

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
IBARRA - ECUADOR**

## ARTÍCULO ESPAÑOL

### **TEMA:**

**“ANÁLISIS DE RIESGOS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN EN LAS ÁREAS DE  
ALMACENAMIENTO Y DESPACHO DEL TERMINAL DE PRODUCTOS  
LIMPIOS AMBATO DE EP PETROECUADOR”**

**AUTOR: Cristian Stalin Chuquín Angamarca**

**DIRECTOR: Ing. Macelo Puente MSc.**

**ASESOR: Ing. Raúl Baldeón MSc.**

Septiembre, 2012

## RESUMEN

La seguridad industrial es una obligación que la ley impone a patrones y a trabajadores y que también se debe organizar dentro de determinados cánones y hacer funcionar dentro de determinados procedimientos.

Siendo la seguridad e higiene industrial un ente de prevenir los accidentes laborales, los cuales se producen como consecuencia de las actividades de producción, por lo tanto, una producción que no contempla las medidas de seguridad e higiene no es una buena producción. Una buena producción debe satisfacer las condiciones necesarias de los tres elementos indispensables, seguridad, productividad y calidad de los productos.

El presente estudio se realizó en el Terminal de Productos Limpios Ambato EP PETROECUADOR que es una unidad operativa de Transporte, Almacenamiento y Comercialización bajo la Intendencia Distrito Norte de Terminales y Depósitos, se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua, ciudad de Ambato, en el sector comprendido entre las calles los Quitus, el Cóndor, los Atis y Alfredo Jaramillo, está conformada básicamente por tres grandes áreas de trabajo, repartidas en aproximadamente diez hectáreas de terreno. Esta investigación presenta una metodología de Aplicación de Análisis de Fuego y Explosión la cual utiliza las técnicas de los siguientes estamentos como son la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), Instituto Americano de Ingenieros Químicos(AICHE) y Agencia de Administración Federal de Emergencias (FEMA), diseñada para el Mejorar la

Seguridad Industrial en las áreas de Almacenamiento y Despacho de productos.

El área de almacenamiento, cuenta con tanques estacionarios verticales, debidamente identificados de acuerdo al producto que contienen, estos tanques tienen instaladas válvulas, además poseen cubetos o diques diseñados para contener el producto del tanque en caso de un derrame.

El almacenamiento continúa siendo una actividad indispensable en el transporte y manejo de hidrocarburos. La selección del tipo y tamaño de tanque está regida por la relación producción-consumo, las condiciones ambientales, la localización del tanque y el tipo de fluido a almacenar. El almacenamiento se puede realizar en tres tipos de instalaciones: superficiales, subterráneas y en buques tanque. La capacidad de dichas instalaciones varía desde unos cuantos metros cúbicos hasta miles de ellos.

El Terminal Ambato, con dos Islas de Carga de Combustibles. La isla principal consta de cuatro brazos de carga de 4 pulgadas y la Isla Secundaria de cuatro brazos de carga de similares características, ambas Islas cuentan con sistemas de medición smithmeters, tipo accuload electrónicos, los contadores son de tipo F – 4, y las capacidades de flujo están entre 400 y 480 galones por minuto.

## CAPÍTULO I

### 1 TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS AMBATO EP-PETROECUADOR.

Terminal de productos limpios Ambato EP PETROECUADOR es una unidad

operativa de Transporte, Almacenamiento y Comercialización bajo la Intendencia Distrito Norte de Terminales y Depósitos, se encuentra ubicado en la provincia de Tungurahua, ciudad de Ambato, en el sector comprendido entre las calles los Quitus, el Cóndor, los Atis y Alfredo Jaramillo, está conformada básicamente por tres grandes áreas de trabajo, repartidas en aproximadamente diez hectáreas de terreno.

Este terminal receipta hidrocarburos limpios, los almacena, controla su calidad, comercializa y despacha a la red de distribuidoras autorizadas, así mismo cumplen con actividades de regulación ambiental y de seguridad vigentes en el país para el buen funcionamiento del mismo, por lo cual han obtenido una certificación ISO 14001: 2004.

## **1.1 ESTRUCTURA DEL TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS.**

Estas áreas son las siguientes:

### **1.1.1 ÁREA DE RECEPCIÓN.**

El Terminal Ambato, recibe hidrocarburos limpios enviados desde las instalaciones del Beaterio ubicadas en la ciudad de Quito vía poliducto, este proceso de recepción de productos se realiza en la estación reductora de presión, la misma que está constituida por varios componentes que son de fundamental importancia para el objetivo de esta unidad. La recepción de producto inicia con una presión de entrada de 300 a 360 psi, pasa a través de las válvulas reductoras de presión donde la misma es reducida a 30 psi, posteriormente el producto pasa por un elemento filtrante, luego por un sistema de medición y este es enviado a un manifold de distribución, el

mismo que distribuye el producto a los tanques de almacenamiento.

### **1.1.2 ÁREA DE ALMACENAMIENTO.**

El área de almacenamiento del Terminal, cuenta con tanques estacionarios verticales, debidamente identificados de acuerdo al producto que contienen, estos tanques tienen instaladas válvulas, además poseen cubetos o diques diseñados para contener el producto del tanque en caso de un derrame.

#### **1.1.2.1 Tanques de almacenamiento.**

El almacenamiento continúa siendo una actividad indispensable en el transporte y manejo de hidrocarburos, la selección del tipo y tamaño de tanque está regida por la relación producción-consumo, las condiciones ambientales, la localización del tanque y el tipo de fluido a almacenar.

El almacenamiento se puede realizar en tres tipos de instalaciones: superficiales, subterráneas y en buques tanque.

Los tanques pueden fabricarse y transportarse a su lugar de colocación o bien armarse en el lugar mismo donde permanecerán. Una forma de clasificación de tanques es por las características de su techo, en base a esto hay de techo fijo y flotante. Estos últimos han tenido gran aceptación debido a la ventaja adicional de controlar automáticamente el espacio disponible a los vapores.

#### **1.1.2.2 Tipos de tanques de almacenamiento.**

Existen varios tipos de tanques de almacenamiento los cuales se clasifican de la siguiente manera.

- **Atmosféricos y baja presión:  $p \leq 2.5$  psig**

- Techo fijo
  - Techo flotante
  - Tope abierto
- **Media presión:  $2.5 < p < 15$  psig**
- Refrigerados
  - No refrigerados
- **Presurizados:  $p > 15$  psig**
- Cilindros
  - Esferas

Para tanques de almacenamiento a presiones atmosféricas o bajas presiones y de tamaños relativamente grandes se utilizan las reglas de construcción y diseño de uno de los siguientes códigos.

**API**

- STD 620. Diseño y construcción de tanques grandes de baja presión.
- STD 650. Diseño y construcción de tanques de almacenamiento atmosféricos.
- RP 651. Protección Catódica.
- RP 652. Recubrimientos de los fondos de tanques.

**1.1.2.2.1 Descripción de los tanques de techo fijo.**

Estos se utilizan para el almacenamiento de crudos que poseen un punto de inflamación alto y de presión de vapor, es decir, aquellos hidrocarburos que no se evaporan fácilmente, evitando así la acumulación de gases en el interior del tanque que pueden producir la explosión de este, y por tanto la presión en el tanque no excede la atmósfera.

Están formados por un solo cuerpo, cuyo techo no tiene ninguna posibilidad de movimiento. Poseen varias válvulas de venteo, que permite la salida indiscriminada de los vapores que están formándose continuamente en su interior.

**1.1.2.2.2 Descripción de tanques de techo flotante.**

Estos son recipientes que tienen un cuerpo cilíndrico vertical y un techo que flota en la superficie del líquido.

Cuentan con pontones que flotan al nivel del líquido reduciendo la evaporación del producto. Comprende los tanques construidos con acero al carbono y aceros aleados, de diversos tamaños y capacidades, de paredes cilíndricas y verticales, diseñadas para almacenar hidrocarburos líquidos a presiones próximas a la atmosférica.

**1.1.2.3 Diques de contención**

Como dijimos anteriormente cada tanque de almacenamiento está provisto de diques de contención como en caso de que se produzca un derrame o un colapso del tanque.

