el mal funcionamiento de los equipos y descargas a través del operador, por lo que es muy importante proteger las instalaciones eléctricas con conexiones a tierra y evitar de ese modo la generación de cargas eléctricas inducidas. Además en estos ambientes se tiene como regla que siempre este en un rango de temperatura de $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y una humedad del $45\% \pm 5\%$ para controlar la electricidad estática.

5.1.2. Dispositivos para la eliminación de cargas electrostáticas.

En casa bomba se podría implementar el dispositivo para eliminar la electricidad estática en el interior de los tanques (aparte de la puesta a tierra con la que ya cuentan todos los tanques de almacenamiento), este sistema es muy novedoso para proteger los tanques y se lo denomina RGA y a continuación se detalla sus características.

- Dispositivo de puesta a tierra retráctil (RGA)

Dispositivo de puesta a tierra (RGA)

Es un sistema de puesta a tierra el cual se podría decir que está libre de mantenimiento. Está diseñado específicamente para proteger tanques de techo flotante en instalaciones de almacenamiento. Proveyendo una conexión fija y de baja impedancia entre el techo y la pared del tanque, el RGA es más seguro que un sistema de shunts para hacer la mejor conexión a tierra posible, así atenuando el riesgo de incendios por causas de rayos.



Fig. 5.1 Dispositivo de puesta a tierra RGA

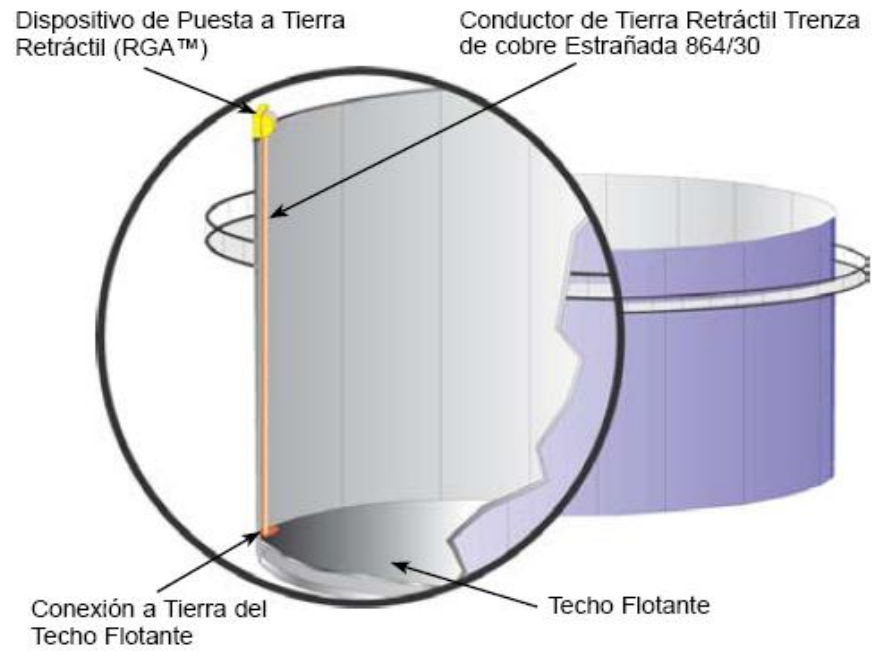


Fig. 5.2 Esquema instalación del dispositivo de puesta a tierra



Fig. 5.3 Ilustración del beneficio de las causa q puede tener los shunts. Chispa entre el shunt y la pared del tanque con corriente de rayo simulada.

5.2 Control del ambiente de trabajo.

Para tener seguridad en la planta de almacenamiento de combustible (Casa Bomba) es necesario mantener un estricto control, primeramente en las personas que laboran. El personal en el interior de la planta debe tener conocimientos en lo referente a la electricidad estática, además la persona encargada del mantenimiento de los equipos debe estar al tanto con fechas en las cuales la humedad sea relativamente baja, exista un aumento en la velocidad del aire y fechas en donde se puedan presentar tormentas eléctricas ya que todas estas ponen en cierto riesgo a la planta (Pacifpetrol).

Además debe tener plenamente identificado y señalados los lugares donde se almacenan con mayor frecuencia las cargas estáticas como son las tuberías, motores, equipos de protección personal, etc.

Se tiene que identificar por medio del Check List correspondiente las condiciones de toda la planta y debe tener en cuenta si la velocidad del trasvase de combustible siempre esté en los límites permitidos y verificar constantemente al momento de cargar y descargar los combustibles.

Para que exista un buen control del ambiente de trabajo es necesario que todo el personal este bien capacitado y concentrado en cada una de sus labores encomendadas. Dependiendo de la experiencia y habilidades de los recursos, las actividades de control serán más o menos frecuentes.

5.3 Precaución al descargar combustible al distribuir al usuario final.

Ya que en el interior de la planta de Ancón y a las afueras de Casa Bomba se encuentra una estación de abastecimiento de combustible (gasolina) ponemos a consideración algunas de los pasos a seguir para evitar cualquier tipo de percances producto de la electricidad estática.



Fig. 5.7 La electricidad estática en el que una chica tuvo un incidente de incendio al salir del coche y tocar directamente la pistola

Ya que en el Ecuador por lo general en todas las estaciones de gasolina existe una persona encargada de despachar el combustible casi no existe la posibilidad de que el cuerpo humano produzca la descarga al tocar la manguera de combustible, esto producto del viaje. (Explicado en el Cap. 1.2.2) En cambio dentro de la Planta de PACIFPETROL cada

trabajador es el mismo que tiene que bajar del automóvil a abastecerse puede ocurrir algún tipo de percance como el de la Fig. 5.7

En los siguientes datos estadísticos se detalla la incidencia y peligros que ocurre con la electricidad estática:

- Se han investigado 150 casos (datos tomados de USA) de este tipo de incendios y los resultados fueron muy sorprendentes, de los 150 casos, hubo menos hombres y más mujeres, y esta distribución por sexos se relaciona con la costumbre de entrar al vehículo mientras se carga la gasolina y salir luego. En la mayoría de los casos, las personas habían entrado nuevamente a sus carros cuando la manguera todavía estaba sirviendo combustible (el peligro de los gatillos en las pistolas). El fuego comenzó cuando terminaron de tanquear el combustible y salieron para sacar la pistola de la manguera, como resultado de la electricidad estática.
- La mayoría de los accidentados usaba zapatos con suela de goma y ropa de fibras artificiales.
- Nunca utilice teléfonos móviles cuando cargue combustible.
- Como sabemos, es el vapor que sale de la gasolina el que arde y causa el fuego al entrar en contacto con cargas electrostáticas.
- La carga estática suele producirse cuando un pasajero fricciona sus ropas contra el tapizado de los asientos, y al entrar o salir del vehículo. Para evitarlo, es recomendable que nadie entre o salga

del vehículo mientras se está realizando la carga. Solamente deben hacerlo antes de comenzar, o cuando la carga ya está completa y colocado el tapón.