**Tabla No. 1: Área de los diques**

<b>DIQUE</b>	<b>ÁREA</b>
Dique de contención para tanques 2 y 9	2970 m <sup>2</sup>
Dique de contención para tanques 3 y 8	3404 m <sup>2</sup>
Dique de contención para tanques 4 y 7	2350 m <sup>2</sup>
Dique de contención para tanques 1 y 6	3895 m <sup>2</sup>

**Fuente:** EP-PETROECUADOR

**Elaborado por:** Cristian Chuquín

### **1.1.3 ÁREA DE CARGA Y DISTRIBUCIÓN (DESPACHO).**

Cuenta el Terminal Ambato, con dos Islas de Carga de Combustibles. La isla principal consta de cuatro brazos de carga de 4 pulgadas y la Isla Secundaria de cuatro brazos de carga de similares características, ambas Islas cuentan con sistemas de medición smithmeters, tipo acculoadelectrónicos, los contadores son de tipo F – 4, y las capacidades de flujo están entre 400 y 480 galones por minuto.

El despacho de combustibles se realiza de acuerdo a la guía de remisión emitida por comercialización en el caso de autotanques de los distribuidores autorizados que llegan a cargar combustible que llevan para el reparto urbano y autotanques de transferencia.

La isla principal es utilizada para carga de transferencia Ambato-Riobamba. La isla secundaria es utilizada para el despacho a tanqueros que distribuyen el hidrocarburo a la provincia de Tungurahua y a los sectores cercanos a la misma.

#### **1.1.3.1 Bombas de distribución de combustibles**

El Terminal Ambato cuenta entre sus instalaciones con un área de bombas que ayudan a la distribución y transporte de los productos hasta las islas de carga, la principal función de esta área es succionar los hidrocarburos desde los tanques de almacenamiento hasta que se realice la descarga a los compartimentos de los autotanques, con la ayuda de ocho bombas centrífugas de diferentes capacidades que se encuentran instaladas en una plataforma conocida como patio de bombas.

#### **1.1.3.2 Brazos de carga**

Un brazo de carga permite el transvase de un líquido o gas licuado de una cisterna a otra. Para el transvase desde una cisterna (de camión o ferrocarril) se necesita de un brazo de carga superior o inferior.

#### **1.1.3.3 Concepto genérico de un brazo de carga superior o inferior**

Estos tipos de brazos de carga están formados por 3 tubos- denominados brazo interior, brazo exterior y tubo buzo. Los diámetros pueden ir de 2” a 6”. Estos tres tubos están unidos entre ellos por juntas rotativas que les permiten girar fácilmente. El brazo se puede extender para obtener la posición de trabajo requerida para acceder al depósito a cargar o descargar y ser plegado para ocupar el mínimo espacio de almacenamiento.

##### ***1.1.3.3.1 Brazo de carga superior***

El brazo de carga superior es muy utilizado para la carga de cisternas, tanto de camión como de ferrocarril. La carga se realiza por la boca de hombre situada en la parte superior de la cisterna. Según la naturaleza del producto (no peligroso, sin evaporización de gases tóxicos...), la carga se puede realizar abierta, es decir que la boca de hombre no está recubierta.

##### ***1.1.3.3.2 Brazo de carga inferior***

Está destinado para descarga de cisternas tanto de camión como de ferrocarril. La conexión puede ser lateral o por la parte posterior de la cisterna o ambas. El lugar de la conexión influye en el tamaño de los tubos, así una conexión posterior precisa de tubos más largos que una conexión lateral.

## CAPÍTULO II

# 2 CARACTERÍSTICAS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN.

El riesgo de fuego y explosión se nos presenta en el lugar de trabajo con un potencial intrínseco de pérdidas humanas y económicas importantes. Representan también un riesgo para la población en general, no siempre se adoptan las medidas necesarias para prevenirlo o protegerse contra el mismo.

Al referirnos a las previsiones que deberían tomarse en la fase de ejecución de cualquier procedimiento dentro del terminal, no hacemos más que recordar la necesidad de actuar de forma preventiva.

### 2.1 FUEGO.

El fuego es una reacción química de combustión que se lleva a cabo cuando se combina con el oxígeno en un grado suficiente, autoalimentada, con presencia de un combustible en fase sólida, líquida o gaseosa del que se desprende calor, radiación luminosa, humo y gases de combustión.

#### 1.1.1 PROCESO DE LA COMBUSTIÓN (PARÁMETROS).

La combustión es una reacción exotérmica; los reactivos reductores constituyen el “combustible”; los agentes oxidantes son los “comburentes”.

Para que exista una combustión debe concurrir:

- ✓ Combustible
- ✓ Comburente
- ✓ Energía de activación y
- ✓ Reacción en cadena.

#### 2.1.2 VELOCIDAD DE LA REACCIÓN.

Según la velocidad de la reacción podremos establecer la siguiente clasificación:

**OXIDACIÓN**; si la reacción es lenta (oxidación del hierro, amarilleo del papel  
**COMBUSTIÓN**; si la reacción es normal, se produce con emisión de luz (llama) y calor, que es perceptible por el ser humano.  
**DEFLAGRACIÓN**; si la reacción es rápida, la propagación del frente de llama es menor que la del sonido.

#### 2.1.3 INCENDIO.

Es un proceso de combustión rápida que se desarrolla sin control en el tiempo y el espacio de grandes proporciones que destruye aquello que no está destinado a quemarse. El surgimiento de un incendio implica que la ocurrencia de fuego está fuera de control, con riesgo para personas, medio ambiente y bienes materiales.

**Gráfico No. 1: Incendio**



**Fuente:**

<http://www.google.com.ec/imgres?q=incendio&um=1&hl=es&biw>

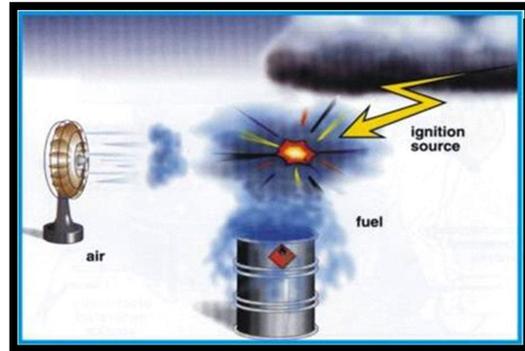
**Elaborado por:** Cristian Chuquín

### **2.1.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA IGNICIÓN.**

Todos los combustibles que arden con llama, entran en combustión en fase gaseosa. Cuando el combustible es sólido o líquido, es necesario un aporte previo de energía para llevarlo al estado gaseoso.

La peligrosidad de un combustible respecto a su ignición va a depender de una serie de variables.

**Gráfico No. 2: Factores que influyen en la autoignición**



**Fuente:**<http://www.google.com.ec/imgres?q=Factores+que+influyen+en+la+ignici%C3%B3n>

**Elaborado por:** Cristian Chuquín

#### **2.1.4.1 Según su temperatura.**

Todas las materias combustibles presentan 3 niveles de temperatura característicos que se definen a continuación:

##### **2.1.4.1.1 Punto de Ignición.**

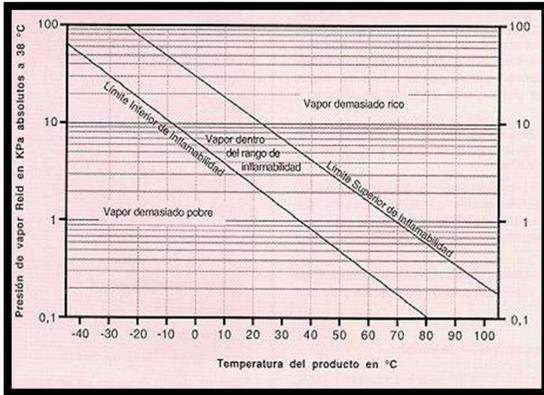
Es la temperatura mínima a la cual el combustible emite suficientes vapores que, en presencia de aire u otro comburente, se inflaman en contacto con una fuente de ignición, pero si se retira se apaga. Los puntos de ignición varían de temperaturas muy por debajo de los cero grados Fahrenheit para los gases inflamables (tales como GLP, propano o butano), y líquidos volátiles inflamables (como la gasolina), a cientos de grados sobre cero para aceites combustibles pesados.

##### **2.1.4.1.2 Límites de inflamabilidad y explosividad.**

Es bastante conocido que la combustión no puede tener lugar en ausencia de una cantidad mínima de oxígeno, ya sea ya sea que se encuentre disponible en el aire mezclado con los gases y vapores emanados de una sustancia combustible o

de un componente interno del combustible. De la misma forma, debe haber suficientes vapores o gases combustibles disponibles en la mezcla aire-combustibles para soportar y sostener la combustión.

**Gráfico No. 1: Límites de inflamabilidad**



**Fuente:**

<http://www.google.com.ec/imgres?q=L%C3%ADmites+de+inflamabilidad+y+explosividad.&um=1&hl=es&biw=1360&bih=601&tbm=isch&tbnid=ArcY1FwJXP0blM:&imgrefurl=http>

**Elaborado por:** Cristian Chuquín

Los límites de inflamabilidad y explosividad que se encuentran en la literatura son mediciones hechas a temperatura y presiones atmosféricas normales. Tomando en cuenta que puede haber una variación considerable en estos límites a presiones o temperaturas por arriba o debajo de las normales. El efecto general de un incremento en la temperatura o presión es el de reducir el límite inferior e incrementar el límite superior. Las disminuciones en la temperatura o presión tiene el efecto opuesto.

### 2.1.4.2 Temperaturas de autoignición.

La temperatura de ignición o autoignición (TAI) de una sustancia, ya sea sólida, líquida o gaseosa, es la temperatura

mínima para iniciar o causar una combustión autosostenida en ausencia de chispa o flama. Estas temperaturas deben ser vistas como aproximaciones, aún más que los puntos de ignición o límites de inflamabilidad, debido a los muchos factores que puedan afectar los resultados de las pruebas.

## 2.2 MEDIDAS DE LOS EFECTOS DE INFLAMABILIDAD.

Es obvio que el contacto directo con una flama de cualquier tipo no es una buena idea durante cualquier periodo de tiempo prolongado debido a que el calor extremo puede incendiar los materiales o quemar y destruir severamente el tejido vivo. Lo que no puede entenderse completamente es que el fuego puede causar daños y lesiones a distancia a través de la radiación térmica, de forma no muy distinta como el sol calienta la tierra. Tal radiación, la cual es completamente distinta a la radiación nuclear, es más potente sobre la superficie de la flama y se debilita rápidamente al alejarse en cualquier dirección.

**Tabla No. 2: Criterios de lesiones por quemadura debido a la radiación térmica**

kw/m2	BTU/hr-ft2	Tiempo para dolor severo (seg)	Tiempo para quemadura de 2º grado (seg)
1	300	115	663
2	600	45	187
3	1000	27	92
4	1300	18	57
5	1600	13	40
6	1900	11	30
8	2500	7	20
10	3200	5	14
12	3800	4	11

**Fuente:** Dinámica Heurística

**Elaborado por:** Cristian Chuquín

Estas dosis se determinan al combinar los niveles de radiación con los tiempos de exposición y se expresan en unidades de energía por unidad de tiempo por unidad de área de superficie receptora.

## **2.3 CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE FUEGO.**

Para un mejor resultado en el combate de un fuego incipiente, se debe considerar el material que está en combustión, ya que de allí se parte, en utilizar los medios de extinción adecuados.

### **2.3.1 CLASES DE FUEGO.**

Los fuegos se clasifican de la siguiente manera de acuerdo al material de combustión.

#### **Clase A**

Son los tipos de incendios que se producen en combustibles sólidos comunes. Ejemplo: papel, madera, derivados de resina.

#### **Clase B**

Son los tipos de incendio que se producen en líquidos inflamables, derivados del petróleo. Este tipo de incendio siempre arde con llama.

#### **Clase C**

Son los tipos de incendio que se producen en instalaciones eléctricas (CONTENSIÓN).

#### **Clase D**

Son los tipos de incendio que se declaran en los metales combustibles tales como magnesio, titanio, zirconio, sodio, potasio, etc.

#### **Clase E**

A este tipo de incendio no debe arrojarse agua, ya que se produce una reacción química que provoca explosiones con desprendimiento de esquirlas del material comprometido poniendo en riesgo la vida del personal actuante.

#### **Clase K**

Son los tipos de incendio que se producen en aceites vegetales, los cuales no están comprendidos en los de clase B.

### **2.3.2 TIPOS DE FUEGO DESDE LA IGNICIÓN.**

Existen seis tipos esenciales de fuego, asociados con la descarga de materiales peligrosos, con El tipo de fuego siendo una función no solo de las características y propiedades de la sustancia derramada sino también de las circunstancias que rodean la emisión y/o ignición.

Los seis tipos son:

- Flama de chorro (Flame jet)
- Bolas de fuego como resultados de las explosiones de vapor por expansión de líquidos en ebullición (BLEVE)
- Fuegos en nubes de vapor o polvo
- Fuegos en encharcamiento de líquidos
- Fuegos que involucran sólidos inflamables (como los define el Departamento de Transporte de los EEUU), y
- Fuegos que involucran combustibles ordinarios

#### **2.3.2.1 Flama de chorro.**

La descarga o ventilación del gas a través del agujero forma un chorro de gas que “sopla” hacia la atmósfera en la dirección en la que se encuentre el agujero, mientras entra y se mezcla con el aire. Si el gas es inflamable y se encuentra una fuente de ignición, puede formarse una flama de chorro de longitud considerable (posiblemente de cientos de pies de largo) a partir de un agujero de menos de un pie de diámetro.

#### **2.3.2.2 Bolas de fuego como resultante de Bleve.**

Las exposiciones de vapor por expansión de líquidos en ebullición (Bleve por sus siglas en inglés) se encuentran entre los eventos más temidos cuando existen tanques cerrados de materiales peligrosos en estado líquido o gaseoso que se encuentran expuestos al fuego.

Aunque la bola de fuego generalmente es de corta duración, la intensa radiación térmica generada puede causar quemaduras severas y posiblemente fatales a las personas expuestas a distancias relativamente considerables en cuestión de segundos.

El fenómeno que lleva a un BLEVE puede ocurrir con la mayoría de los líquidos calentados en exceso dentro de un contenedor cerrado o con ventilación inadecuada, sean inflamables o no, o sean materiales puros o mezclas, a menos que se consideren otros factores circunstanciales.

#### **2.3.2.3 Fuegos de nubes de vapor o polvo.**

Los vapores emanados de un charco de líquido volátil o los gases que se ventilan de un contenedor perforado o dañado, si no se incendian inmediatamente, forman una

pluma o nube de gas o vapor que se mueve en la dirección del viento. Si esta nube o pluma entra en contacto con una fuente de ignición en un punto en el que su concentración se encuentre dentro del rango de sus límites superior e inferior de inflamabilidad, puede generarse un muro de fuego que se dirige hacia la fuente del gas o vapor, engullendo cualquier cosa que se encuentre en su camino.

#### **2.3.2.4 Fuegos en derrames de líquidos.**

Un fuego en derrames de líquidos se define como un fuego que involucra una cantidad de combustible líquido tal y como la gasolina derramada sobre la superficie del terreno o sobre agua. Los peligros principales para las personas o propiedades incluyen la exposición a la radiación térmica y/o los productos tóxicos o corrosivos de la combustión.

Los peligros principales para las personas o propiedades incluyen la exposición a la radiación térmica y/o los productos tóxicos o corrosivos de la combustión. Una complicación es el líquido combustible puede fluir dependiendo del terreno, de manera descendente hacia las alcantarillas, drenajes, aguas superficiales y otros recipientes.