Al analizar estas cifras se tomaron en consideración algunos pasos a seguir para el correcto abastecimiento de combustibles:

Frene, ponga el freno de mano, apague el motor, radio y luces.

Nunca regrese a su vehículo mientras está cargando combustible.

Acostúmbrese a cerrar la puerta del coche al salir o entrar, así se descargará de electricidad estática al tocar algo metálico, después de cerrar la puerta toque la parte metálica de la carrocería, antes de tocar la pistola de combustible de esta manera la electricidad estática de su cuerpo se descargará en el metal y no en la pistola.

CONCLUSIONES

- Esta tesis se basa en la prevención de la carga estática en los lugares de almacenamiento de combustible, por lo cual se analizó los posibles riesgos que puede presentar Casa Bombas, y se puede decir que el peligro en ella es bajo.
- El clima es un gran aliado a esta planta ya que por encontrarse cerca al mar, la brisa marina mantiene siempre una capa de humedad en el terreno, la cual ayuda a la descarga estática en las personas.
- Aunque en el análisis realizado en casa bomba da como resultado que no existe generación de electricidad estática en ninguno de los diferentes tramos del transporte del petróleo, dado que la velocidad es pequeña y está dentro de los límites permitidos, es primordial la colocación de estas partes a puesta a tierra, ya que no tomar en cuenta el sistema de puesta a tierra es poner en peligro la vida de personas y pérdidas materiales.
- En el análisis realizado (asumiendo que no está colocada la tierra), el área que genera más electricidad estática por obvias razones es la zona de filtrado de petróleo ($I_{s4} = 2.342 \times 10^{-10}$ A), pero como se pudo comprobar la corriente que genera no es la suficiente para producir la más peligrosa de las descargas, la tipo chispa, con la corriente $I_{s4} = 2.342 \times 10^{-10}$ A, tan solo se podría llegar a obtener la descarga tipo brocha, esto se debe a que en ese sector la velocidad de bombeo es muy bajo (2.81m/s). La baja velocidad en esta zona es primordial para evitar la

generación de electricidad estáticas, además la conexión de puesta a tierra nos garantiza la descarga de cualquier corriente que se genere en la tubería.

- Casa Bomba se encuentra privilegiada al encontrarse en una región climática, donde el riesgo de producirse la electricidad estática es mínimo, además se encuentra en una zona hueca con respecto a sus alrededores y con esto previene en cierta parte la caída de los rayos eléctricos, además los métodos para la prevención de electricidad estática son los más adecuados, como es exceder en el tiempo de relajación del combustible a 10 min al llegar a Casa Bomba, la baja velocidad en el bombeo del petróleo y sobre todo la puesta a tierra en cada una de sus partes.

RECOMENDACIONES

- Instalar un Sistema de Monitoreo de Tierra física, en el área de relajación del tanquero ya que por el constante uso que se da a los cables y los lagartos estos pueden dejar de conducir perfectamente al tierra y con este sistema se tiene la seguridad de que se está conectando el tanquero a tierra ya que todo esto se lo puede observar por medio del led indicador.
- Se debe capacitar al personal de Pacifpetrol en lo que se refiere a electricidad estática, ya que el conocimiento de este tema es muy básico entre el personal de mantenimiento. Además si se dejara ingresar personal que no trabaje en el área de Casa Bomba, darle la debida instrucción del peligro que puede ocasionar la electricidad estática.
- Instalar aparatos de medición de la corriente en la tubería para con esto llevar un registro real de la corriente que se produce en la tubería y con esto estar seguro de que en cualquier momento que se pueda obtener algún tipo de fricción inusual la corriente no aumente a valores peligrosos y si esto ocurre detener el proceso.
- Instalar un pararrayos en la planta, ya que no lo poseen, aunque por las características del sitio en el cual está ubicado no lo necesitaría, hay que tener en cuenta la peligrosidad del líquido que se almacena.
- Tener un check list destinado a la prevención de la electricidad estática, y no tan solo un check list del mantenimiento de las bombas que transportan el petróleo.

BIBLIOGRAFIA

(1) AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS

Guidelines for Hazard Evaluation Procedure

New York. 1985

(2) LEES, FRANK P

Loss Prevention in the Process Industries

London. 1980

(3) AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS

Guidelines for Chemical Process Quantitative

Risk Analysis. New York. 1.989.

(4) AENOR-ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN

Proyecto de Norma Española, PNE-109.100.90

Control de la electricidad estática en atmósferas inflamables. Procedimientos prácticos de operación. Carga y descarga de líquidos en vehículos cisterna, contenedores-cisterna y vagones cisterna Abril 1990

(5) www.LECglobal.com

Dispositivo de puesta a tierra en tanques de almacenamiento

(6) Análisis del riesgo en los establecimientos afectados de nivel inferior.

Real decreto 1254/1999 Seveso II

(7) Hydrocarbon Processing

Nomograph helps determine static electrical charge from fluid flow.

New York, 1976

(8) American Petroleum Institute

RECOMMENDED PRACTICE FOR PROTECTION AGAINST IGNITIONS
ARISING OUT OF STATIC, LIGHTNING AND STRAY CURRENTES

Israel, 1974

ANEXO 1

Resumen de precauciones en el trasvase de cisternas

Las principales precauciones a adoptar para impedir la acumulación de cargas en función de las características del líquido a trasvasar se resumen en la tabla 6.