#### **2.3.2.5 Fuegos que involucran combustibles ordinarios.**

Algunos materiales peligrosos, incluyendo algunos de los sólidos inflamables descritos arriba, arden sin riesgos especiales más allá de los que se asocian con el papel, la madera, u otros materiales comunes. Una vez encendido, no presenta una amenaza especial o fuera de lo común. Con esto, no queremos decir que este tipo de incendio no es significativo o importante para considerar en la planeación

de emergencias, sólo que la naturaleza de la amenaza es encontrada frecuentemente por el personal de servicio contra incendios y es muy conocida por ellos.

## **2.4 PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN.**

Además de producir calor y radiación térmica, los incendios que involucran ciertos materiales peligrosos pueden generar humo y gases que son más tóxicos que los que se desprenden de sustancias ordinarias. En la mayoría de los casos, el calor del fuego ocasiona que los productos de la combustión se eleven hacia el cielo donde se diluyen con el aire, por debajo de los niveles de peligro antes de aproximarse nuevamente a la superficie del terreno.

Sin embargo, en ocasiones su nivel de toxicidad puede ser tan alto que hace necesaria la evacuación de la población hasta que se haya extinguido el fuego.

## **2.5 PELIGRO DE EXPLOSIÓN.**

Un manejo inadecuado o descuidado de un material inflamable resulta ser a menudo el causante principal del peligro, por lo que un manejo cuidadoso y considerado contribuirá significativamente a limitar las posibilidades de producirse una explosión.

### **2.5.1 DEFINICIÓN.**

En adelante veremos primero las condiciones y factores que definen el potencial de ambos tipos de explosiones, tanto térmicas como no térmicas, seguido de una explicación de cómo pueden ser medidos los efectos de una explosión y entonces veremos los distintos tipos de explosiones que cumplen con criterios anteriores y que pueden encontrarse en

accidentes relacionados con materiales peligrosos.

### **2.5.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL POTENCIAL DE EXPLOSIÓN.**

Dentro de los factores de explosión se encuentran las explosiones térmicas y no térmicas.

#### **2.5.2.1 Explosiones térmicas.**

El conjunto de condiciones bajo las cuales son más comunes las explosiones de gases o vapores, comprende la ignición del material dentro del espacio confinado de un edificio, una tubería de drenaje, un túnel, un tanque de almacenamiento de líquido parcialmente vacío (en tierra o transporte) u otro contenedor.

La fuerza o potencial de una explosión térmica, de cualquier manera que uno desee expresarla, es una función de tres factores principales:

- La cantidad de combustible.
- La cantidad de energía disponible.
- La fricción de la energía disponible (conocida como el factor de eficiencia) que se espera sea liberada en el momento de la explosión.

#### **2.5.2.2 Explosiones no térmicas.**

El tipo más sencillo de explosión no térmica a entender es que se debe a la presurización excesiva de un contenedor de cualquier tipo, sellado ventilado inadecuadamente. De manera muy similar a como estallaría un globo si se inyecta demasiado aire, las paredes de un tanque sellado u otro contenedor puede romperse violentamente si se introduce demasiado gas o líquido, si una reacción química

interna produce gases o vapores en exceso, o si una reacción u otra fuente de calor incrementa la presión de vapor interna del contenido hasta el punto en que las paredes se estiren más allá de su punto de ruptura.

### **2.5.3 TIPOS DE EXPLOSIONES.**

La mayoría de los tipos básicos de explosiones se han descrito previamente, pero es conveniente listarlos nuevamente y proporcionar una definición más formal de los términos.

#### **2.5.3.1 Explosiones por sobrepresión de un tanque o contenedor.**

Como se mencionaba anteriormente, estos eventos son el resultado de la presión excesiva dentro de un tanque sellado u otro contenedor y son denominadas explosiones no térmicas. Ocurren cuando la presión excesiva ocasiona la violenta ruptura de las paredes del tanque o contenedor, como cuando un globo explota cuando se le inyecta demasiado aire.

#### **2.5.3.2 Explosión de polvo.**

Una nube de polvo combustible que se encuentra en el aire y tenga una concentración que se encuentre dentro de sus límites superior e inferior de explosividad puede explotar cuando se enciende. Las explosiones ocurren usualmente cuando el polvo llena la mayor parte de un espacio cerrado de algún tipo.

#### **2.5.3.3 Explosiones de gas o vapor.**

Como en el caso de los polvos en el aire, un gas o vapor que se encuentre dentro de las concentraciones límite de inflamabilidad o explosividad puede causar una deflagración, explosión o detonación al encenderse. Estos eventos pueden ocurrir

cuando la mezcla de aire-combustible se encuentra confinada total o parcialmente o completamente en libertad, pero el confinamiento incrementa de manera definitiva la probabilidad de lesiones o daños materiales significativos. Note que el material puede ser liberado directamente al medio ambiente vulnerable o puede desarrollarse a partir de líquidos en ebullición o evaporación que han entrado al área.

#### **2.5.3.4 Explosiones o detonaciones de fase condensada.**

Como se comendaba anteriormente, cuando la sustancia que explota o detona es un líquido o sólido, el evento es llamado a menudo como una explosión o detonación de fase condensada. Aquellos que utilizan este término son más propensos a denominar a los eventos que involucran gases o vapores en el aire como explosiones o detonaciones de fase difusa o de fase gaseosa.

#### **2.5.3.5 Explosiones de vapor por expansión de líquidos en ebullición.**

En la sección anterior se describe a los BLEVES en detalle al explicar los peligros concernientes al fuego, en donde se afirmaba que no se les asocia con fuertes ondas de impacto en la mayoría de los casos. Obviamente, esto significa que en ocasiones es posible que ocurran ondas de choque o impacto con suficiente potencia para causar daños o lesiones.

## **CAPÍTULO III**

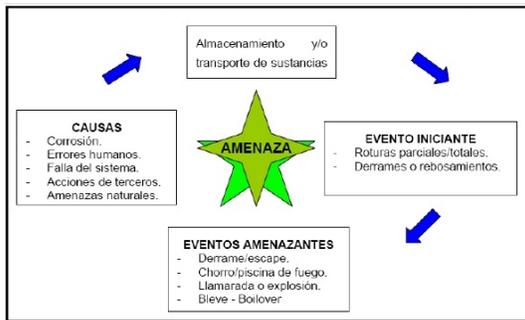
### 3 ANÁLISIS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN (EPA, AICHE Y FEMA).

El análisis de fuego y explosión se realiza de acuerdo a la metodología de la Agencia de Protección Ambiental, Instituto Americano de Ingenieros químicos y la Agencia de Administración Federal de Emergencias los cuales son de Estados Unidos.

#### 3.1 GENERALIDADES DEL RIESGO DE FUEGO Y EXPLOSIÓN.

El análisis de riesgos es un conjunto de procedimientos cualitativos y cuantitativos que permiten evaluar el riesgo a partir del establecimiento de los eventos iniciantes, eventos amenazantes, caracterización de los escenarios de riesgo y de la estimación de sus consecuencias.

**Gráfico No. 1: Esquema del desarrollo de la amenaza**



**Fuente:** Dinámica Heurística

**Elaborado por:** Cristian Chuquín

#### 3.1.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO.

Los escenarios de riesgos se definen como localizaciones ó áreas físicas que bajo condiciones específicas de operación, mantenimiento y ambientales desencadenan accidentes no deseables o

daños sobre el personal, los activos, la continuidad de la operación y el medio ambiente.

##### 3.1.1.1 Eventos iniciantes.

Las causas iniciales o eventos iniciantes de un escenario de riesgo se definen como la liberación de materia y/o energía, contenida en recipientes, tuberías de flujo o equipos. Cada una de las facilidades conlleva una amenaza diferente, por tal razón es necesario detallar las causas que pueden alterar las condiciones normales de cada una.

##### 3.1.1.2 Tanques de almacenamiento.

Las fallas en los tanques de almacenamiento que ocurren con mayor frecuencia son debidas a errores operacionales y a otras causas tales como incendios ó explosiones en equipos vecinos. Para tanques pequeños de almacenamiento los motivos de falla más comunes son escapes y obstrucciones en tuberías de salida y trasiego. El rompimiento, como factor de falla, es generalmente originado por eventos externos tales como choques, sobrepresión o incendios.

##### 3.1.1.3 Equipos de proceso.

Entre las causas de falla para equipos de proceso se tienen:

- Mantenimiento inadecuado.
- Falla por sobrepresión.
- Movimiento en estructuras.
- Falla en sellos, válvulas y bridas.
- Estática.
- Corrosión o erosión.
- Vibración que causa fatiga.

#### 3.1.1.4 Líneas de proceso.

Las causas de falla en secciones de líneas de proceso corresponden a bloqueos, escapes o rupturas. Sólo en casos extremos la corrosión será una causa de bloqueo. Las principales causas de falla corresponden a depósitos, impurezas o cuerpos extraños especialmente en los puntos bajos de alguna sección de la línea o a flujos estancados. Los escapes o las rupturas de líneas de proceso pueden ser causados por:

- Corrosión o erosión
- Sobretensión,
- Esfuerzos por expansión,
- Movimiento en estructuras.
- Procesos de excavación que pueden afectar a las líneas subterráneas.
- Explosiones o sobrepresiones internas o externas.

#### 3.1.1.5 Fuentes de ignición.

Cualquier fuente de calor natural o artificial capaz de encender productos inflamables, combustibles o gases combustibles. En las instalaciones objeto del estudio las principales fuentes de ignición son:

- Vehículos.
- Fósforos/ cigarrillos.
- Electricidad estática.
- Descargas atmosféricas (rayos).
- Cortocircuitos.

#### 3.1.2 TIPO DE FUENTE.

El modelo SCRI-SLAB considera cuatro tipos de fuente (IDSPL);

- 1.- Emisión de un derrame en evaporación;
- 2.- Emisión de chorro horizontal;
- 3.- Emisión de chorro vertical;

- 4.- Emisión instantánea o emisión de un derrame en evaporación de corta duración.

## CAPÍTULO IV

### 4 DIAGRAMAS DE PROCESO Y FLUJO DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO.

EP-PETROECUADOR, es la responsable del transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos (según Ley Especial de la Empresa Estatal Petróleos del Ecuador y sus empresas Filiales), le corresponde establecer el correcto y normal cumplimiento de las actividades relacionadas con el movimiento de los hidrocarburos, desde la recepción de productos provenientes de refinerías y/o importaciones, transferencia de custodia de productos entre Poliductos, Terminales y Depósitos de Almacenamiento, hasta el despacho del producto al cliente final.

#### 4.1 DIAGRAMA DE PROCESO DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO.

Los diagramas de flujo son una manera de representar visualmente el flujo de datos a través de sistemas de tratamiento de información. Los diagramas de flujo describen que operaciones y en que secuencia se requieren para solucionar un problema dado.

#### 4.2 CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE PROCESO DE LAS ÁREAS DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO.

Este se rige por una serie de símbolos, normas y pautas convencionales las cuales son:

sin tener relación se indica mediante una inflexión en cualquiera de ellas.

1. El formato o esqueleto del flujograma debe dividirse en partes que representan a los departamentos, secciones o dependencias involucradas en el procedimiento.
2. Se debe mostrar una misma dependencia más de una vez en el flujograma aun cuando las acciones del procedimiento regresen a la misma.
3. Las líneas indicadoras del flujograma deben ser más delgadas que las líneas divisorias del formato, rectas y angulares, dotadas de flechas en sus extremos terminales.
4. Cada paso o acción del procedimiento debe enumerarse con claridad y describirse brevemente con muy pocas palabras.
5. Cuando algún documento queda retenido en alguna dependencia del flujograma se indica según sea.
6. Cuando hay que destruir algún documento luego de ser utilizado en el procedimiento se indica con una (X) grande.
7. Cuando en el procedimiento algún documento da origen a otro se indicará en el flujograma mediante una flecha interrumpida.
8. Al igual que vimos en los organigramas en los flujogramas cuando varias líneas se entrecruzan

### 4.2.1 SIMBOLOGÍA.

**Tabla No. 3: Simbología de los diagramas de flujo**

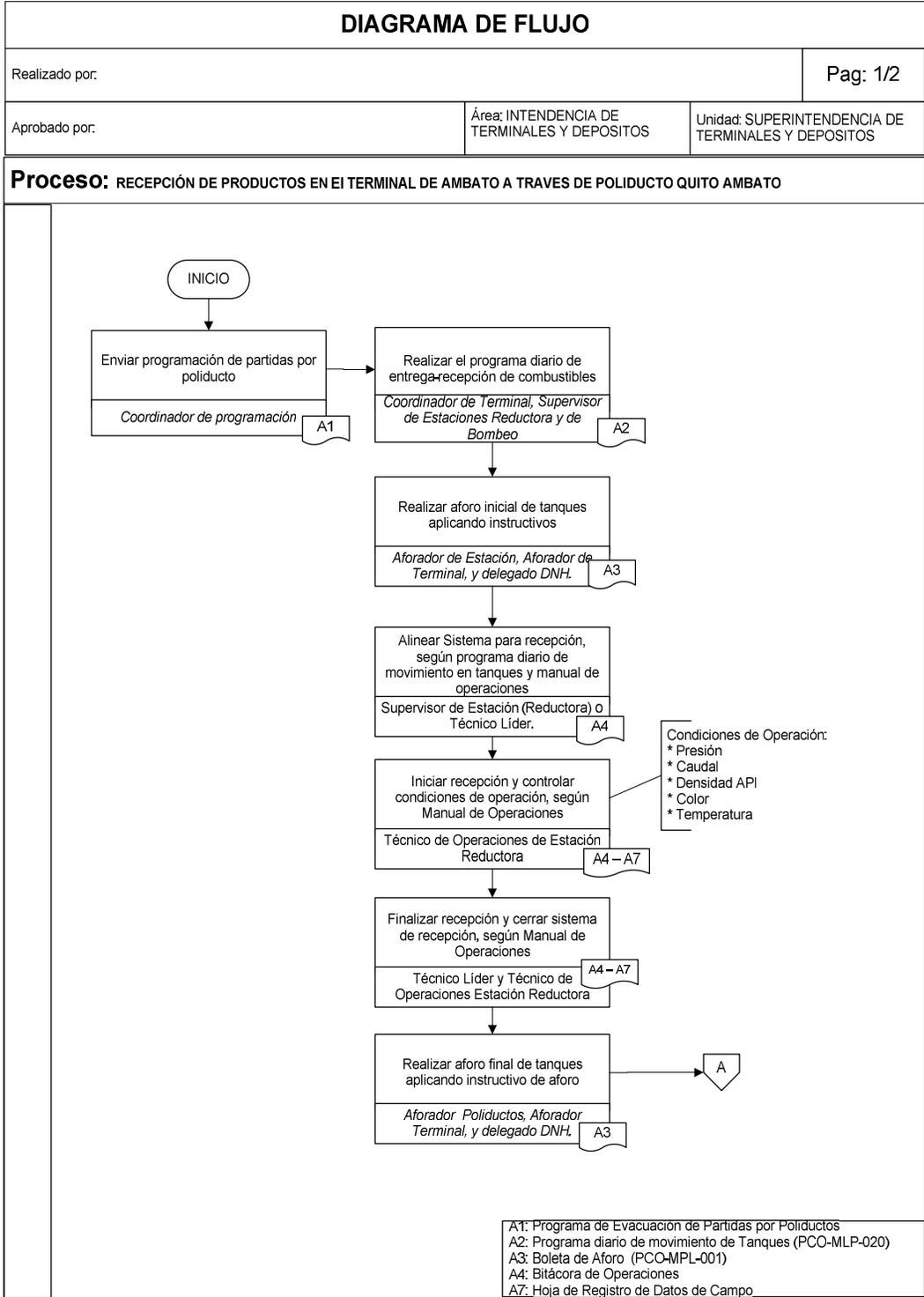
Símbolo	Nombre	Explicación
	Terminador (comienzo o final del proceso)	En su interior situamos materiales, información o acciones para comenzar o para mostrar el resultado en el final del mismo
	Proceso (actividad)	Tarea o actividad llevada a cabo durante el proceso. Puede tener muchas entradas pero solo una salida.
	Conector (conexión con otros procesos)	Nombramos un proceso independiente que en algún momento parece relacionado con el proceso principal.
	Decisión (decisión/bifurcación)	Indicamos puntos en que se toman decisiones: si o no, abierto cerrado.
	Documento	Se utiliza para hacer referencia o consulta de un documento específico en un punto del proceso.
	Proceso	Muestra el proceso a ser realizado o del que se deriva el diagrama.
	Línea de flujo (conexiones de paso o flechas)	Muestra la dirección y sentido del flujo del proceso, conectando los símbolos.
	Nota aclaratoria	No forma parte del diagrama de flujo, es un elemento que se adiciona a una operación o actividad para dar una explicación.