Tabla 6

PRESIÓN DE VAPOR DEL PRODUCTO TRANSPORTADO EN CARGA ANTERIOR	PRESIÓN DE VAPOR DEL PRODUCTO					
	<i>BAJA^a</i>		<i>INTERMEDIA^b</i>		<i>ALTA^c</i>	
	C.S.	C.I.	C.S.	C.I.	C.S.	C.I.
BAJA	Nota 2	Nota 2	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
ALTA	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

C.S.: CARGA SUPERIOR

C.I.: CARGA INFERIOR

a: FLASH POINT \geq 38°C (fuelóleo ligero, keroxene, diesel, fuel, jet - A)

b: flash point $<$ 38°C. P.V.Reid $<$ 31KPa (jet – B,jb – 4,benceno,lolueno)

c: flash point $<$ 38°C. P.V.Reid $>$ 31KPa (gasoline 100LL, gna,auto,nafta)

- A. *Establecer conexión equipotencial entre brazo de llenado y compartimento antes de abrir tapas bocas de carga. Cerrar tapas antes de retirar conexión equipotencial*
- B. *Inspeccionar el interior del compartimento antes posible existencia de objeto inductores de destello, procediendo, en un caso a la retirada de los mismos.*
- C. *Cargar a través de brazo de llenado, estando este en conexión con el fondo del compartimento. En su defecto, limitar la velocidad de llenado a 1 m/s hasta que el extremo del brazo quede sumergido en el líquido objeto de carga, evitando turbulencias.*
- D. *En la modalidad de carga por el fondo, limitar la velocidad de llenado o utilizar detectores que impidan la formación de nieblas minimizando la turbulencia superficial en el producto.*
- E. *Limitar la velocidad de carga del brazo de llenado por debajo de 7 m/s ó $V = 0.5/d$, siendo $-V-$, la velocidad máxima en m/s y $-d-$ el diámetro interior del brazo de llenado en m.*
- F. *Como medida preventiva, esperar al menos 1 minuto antes de efectuar mediciones con varilla metálica o tomar muestras en cúpula, una vez cargado el compartimento, asegurándose previamente de la existencia de equipotencialidad entre varilla y cisterna.*

- G. *Establecer tiempos de relajación superiores a 30 segundos antes de trasvasar el producto inmediatamente después de haber sido filtrado a que éste haya circulado a través de filtros de malla con tamaño de poro inferior a 150 micras.*

NOTAS:

1. *Todas las partes metálicas del entramado de alimentación deben tener continuidad eléctrica desde el punto de conexión equipotencial.*
2. *Los productos de baja presión de vapor manipulados a temperaturas por encima de sus puntos de inflamación o contaminados con productos de presión de vapor intermedia o alta deben tratarse como productos con presión de vapor intermedia, evitándose, además, velocidades de flujo que puedan generar turbulencia o nieblas inflamables.*
3. *Los productos con alta presión de vapor manipulados a temperaturas suficientemente bajas, pueden acumular en el espacio vacío vapores dentro incluso del rango de inflamabilidad. En estas condiciones, deben cargarse como si fueran productos de presión de vapor intermedia.*
4. *Esta sistemática de actuación no resulta de aplicación tratándose de crudos, asfaltos, aceites residuales, productos solubles en agua, como alcoholes, o productos que contengan aditivos antiestáticos (esos materiales no acumulan cargas estáticas peligrosas)*

Especificaciones para conexiones fijas de tomas de tierra. Reglas y datos prácticos

A fin de evitar posible toma a tierra defectuosa o no efectiva, pueden resultar de utilidad los criterios siguientes:

- Los conductores deberán tener una sección transversal adecuada. Tratándose de cobre desnudo su sección mínima será de 35 mm².
- El alambre deberá ser fijo o soportado de forma segura. Si es de acero, tendrá como mínimo 20 mm² de sección, cubiertos con una capa de cobre de 6 mm².
- Los conductores puente entre bridas deberán ser de cobre plano de 35 mm² y 2 mm de espesor. Si son de acero dulce galvanizado de 10 x 3 mm y atornillados firmemente a una brida.
- Los terminales para toma a tierra en las bridas, válvulas etc., deberán estar en contacto perfecto con el objeto metálico que deba tener toma a tierra.
- La resistencia de toma a tierra de las partes conductoras individuales deberá ser inferior a 106Ω La resistencia superficial de materias aislantes deberá ser inferior a 1011Ω.
- Las válvulas y las bridas completamente esmaltadas (pintadas) deben ser puenteadas conductivamente y conectadas a tierra.

- La conductividad del aire crece muy poco con el incremento de la humedad atmosférica, por lo que al no poder disiparse las cargas estáticas con el aire húmedo, el incremento de la humedad de éste no es una medida efectiva reconocida como tal.

Deben considerarse como puestas a tierra:

- Los zunchos de acero y tubos metálicos de las estructuras de los cargaderos.
- Los tanques de almacenamiento metálicos con tubos metálicos fijos.

Como colofón a lo anterior, quizás resulte oportuno convenir, teniendo en cuenta las diferentes modalidades de carga, la diversidad de productos objeto de manipulación, cada uno con sus propiedades y parámetros específicos y las distintas variables que, en definitiva ha sido preciso contemplar, la necesidad de disponer de un procedimiento o sistemática de actuación escrita que englobe los distintos conceptos vertidos, al tiempo que se arbitran las limitaciones y prescripciones que, en cada caso, las condiciones de seguridad aconsejen. En la tabla 5 se da un conjunto de datos prácticos de interés en relación con el problema de la electricidad estática.