Fuente:<http://www.monografias.com/trabajos60/diagrama-flujo-datos/diagrama-flujo-datos2.shtml>

Elaborado por: Cristian Chuquín

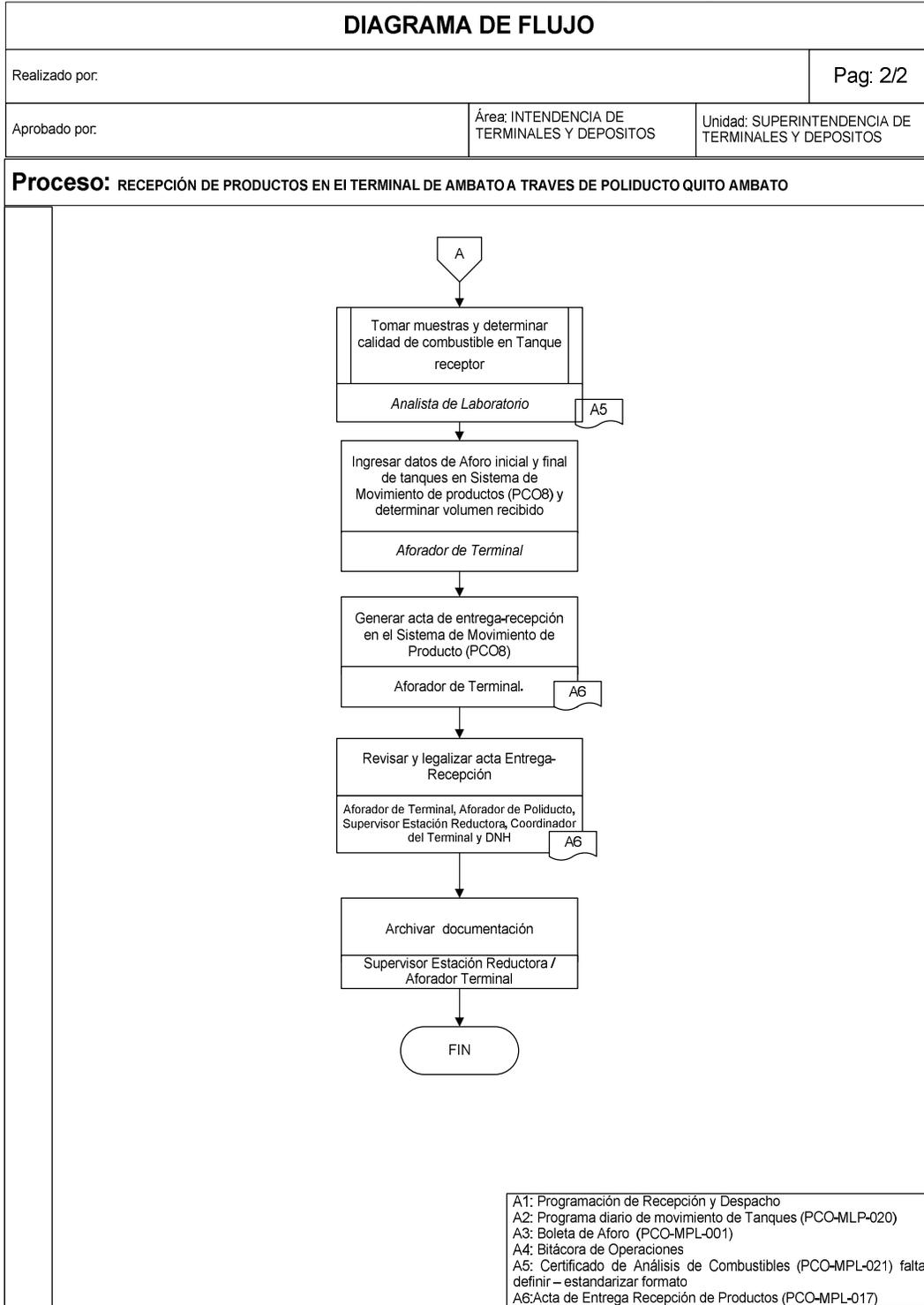
4.2.2 DESARROLLO DE LA CONSTRUCCIÓN.