Tabla 7

DATOS PRACTICOS			
POTENCIALES	KV	RESISTENCIA DE FUGA (Resistencia de descarga)	Ω
Persona que camina sobre suela de goma.....hasta	1-10	Zapatos conductores.....	10^4-10^8
Persona que camina con suelas de goma sobre una alfombra.....hasta	20	Zapatos aislantes.....	10^3-10^{15}
		Piel humana: seca.....	10^4
Superficie de un fuel ligero en un contenedor grande que haya sido llenado rápidamente.....hasta	100	Piel humana: húmeda.....	por debajo 10^2
		Suelo de hormigón, seco.....	10^6
Brida en un eyector de vapor...hasta	15	Suelo de madera, no tratado, seco....	10^2
-----	-----	-----	-----
CAPACITANCIA (respecto a tierra)	pF	INTENSIDAD DE CAMPO	$KV.m^{-1}$
Tornillos solos (pernos).....	aprox. 1	Intensidad del campo de ruptura del aire.....	aprox. 3000
Brida, anchura 100mm,nominal...aprox.	12		
Persona.....	200	Intensidad del campo de ruptura del aceite.....	aprox. 10.000

ANEXO 2

Árbol de Sucesos de Falla

Identificación y clasificación de los aspectos de riesgo.

Este Anexo se refiere a los Riesgos a evitar o reducir, no es probable que surjan dudas; la mayor parte de los Aspectos a verificar sugieren de forma muy directa el riesgo que se corre si se omite ese criterio constructivo, ese dispositivo de detección o control, o esa práctica operativa.

Por el contrario, el establecer a qué elemento/s del modelo pertenece cada uno de los aspectos de riesgo identificados no siempre es una tarea sencilla.

La mayor parte de la dificultad procede en ocasiones de la ausencia de una consideración previa y de una definición precisa de hasta dónde se puede hablar de una simple desviación en el proceso y a partir de qué punto debe considerarse que se trata de un accidente.

En un parque de almacenamiento de líquidos petrolíferos puede considerarse una desviación en el proceso la presencia de una nube inflamable fuera de los límites previstos en el diseño (por ejemplo, a causa de un derrame líquido o por venteo erróneo de un recipiente) o la generación de focos calientes o chispas en el interior de esos límites (por ejemplo provocar descargas electrostáticas en la boca de carga de una cisterna); en consecuencia, todas las acciones dirigidas a detener ese derrame, a

dispersar la nube o a eliminar cualquier fuente de ignición caerían dentro de una de las categorías *Control manual o Acción automática*.

Como cabría esperar, el elemento Accidente del modelo se reserva para los incendios; así, la pronta extinción mediante el uso de espuma, la limitación de la zona incendiada por medio de cubetos o los dispositivos responsables de evitar la propagación, son aspectos propios del elemento Eficacia de los medios de mitigación. Las tablas 8 y 9 muestran con mayor claridad qué aspectos del riesgo se han clasificado dentro de cada uno de los elementos del modelo. El análisis, en lo que sigue, se limita al área de carga de cisternas por razones de brevedad; su extensión al resto del establecimiento resulta directa.

TABLA 8. Identificación y clasificación de aspectos de riesgo.

Elemento en el modelo	Aspectos de riesgo
	<ul style="list-style-type: none"> – No colocar objetos conductores sobre la cisterna durante la carga, ni poco después de que ésta haya finalizado. – Dejar al producto un tiempo de relajación suficiente, si éste ha atravesado un filtro en su camino al cargadero. – Aportar un aditivo antiestático para garantizar que la conductividad supera los 50 pS/m. – Disponer de un procedimiento documentado para la carga de cisternas. – Inmovilizar los camiones mediante el freno de mano o calzos. – Verificar el vaciado total de cada compartimento. – Inspeccionar visualmente las mangueras, antes de cualquier utilización y conservarlas en lugar adecuado. – Vigilar permanentemente las actividades de carga. – Vaciar o aspirar las tuberías hasta las válvulas. – Eliminar rápidamente y de manera segura cualquier fuga de

	<p>líquido.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Controlar los niveles máximo y mínimo de llenado de las cisternas y el cerrado de sus bocas.
Acciones externas.	<p>Impacto entre un vehículo y la instalación o contra otro vehículo.</p> <p>Ignición por cargas electrostáticas durante el proceso de carga (generación de chispas al introducir una regleta en la cisterna, p. ej.).</p> <p>Errores de operación respecto al procedimiento de carga de cisternas:</p> <ul style="list-style-type: none"> – provocados por condiciones de baja iluminación. – a los que ha contribuido el hecho de que no todas las conexiones y válvulas importantes indican claramente su función (producto, tanque, etc.). – distracciones en las operaciones de carga controladas por un operador mediante la vigilancia del nivel o de la cantidad transferida. <p>Movimientos o marcha del camión durante la carga, mientras que</p> <p>permanece conectado a la instalación y en proceso de carga</p>
Condiciones latentes.	<p>Zonificación incorrecta o equipo eléctrico defectuoso.</p> <p>Presencia inadvertida de vapores de bajo punto de inflamación, durante el proceso de carga de un producto de alto punto de inflamación.</p> <p>Generación inadvertida de cargas electrostáticas, como consecuencia del paso del producto por un filtro.</p> <p>Capacidad del producto para generar cargas electrostáticas como consecuencia de su baja conductividad.</p> <p>Debilitamiento de la manguera por incompatibilidad química.</p> <p>Debilitamiento inadvertido de la manguera durante el uso.</p> <p>Utilización de una manguera cuyo mal estado se desconoce, por falta de inspección visual previa.</p> <p>Deterioro inadvertido de la manguera por mal almacenamiento.</p> <p>Fallos no detectados en los enclavamientos ante sobrellenos.</p> <p>Fallos no detectados en las bombas dosificadoras de control de la cantidad transferida, con interrupción automática.</p>
Control manual.	<p>Cualquier aspecto no adecuado en el control de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – La ignición provocada por el motor del camión o por su sistema eléctrico.

	<ul style="list-style-type: none"> – La generación de cargas electrostáticas durante el proceso de carga, por excesiva velocidad del fluido. – La existencia de cualquier problema que se ponga de manifiesto durante la operación de descarga. – La liberación de cantidades importantes de líquido inflamable tras la detección de un problema, relacionada con la actuación sobre las válvulas de cierre rápido. – La extensión de una fuga líquida hasta formar un charco de gran superficie, relacionada con los elementos y sistemas de recogida.
Acción automática.	<p>Cualquier aspecto no adecuado en el control no manual de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – La extensión de una fuga líquida hasta formar un charco de gran superficie. – La generación de cargas electrostáticas entre tuberías y estructuras. – La generación de cargas electrostáticas entre el sistema de tuberías y el camión. – El comienzo de la operación de carga sin las adecuadas conexiones a tierra. – El deterioro y pérdida de funcionalidad de los sistemas de conexión equipotencial. – La generación de cargas electrostáticas durante el flujo del producto por la manguera – Los derrames debidos al movimiento o a la marcha del camión durante la carga.
Eficacia de los medios de mitigación.	<p>Acceso difícil o incluso imposible en caso de intervención.</p> <p>Cualquier aspecto relacionado con deficiencias en el diseño, conservación o acceso a los sistemas de enfriamiento y extinción (agua, espuma y sistemas móviles).</p>
Eficacia de la gestión de la empresa	<p>Acceso difícil o incluso imposible en caso de intervención.</p>

TABLA 9. Resto de elementos del modelo

Operaciones o estados normales.	El estacionamiento de cisternas, su aproximación, carga y salida. El estado de reposo del cargadero, en ausencia de cisternas. Las labores de limpieza y mantenimiento del cargadero.
Desviaciones en el proceso.	Derrame por sobrellenado. Liberación de pequeñas cantidades de líquido inflamable durante la desconexión de las mangueras. Liberación por rotura o agrietamiento de la manguera de carga. Liberación de cantidades importantes de líquido inflamable, incluso tras la detección precoz de una fuga. Existencia de condiciones que puedan crear un foco de ignición en puntos donde resulta inevitable la presencia de mezclas inflamables (interior de la cisterna, por ejemplo).
Accidente.	Cualquier incendio o explosión importantes.

Escenarios accidentales

Las tablas 8 y 9 permiten identificar los aspectos que pueden encadenarse en forma de árbol de sucesos para crear cada una de las secuencias que constituyen los diversos escenarios accidentales. El por dónde empezar depende de la finalidad que se persiga: alguien interesado en conocer sólo cómo puede llegarse a una desviación en el proceso, iniciará el árbol por alguna de las acciones externas, comprobará si alguna de las posibles

condiciones latentes es capaz de precipitar o agravar el resultado, revisará el papel de los sistemas de regulación automática, alarmas, etc. y obtendrá un árbol en cuyos resultados aparecerán las desviaciones del proceso, junto a otras ramas representativas del éxito de algunos sistemas de seguridad.

Por el contrario, si la finalidad fuera la de estudiar las posibles consecuencias finales de una desviación en el proceso, el analista usaría ésta como suceso iniciador y se preguntaría qué aspectos del control manual y de las acciones automáticas se pondrían en juego y en qué orden. Finalmente, haría intervenir los aspectos incluidos en la eficacia de las acciones de mitigación y de gestión de las emergencias para tratar de evaluar las posibles consecuencias del accidente. Para la finalidad de este ejemplo, se ha elegido como incidente un derrame por sobrellenado durante la carga de un camión cisterna.

Suceso iniciador.

Se trata de la presencia inadvertida de gasolina (~ 400 litros) en uno de los compartimentos de la cisterna, provocada por la descarga incompleta del líquido que éste contenía, a causa del cierre intempestivo de su válvula de fondo (obturador interno), en el porte inmediatamente anterior. El conductor había omitido la preceptiva verificación del vaciado de la cisterna antes de iniciar la carga y programó un volumen que superaba la capacidad libre de ese compartimento. Con esa condición latente presente, se inició la carga

con un caudal que supera ligeramente los 40 l/s, pero que disminuye a medida que el volumen transferido se acerca al programado.

Aún partiendo de un compartimento vacío, se podría presentar una situación de peligro de sobrellenado semejante a la descrita por otras dos vías: programando erróneamente un volumen superior a la capacidad nominal del recipiente (acción externa) o por fallo del contador volumétrico que interrumpe la carga cuando se alcanza el volumen programado (condición latente).

Funciones de seguridad.

En primer lugar, se cuenta con una sonda de nivel que, al detectar un sobrellenado, actúa cerrando una electroválvula en la línea de carga. Este sistema puede producir tres clases de resultados:

- Cierre de la válvula con la suficiente antelación para evitar el derrame.
- Cierre de la válvula, pero en un momento en el que la inercia del sistema pueda dar lugar a un pequeño derrame.
- Fallo en su función de cerrar la válvula, permitiendo un derrame continuado.

En segundo lugar, existe la posibilidad de activar manualmente el cierre de las electroválvulas, mediante unos pulsadores situados localmente y también en el cuarto de control (paradas de emergencia). Esta es una función de seguridad cuyos resultados dependen del tiempo que se tarde en actuar sobre los pulsadores. Podría considerarse un éxito que la actuación tuviera

lugar antes de 5 segundos (unos 100 litros derramados) y un fallo el que se superara ese periodo.

La tercera de las funciones de seguridad es el corte automático cuando se ha alcanzado el volumen programado; si el suceso iniciador es el que se ha descrito, el éxito de este sistema limitaría el derrame a una cantidad inferior a 400 litros; su fallo no daría lugar a un derrame ilimitado, porque se debe contar con que en todo caso se activarán los pulsadores de parada de emergencia. Por tanto, en el árbol se prescindirá de esta función, considerando que actúa en paralelo con el corte de emergencia.

Resumiendo los resultados que puede esperarse razonablemente de la combinación del suceso iniciador y de las funciones de seguridad implantadas son:

- Ausencia de derrame.
- Derrame mínimo (< 25 litros).
- Derrame intermedio (25-100 litros).
- Derrame importante > (100 litros).

Continuando con las funciones de seguridad, la disposición del cargadero es tal que cualquier derrame accidental fluye rápidamente hacia un sumidero, situado fuera de la proyección vertical del vehículo y conectado con la red de aguas hidrocarburadas. El éxito de esta función consiste en evitar la existencia de charcos de líquido inflamable en los alrededores de la cisterna.