Gráfico No. 2: Proceso de recepción de productos, terminal Ambato



Fuente: EP-PETROECUADOR  
 Elaborado por: Cristian Chuquín

**Gráfico No. 3: Continuación del proceso de recepción de productos, terminal Ambato**

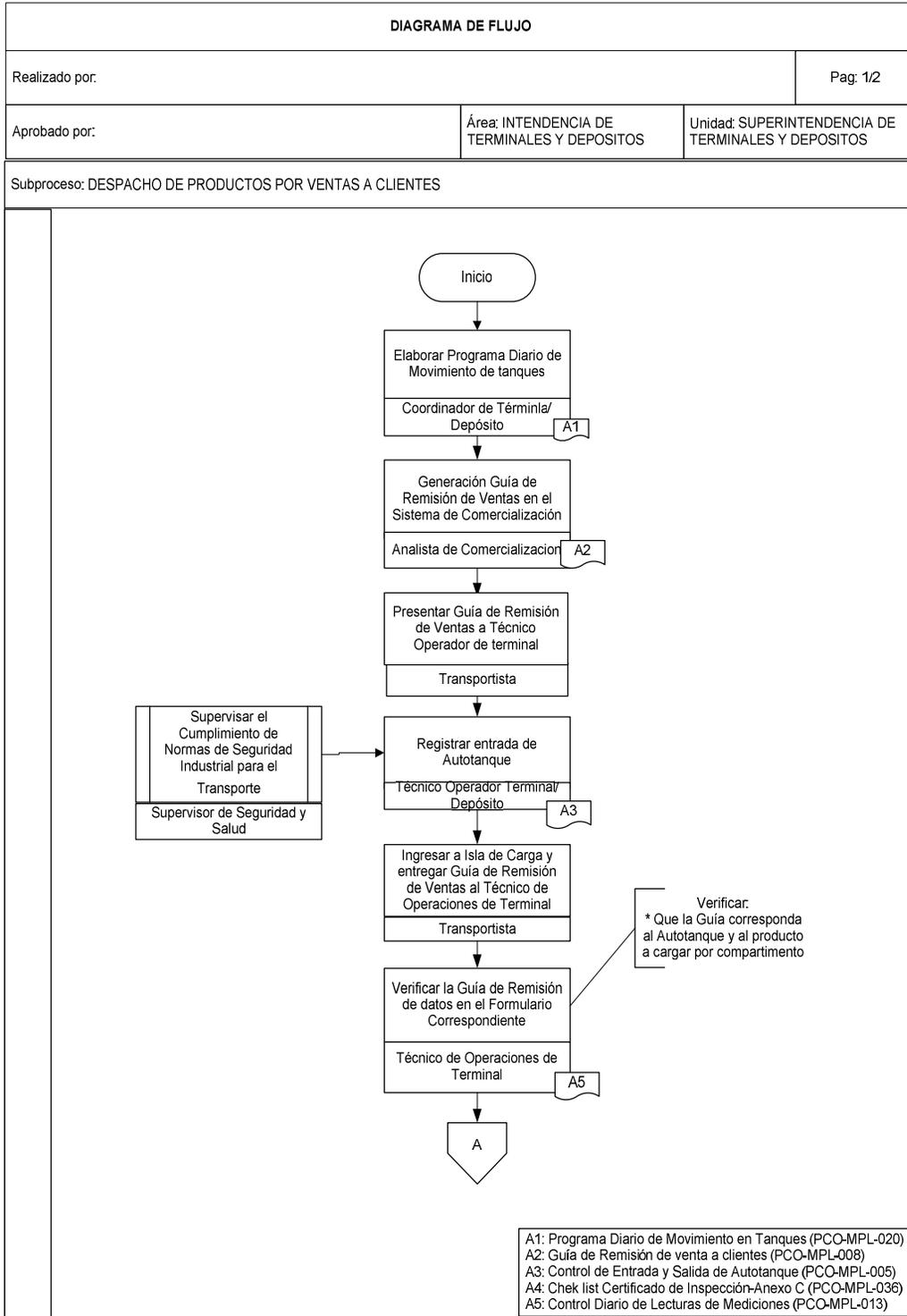


Fuente: EP-

PETROECUADOR

Elaborado por: Cristian Chuquín

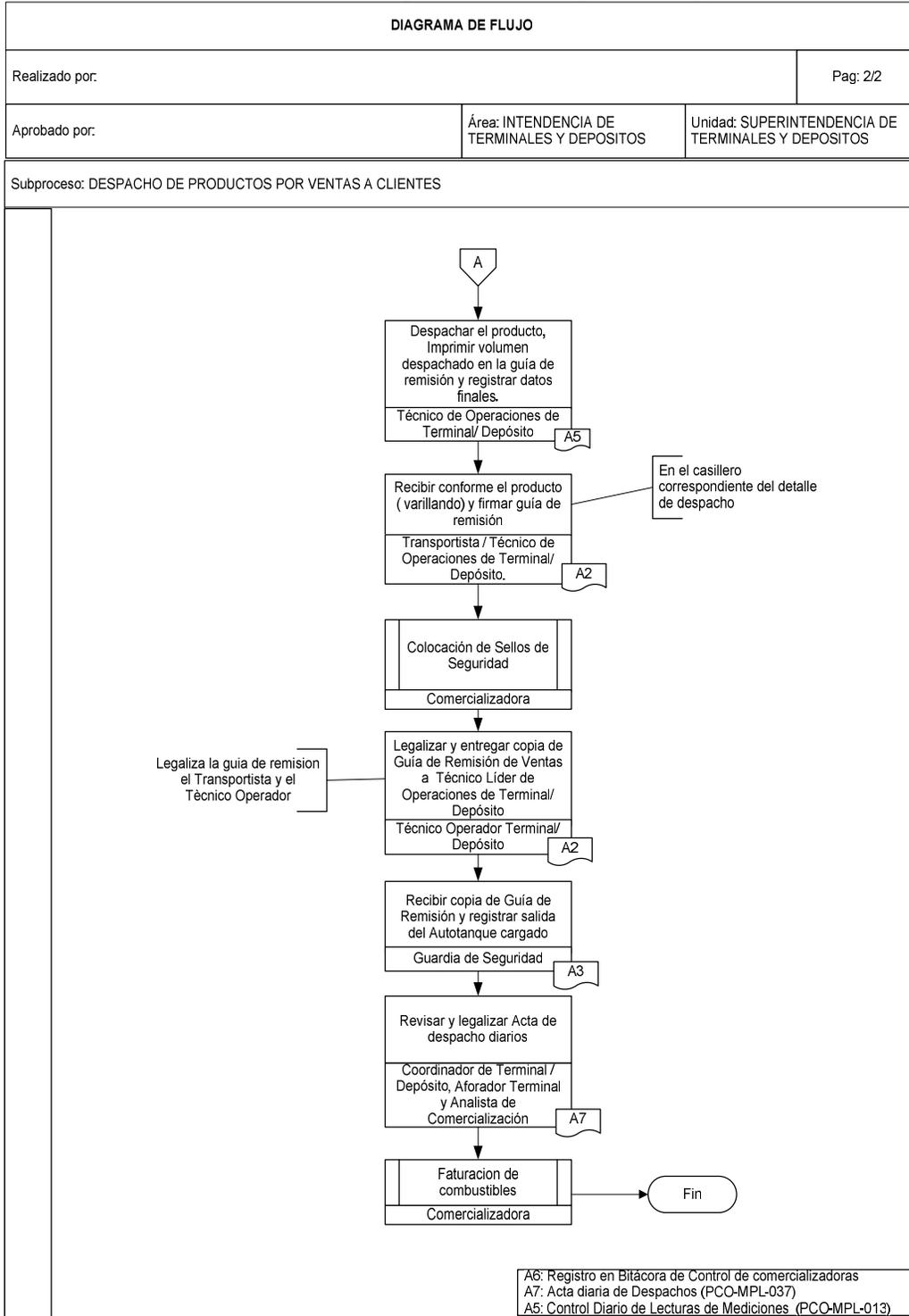
**Gráfico No. 4: Proceso de despacho de productos del terminal Ambato**



Fuente: EP-

PETROECUADOR  
Elaborado por: Cristian Chuquín

**Gráfico No. 5: Continuación del proceso de despacho de productos del terminal Ambato**



PETROECUADOR

Elaborado por: Cristian Chuquín

## CAPÍTULO V

### **5 SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE MODELOS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN EN EL ÁREA DE ALAMCENAMIENTO Y DESPACHO.**

Se realizara la simulación de los modelos de acuerdo a las diferentes condiciones encontradas en el Terminal de Productos Limpios Ambato de EP-PETROECUADOR.

#### **5.1 FUEGO EN UN DERRAME-GASOLINA, EN DIQUE TA-01.**

A continuación se realizaran la simulación de Pool Fire (fuego en derrames) de gasolina TA-01.

#### **5.1.1 FUEGO EN UN DERRAME-GASOLINA.**

Para la simulación de modelo de fuego en derrames es necesario ingresar los siguientes datos en el sistema como son.

##### ***Reporte de la simulación de Gasolina en el Tanque-01.***

En esta ventana se muestran los datos de entrada y resultados del modelo, organizados en forma tabular, en primer lugar la radiación calculada a las distancias específicas y/o de interés, seguido por los datos de los niveles de radiación a nivel del piso, así como las dosis equivalentes según los tiempos de exposición y duración del fuego.

Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE)

TÍTULO DEL MODELO			
Fuga de Gasolina del Tanque-01			
DESCRIPCIÓN			
Una emisión de gasolina escapa de una fuga de una tubería con un flujo volumétrico de 0.5 m <sup>3</sup> /s. Un dique de 41 por 95 m contiene el derrame. Si el líquido se incendia, estime el flujo térmico del receptor a 35 m de la orilla del dique. (Esto es a 50 m a nivel de piso del centro del dique). Utilice una densidad de la gasolina de 740 kg/m <sup>3</sup> . Considere un tanque con el nivel operativo de 4187,78 m <sup>3</sup> , con el flujo volumétrico de 0.5 m <sup>3</sup> /seg y calcule las distancias en que un receptor se expone a una dosis de 5 kw/m <sup>2</sup> por 40 segundos. Esto da una duración de la fuga de 1800 segundos. Considerando una temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad promedio de 15 °C, 72% y 0,83 m/s respectivamente de la ciudad de Ambato.			
DATOS DE LA SUSTANCIA			
Nombre	GASOLINA	No. CAS	8006-61-9
PARÁMETROS DE ENTRADA			
Calor de combustión			43700,00 kJ/kg
Tasa de combustión			0,055 kg/m <sup>2</sup> s
Fracción de energía radiada			0,4
Temperatura ambiente			288,2 K (15,0 °C)
Humedad relativa			72,0 %
CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO			
Longitud del área			95,00 m
Ancho del área			41,00 m
Área del derrame			3895,00 m <sup>2</sup>
Altura de la base del fuego			0,00 m
Tasa de combustión total			214,23 kg/s
Altura de flama			61,41 m
RADIACIÓN CALCULADA A DISTANCIAS ESPECÍFICAS			
Distancia a nivel de piso (m)	Distancia a fuente puntual (m)	Transmisividad	Radiación (kW/m <sup>2</sup> )
3,00	30,85	0,78	244,72
4,00	30,97	0,78	242,85
5,00	31,11	0,78	240,50
6,00	31,29	0,78	237,67
8,00	31,73	0,78	230,77
10,00	32,29	0,78	222,45
20,00	36,65	0,77	170,80
30,00	42,93	0,76	122,70
40,00	50,43	0,75	87,65
50,00	58,68	0,74	63,86
DISTANCIA CALCULADA A NIVEL DE PISO DE NIVELES DE RADIACIÓN ESPECÍFICOS			
Radiación (kW/m <sup>2</sup> )	Distancia (m)	Dosis (W/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> s tiempo de exposición= 40,0s	Dosis (W/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> s tiempo de duración= 1800,0 s
5,05	195,24	3,466 E+06	1,560 E+08
12,60	123,86	1,173 E+07	5,278 E+08
31,50	76,37	3,979 E+07	1,791 E+09
DISTANCIA CALCULADA A NIVEL DE PISO DE DOSIS DE RADIACIÓN ESPECÍFICAS			
Dosis (W/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup>	Distancia (m)		
3,466 E+06	774,20		
1,173 E+07	499,31		
3,979 E+07	321,21		