Para el caso de obstrucción del sumidero o en cualquier circunstancia en la que se haya confinado un derrame y se quiera limitar su emisión de vapores, existen sistemas fijos y móviles de espuma para cubrir su superficie. Se trata de una función de seguridad, cuyo éxito se cifra en la eliminación efectiva del riesgo de ignición retardada de una superficie de líquido inflamable o de los vapores de éste. Finalmente, la instalación cuenta con un separador para la depuración de las aguas hidrocarburadas, cuyo funcionamiento correcto da lugar a una separación eficaz del agua y de los hidrocarburos.

La figura 6.1 muestra el árbol de sucesos correspondiente al suceso iniciador y a las funciones de seguridad enumeradas. Los resultados se han identificado con un código que corresponde a las funciones de seguridad que han tenido que fallar para que se llegue a esa situación. La descripción detallada de cada resultado se recoge en la tabla 10

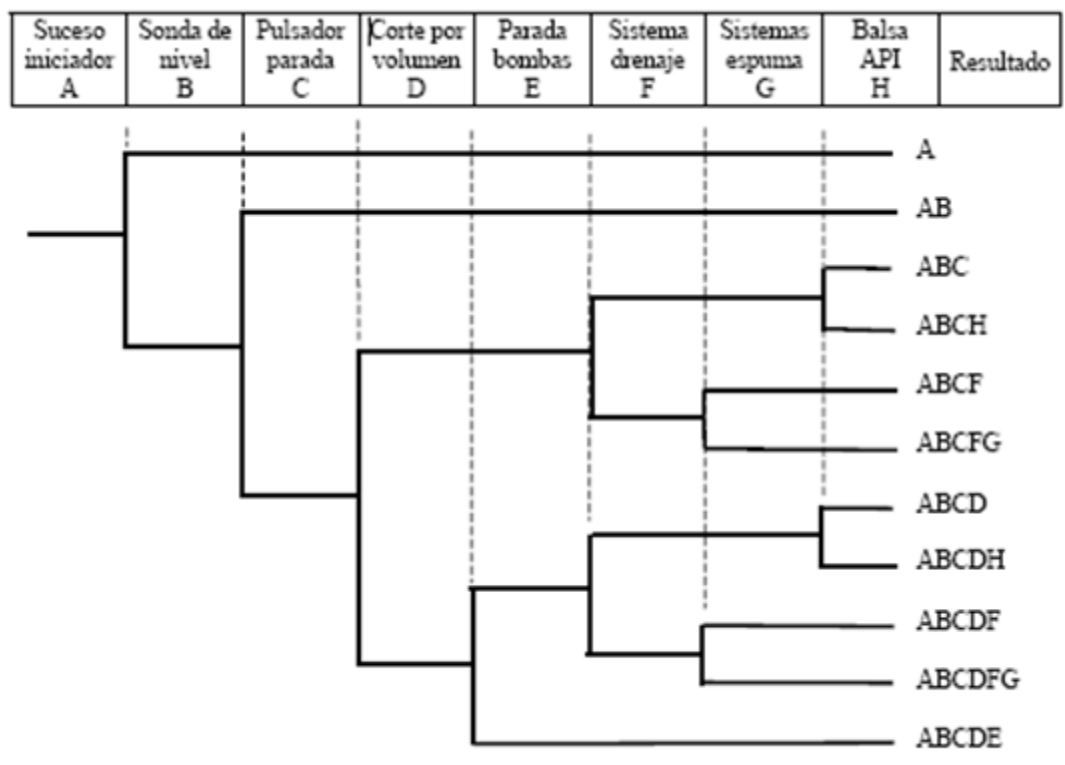


FIGURA 6.1 Árbol de sucesos en ausencia de ignición.

TABLA 10. Secuencias y resultados de los escenarios del árbol de la figura 6.1

Secuencia	Resultados
A	La sonda de nivel ha cerrado la electroválvula impidiendo el derrame. Deberá comprobarse si el grado de llenado del compartimento excede del máximo autorizado, vaciando, en su caso, el exceso.
AB	El fallo –o el retraso en la actuación– del sistema de corte por alto nivel ha permitido un derrame que afecta, en primer lugar, a la propia cisterna y a un área limitada a su alrededor. Se requiere el más estricto control de las fuentes de ignición, incluyendo la inmovilización del camión, la absorción y eliminación del vertido y una limpieza escrupulosa del área.
ABC	Ha fallado el corte por alto nivel y se ha llegado al corte por volumen transferido antes de poder actuar sobre los pulsadores de emergencia. Se ha derramado una cantidad de producto que ha fluído en parte por el drenaje. Se ha controlado la balsa separadora evitando el vertido de hidrocarburos a los cauces públicos.
ABCH	Secuencia semejante a la anterior, pero con ausencia de control en la balsa separadora y vertido de una cantidad poco significativa de líquidos hidrocarbureados.
ABCF	Con un volumen de derrame relativamente importante, el fallo en el sistema de drenaje, ha obligado a cubrirlo con espuma. Se hace necesario un periodo de cierre del cargadero hasta que se elimine el producto
ABCFG	La situación anterior, pero con fallo en la aplicación de espuma. Emisión de vapores y elevado riesgo de ignición.
ABCD	El derrame sólo se ha interrumpido mediante la parada de las bombas. A través del drenaje, una cantidad importante del producto ha alcanzado la balsa separadora. Un buen control sobre la misma ha evitado el vertido al exterior de la instalación.
ABCDH	En la situación anterior, se ha perdido el control sobre la balsa separadora y se han vertido cantidades importantes de hidrocarburos.
ABCDF	En la situación de mayor volumen derramado, un fallo en el drenaje ha provocado el embalse del producto en la zona de carga. Se ha conseguido cubrirlo de espuma y se inician las labores de recogida y limpieza.
ABCDFG	Es la situación anterior, en el supuesto de que fallara el proceso de cubrir el charco con espuma. Peligro de ignición de la nube de vapor.
ABCDE	Es una situación altamente improbable caracterizada por un derrame de mayor duración. El control de la balsa separadora resulta esencial para evitar el vertido al exterior de aguas hidrocarbureadas.

Otras circunstancias capaces de modificar los resultados.

El árbol analizado corresponde a escenarios de los que está ausente la ignición de los vapores procedentes de la gasolina derramada. El control efectivo de las fuentes de ignición es el resultado de medidas de control manual (parada del motor, desconexión de la batería del vehículo, etc.) y de acción automática (instalación eléctrica, conexiones equipotenciales, etc.). Un fallo en alguna de estas medidas, o la ubicua presencia de la electricidad estática, puede provocar la ignición de los vapores inflamables en cualquier momento y lugar de los escenarios descritos. Este hecho multiplica el número de árboles posibles, si bien el análisis de los más probables ofrece una visión fácilmente extrapolable a los demás. Así pues, para completar la hipótesis del derrame por sobrellenado, se ha supuesto que se produce la ignición de los vapores del producto derramado, inmediatamente después de que el rebose se haya interrumpido por actuación sobre los pulsadores de parada de emergencia o por haberse transferido ya la cantidad programada. Por tanto, en las dos ramas que surgen del nodo C, se intercala un nuevo nodo correspondiente a la posibilidad de ignición. Las ramas superiores de ese nodo –el control efectivo de las fuentes de ignición– mantienen los escenarios descritos en la figura 6.1. Las ramas inferiores del nodo –la presencia y el efecto de una fuente de ignición– dan lugar a nuevas secuencias accidentales, en las que intervienen otras funciones de seguridad que se comentan a continuación.

Otro nodo que corresponde a la función de seguridad basada en los extintores portátiles de polvo seco, se ha asociado exclusivamente a la rama superior del nodo C, es decir a derrames de pequeño volumen, puesto que en un incendio de gran magnitud se acudiría directamente a otros medios. El éxito de esta función supone el que el propio conductor de la cisterna o un operador cercano al suceso consiguen extinguir el fuego.

El cargadero cuenta, como se ha apuntado en la descripción de las instalaciones, con un sistema fijo de espuma compuesto por un conjunto de rociadores dispuestos en el techo de la zona de carga. Pueden activarse mediante pulsadores situados tanto en la sala de control, como localmente, o bien pueden abrirse manualmente las válvulas que los ponen en funcionamiento. Su eficacia es muy elevada y la posibilidad de que fallen ante una demanda es remota. La ramificación superior de este nodo debe interpretarse como la extinción inmediata del incendio, mientras que la inferior correspondería a un fallo total del sistema de espuma o a que el incendio ha superado la superficie cubierta por el efecto de los rociadores y se precisa de medios complementarios.

Todo el personal de la instalación de almacenamiento se encuentra formado para actuar como equipo de primera intervención en caso de siniestro. El jefe de la instalación, el operador de la sala de control y los dos operadores de campo, cuentan con los medios de protección personal y con los sistemas de extinción móviles necesarios para complementar, en su caso, la acción de los

sistema fijos. No obstante, el Plan de Autoprotección del establecimiento establece la necesidad de que, en paralelo con la decisión de que intervenga este equipo, se solicite ayuda exterior. La rama superior de la función de seguridad representada por el equipo de primera intervención corresponde al hecho de que éste logre extinguir el incendio antes de la llegada de esa ayuda externa.

Se ha previsto en el árbol de sucesos de este segundo caso, una circunstancia que puede agravar notablemente los resultados del accidente. Se trata de la posibilidad de que la propia cisterna se encuentre afectada por el incendio. Si el diseño y el mantenimiento de la superficie del cargadero son los correctos, no se habrá producido una acumulación significativa de líquido bajo la cuba del vehículo; en caso contrario puede producirse el colapso, la explosión o el incendio de otros compartimentos cargados de combustibles. Por tanto, la rama superior de este nodo no debe interpretarse como que la cisterna sí está afectada, sino como el éxito de los sistemas responsables de evitarlo.

Finalmente, se ha reservado un último nodo bajo la denominación genérica de Gestión de la emergencia. Corresponde al caso límite en el que el incendio haya superado la capacidad de respuesta del establecimiento, la cisterna se haya visto involucrada, etc. Se incluyen en el concepto la prontitud de actuación y la eficacia de los medios externos, la evacuación ordenada de otros camiones cisterna que pudieran estar cargando o

esperando turno de carga, etc. Su éxito se cifra en el control del alcance del incendio, en su extinción y en la atención urgente a los posibles accidentados.

El nuevo árbol correspondiente a la presencia de ignición se representa en la figura 6.2 y sus resultados se detallan en la tabla 11.