**CONCLUSIONES**

En este proyecto se ha realizado un análisis de los riesgos de fuego y explosión en las áreas de almacenamiento y despacho de lo cual se concluye.

- Se realizó la simulación del modelo de fuego en un derrame de gasolina y diesel, con datos e información real de presión de almacenamiento y descarga de productos, obtenidos de las áreas de almacenamiento y despacho, generando unos resultados con una gran aproximación a la realidad en el caso de presentarse un siniestro de esta naturaleza.
- Mediante la simulación del modelo de Fuego en un Derrame de diesel y gasolina en diques e isla de carga principal se determinó la radiación vs distancia, dosis vs distancia, radio de incidencia de la radiación y dosis desde el centro del derrame hacia el receptor, generando así los datos correspondientes a este modelo.
- Realizada la simulación de pool fire (fuego en un derrame) se concluye, que al materializarse un evento de estos en islas de carga y tanques de almacenamiento se generan radios de incidencia por la radiación afectando a instalaciones del terminal de productos limpios Ambato y edificaciones más cercanas, siendo estos radios los siguientes:

Reporte de fuga de gasolina en el tanque-01 página 140, reporte de fuga de diesel tanque-04 página 156, reporte de fuga de

gasolina isla principal página 172, reporte de fuga de diesel isla principal página 188.

	RADIACIÓN kw/m <sup>2</sup>	TANQUES		ISLAS	
		Diesel (m)	Gasolina (m)	Diesel (m)	Gasolina (m)
Zona riesgo máximo	31,5	45,72	76,37	18,2	17,26
Zona de intervención	12,6	74,57	123,86	30,86	29,89
Zona de alerta	5,05	117,79	195,24	49,37	48,16

- Los Diagramas de procesos estudiados durante el desarrollo de este proyecto de investigación son una herramienta importante con la que se cuenta, para crear un diseño más sofisticado y actualizado de los procesos de almacenamiento y distribución de derivados del terminal Ambato.
- Al establecer los procedimientos operativos de almacenamiento y despacho del Terminal de Productos Limpios Ambato, se ha concluido que en la actualidad todas las industrias petroleras deben contar con procedimientos estandarizados a fin de poder realizar las actividades de estos procesos sin ningún tipo de riesgo.

**RECOMENDACIONES**

- Para realizar la simulación de los diferentes modelos de fuego y explosión se debe considerar los datos de temperatura, humedad relativa, densidad del combustible, área, escenario meteorológico, los cuales deben ser reales para que la simulación se acerque más a la realidad.

- En caso de materializarse un evento como este se debe activar la alarma para todas las operaciones dentro del Terminal Ambato, y seguidamente tanto el personal de la empresa, y todas las personas ajenas presentes en el Terminal deben acatar las disposiciones dictadas por el personal de seguridad, en este caso trasladarse al punto de reunión lo más pronto posible.
- El área de seguridad del Terminal Ambato, ante los datos de radiación y dosis térmica generados en los reportes de cada una de las simulaciones de Fuego de un Derrame, debe tomar las medidas y acciones pertinentes, además la actualización del plan de contingencia para reducir el riesgo.
- Se debe realizar el diseño e instalación de un sistema contra incendios en la isla secundaria, es de vital importancia para el buen funcionamiento del Terminal de Productos Limpios Ambato.
- Se debe capacitar correctamente al personal que labora en las áreas de almacenamiento y despacho de derivados, esto contribuirá a un mayor control dentro del Terminal de Productos Limpios Ambato, para de esta manera mantener actualizados los conocimientos de los trabajadores sobre los procesos o los cambios realizados en ellos.
- Se debe tener en cuenta al momento de realizar un diagrama de flujo de un proceso específico, que este sea lo más claro posible para que así

cualquier persona interesada pueda entenderlo e interpretarlo con claridad.

- Realizar simulacros de forma periódica en las áreas de tanques de almacenamiento e islas de carga con el fin de preparar al personal del Terminal de Productos Limpios Ambato a una posible emergencia y que estos puedan responder rápida y efectivamente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ing. Puente M, *Higiene y seguridad en el trabajo*(2001). Ibarra-Ecuador. 1<sup>ra</sup> Edición.
- NFPA, *Manual de protección contra incendios*. Ed. Mapfre. Madrid. 2<sup>da</sup> edición.
- Guía técnica. Dirección General de Protección Civil. Madrid (1988). *Guía para la elaboración de estudios de seguridad*.
- Storch M., *Manual de seguridad industrial en plantas químicas y petroleras* (1998). Mc Graw Hill.
- Volúmenes I y II. CIEMAT- Dirección General de Protección Civil. Madrid (1990). *Metodologías de análisis de riesgos*.
- Dirección General de Protección Civil. Madrid(1994). *Guía técnica. Metodologías para el análisis de riesgos. Visión general*.
- Dirección General de Protección Civil. Ministerio del Interior. (Diciembre 1994). *Guías Técnicas*.

*Métodos cualitativos y cuantitativos para el Análisis de Riesgos.* Madrid.

- Mehaffey J., Joyeux D., Franssen J.M. y Horasan M.B. (2002). *Guía de diseño para la seguridad ante incendio en edificios industriales.* LABEIN.

- Schleich J.B. (2001). *Concepto de seguridad frente a fuego real.*

- Santamaría P. (1994). *Análisis y reducción de riesgos en la industria química.* Braña. Ed. Mapfre.

- WWW

[http://www.sisteseg.com/files/Microsoft\\_Word\\_-\\_METODOLOGIA\\_DE\\_ANALISIS\\_DE\\_RIESGO.pdf](http://www.sisteseg.com/files/Microsoft_Word_-_METODOLOGIA_DE_ANALISIS_DE_RIESGO.pdf)

2011/12/3 a las 9:20

- WWW

<http://www.incendiosyseguridad.com/seccion-2.0.0/AR-2.2.5.5.html>

2011/12/10 a las 10:16

- WWW

<http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/46e965e6b1866.pdf>

2011/12/28 a las 12:45

- <http://passthrough.fwnotify.net/download/324615/http://www2.udec.cl/matpel/cursos/001-Ing-Riesgos-EGutierrez.pdf>

2012/01/03 a las 8:30

- WWW

<http://www.inspeccion.com.mx/incendios.htm>

2012/01/05 a las 13:11

- WWW

[http://www.inspeccion.com.mx/estudio\\_riesgos\\_sustancias\\_quimicas.htm](http://www.inspeccion.com.mx/estudio_riesgos_sustancias_quimicas.htm)

2012/01/05 a las 14:23

- WWW

[http://www.inspeccion.com.mx/estudios\\_seguridad\\_higiene.htm](http://www.inspeccion.com.mx/estudios_seguridad_higiene.htm)

2012/01/09 a las 10:56

- WWW

<http://www.monografias.com/trabajos53/diagrama-de-flujo/diagrama-de-flujo2.shtml>

2012/01/13 a las 14:45

- WWW

<http://es.scribd.com/doc/62543744/23/2012/01/17>

a las 09:36