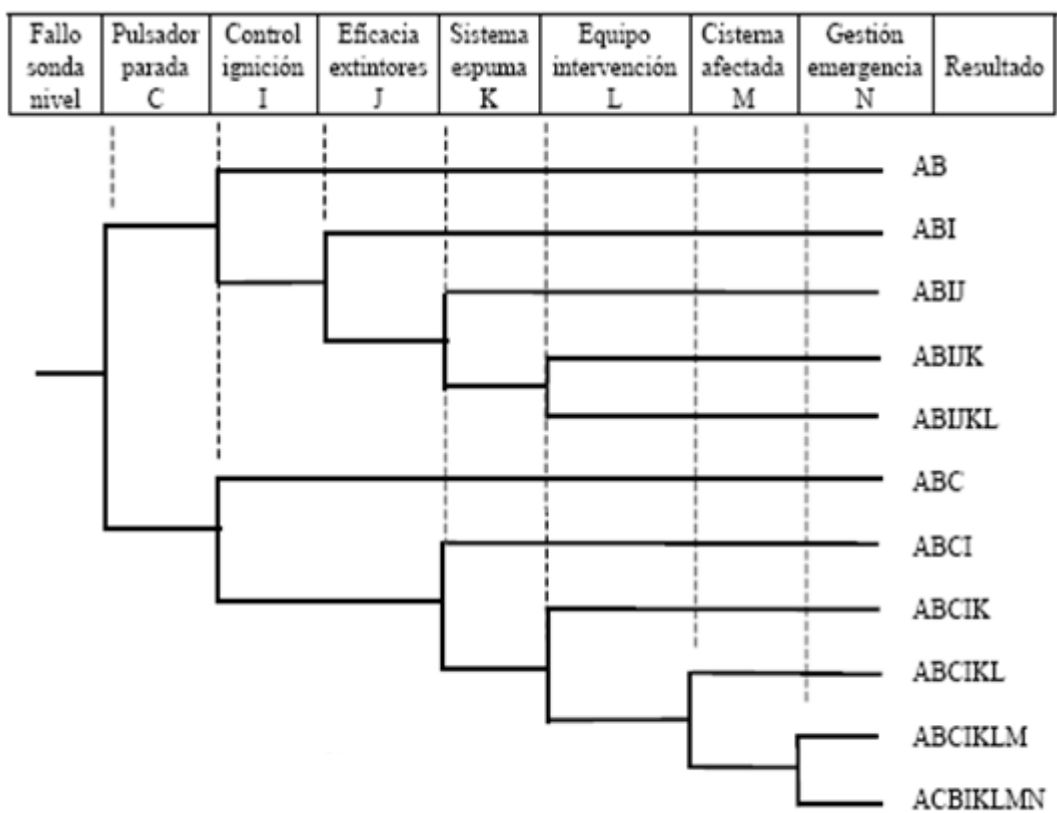


FIGURA 6.2. Árbol de sucesos en presencia de ignición.

TABLA 11. Secuencias y resultados de los escenarios del árbol de la figura 2.6

Secuencia	Resultados
AB	El fallo –o el retraso en la actuación- del sistema de corte por alto nivel ha permitido un derrame que afecta, en primer lugar, a la propia cisterna y a un área limitada a su alrededor. Se ha conseguido controlar las fuentes de ignición y se ha limpiado el área.
ABI	Se ha producido un incendio de pequeñas proporciones, que ha sido controlado mediante el empleo de los extintores de polvo seco
ABU	Se ha producido un incendio de pequeñas proporciones que ha requerido el disparo de los rociadores de espuma para su extinción.
ABUJK	Se ha producido un incendio cuya ubicación ha hecho necesaria la intervención complementaria del equipo de primera intervención para su extinción.
ABUJKL	Es un escenario que limita con los de la rama inferior del nodo C. El tamaño del incendio está resistiendo la actuación de todos los medios anteriores y requerirá la presencia de ayuda externa.
ABC	Ha fallado el corte por alto nivel y se ha llegado al corte por volumen transferido antes de poder actuar sobre los pulsadores de emergencia. Se ha derramado una cantidad de producto que ha fluído en parte por el drenaje. No se ha producido la ignición Se ha controlado la balsa separadora evitando el vertido de hidrocarburos a los cauces públicos.
ABCI	Se ha producido un incendio cuya magnitud ha aconsejado el disparo de los rociadores de espuma, los cuales han logrado su inmediata extinción.
ABCIK	Se ha producido un incendio cuya magnitud ha aconsejado el disparo de los rociadores de espuma, los cuales no han logrado su completa extinción. Ha actuado eficazmente el equipo de primera intervención completando las labores de extinción.
ABCKIL	Se ha producido un incendio cuya magnitud ha aconsejado el disparo de los rociadores de espuma, los cuales no han logrado su completa extinción. Aunque se precisará ayuda externa para completar la extinción del incendio, éste se limita a una zona que no es probable que llegue a afectar a la cisterna que se hallaba cargando.
ABCIKLM	El incendio está afectando a la cisterna, pero la gestión de la emergencia está siendo la correcta; están actuando los servicios de intervención externos, se ha atendido a los posibles accidentados, se han retirado ordenadamente los restantes vehículos, el personal no necesario ha sido evacuado, etc.
ABCIKLMN	Es el peor de los escenarios; todos los esfuerzos por extinguir el fuego con los medios internos están resultando insuficientes, la cisterna se halla afectada por el fuego y el resto de los procedimientos previstos en el ámbito de la gestión de las emergencias están resultado inferiores a lo adecuado.

El análisis del riesgo llevado a cabo para el cargadero, ha permitido evaluar algunos escenarios que van desde el simple derrame sin consecuencias, hasta incendios con capacidad para devastar el propio cargadero y quién sabe si algunas infraestructuras próximas. También habrá cumplido la misión de alertar ante aspectos peligrosos tales como: olvidos o negligencias en los procedimientos de carga, pulsadores de emergencia de difícil acceso o mal señalizados, suelos sin las pendientes adecuadas, poca formación o adiestramiento en el manejo de extintores, etc.

El titular de un establecimiento como el que se ha ejemplificado, debería ampliar el análisis, con un procedimiento semejante, al resto de las áreas peligrosas de su instalación y, en concreto, a los tanques de almacenamiento, las bandejas de tuberías, los centros de bombeo, los depósitos de aditivos, etc.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DEL LITORAL

"Impulsando la Sociedad del Conocimiento"

PROYECTO ANCÓN

Oficio N° 356-PRCP-ANC-2007

Agosto 29 del 2007

Señor
Francisco Chávez
Gerente de Unidad Ancón
Petróleos del Pacífico S.A.
Operadora del Consorcio ESPOL - PACIFPETROL S.A.
En su despacho.-

www.espol.edu.ec

*Este
D. Granda
Sr. Abate
Tarea ambientalista report
nuestro responsable para
pasar facultad de visita
reunión. Llamamos ESPOL
C.H.E.
29/08/07*

De mis consideraciones:

Adjunto sírvase recibir copia de solicitud del Decano de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, para que los Sres. Juan Aguirre Mateus y Segundo Panchana Delgado puedan realizar una visita técnica a partir del 03 de septiembre/2007, con la finalidad de elaborar su tema de Tesis: "Análisis, Cálculo y Prevención de Electricidad Estática en Transportes y Lugares de Almacenamiento de Combustibles en la Planta de Ancón"; debo indicar que este pedido fue autorizado por el Director del Proyecto, por ser tema de interés para el campo. En razón de lo expuesto solicito a usted dar las facilidades respectivas.

Sin otro particular, es grato saludarle.

Atentamente,

Ing. Atilio González Zambrano
Supervisor Proyecto Ancón

Anexo: Lo indicado

*Monica P.
Ayer 29/07
S. Granda L*

SG/.