

ANEXO A

METODOLOGÍA

“DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA BASE DE DATOS GEOGRÁFICA Y MODELOS DE ANÁLISIS SOPORTADOS EN LA INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA DEL FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE, PARA EL ALMACENAMIENTO, CONSULTA DE DATOS Y GENERACIÓN DEL MAPA DE RIESGO INDUSTRIAL DE BOGOTÁ D.C., CON BASE EN EL RIESGO TECNOLÓGICO QUE LAS INDUSTRIAS PUEDAN GENERAR, Y EL DESARROLLO DE LAS METODOLOGÍAS SUBYACENTES PARA LA IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN SISTEMÁTICA DE ESTOS RIESGOS”.

MULTIPROCESOS SIG S.A.

Mayo 2008

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO	7
A.1 INTRODUCCIÓN METODOLOGÍA DE RIESGO	14
A.2 CARACTERIZACIÓN DE ESCENARIOS	17
A.2.1 Selección de la Empresa	17
A.2.2 Identificación de la Empresa.....	17
A.2.3 Inventario y Tipo de Productos manejados.....	18
A.2.4 Caracterización de la Empresa.....	19
A.2.5 Identificación de Eventos Amenazantes	19
A.2.6 Modelamiento de Consecuencias.....	20
A.3 VALORACION DEL RIESGO	25
A.3.1 Cuantificación de la Amenaza	26
A.3.1.1..... Peligrosidad de los Productos.....	26
A.3.1.2..... Peligrosidad de la Operación	33
A.3.1.3..... Amenazas Externas	34
A.3.2 Análisis de Vulnerabilidad a Personas.....	38
A.3.3 Análisis de Vulnerabilidad Ambiental.....	39
A.3.3.1 Afectación a Ecosistemas Estratégicos.....	39
A.3.3.2 Sensibilidad relacionada al uso del Suelo.	40

A.3.3.3 Afectación a Cuerpos de Agua.....	42
A.3.3.4 Afectación al Aire.	43
A.3.4 Análisis de Vulnerabilidad a Infraestructuras.....	45
A.3.4.1 Tipo de Equipamiento.....	45
A.3.4.2 Valor de la Zona Afectada.	46
A.3.4.3 Vulnerabilidad Estructural:.....	47
A.3.5 Ajuste por Histórico y Gestión.....	48
A.3.5.1 Ajuste por Frecuencia de Ocurrencia.....	48
A.3.5.2 Ajustes Operacionales.....	49
A.3.5.3 Ajuste por Medidas de Mitigación.....	51
A.3.5.4 Ajuste por Índices de Gestión Administrativos.	52
A.3.6 Valoración por Metodología del Rombo.....	53
A.3.7 USO DE SUELO	55
BIBLIOGRAFÍA	61

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 CRITERIOS DE MODELAMIENTO	221
TABLA 3.1 EVALUACIÓN DE INFLAMABILIDAD	27
TABLA 3.2 EVALUACIÓN DE REACTIVIDAD	27
TABLA 3.3 EVALUACIÓN DE TOXICIDAD	28
TABLA 3.4 PUNTAJE ASIGNADO SEGÚN PRIMER CRITERIO DE LA EPA (TOXICIDAD)	31
TABLA 3.5 FACTOR DE AJUSTE POR INVENTARIO DE PRODUCTO PELIGROSO	32
TABLA 3.6 EVALUACIÓN DE CONDICIONES DE OPERACIÓN	33
TABLA 3.7 CALIFICACIÓN SEGÚN AMENAZA POR INUNDACION	34
TABLA 3.8 CALIFICACIÓN SEGÚN AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA	35
TABLA 3.9 CALIFICACIÓN SEGÚN AMENAZA POR SISMICIDAD	35
TABLA 3.10 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR ACCIDENTALIDAD AEREA	36
TABLA 3.11 EVALUACION DE LA AMENAZA POR EVENTO TECNOLOGICO CERCANO	36
TABLA 3.12 CALIFICACIÓN SEGÚN NÚMERO DE PERSONAS AFECTADAS	39
TABLA 3.13 EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ESTRATEGICOS	39
TABLA 3.14 VALORACIÓN DE ACUERDO A LA SENSIBILIDAD DEL SUELO	41
TABLA 3.15 VALORACION DE AFECTACION SOBRE CUERPOS DE AGUA	43
TABLA 3.16 VALORACION DE AFECTACION AL AIRE	44
TABLA 3.17 VALORACION SEGÚN TIPO DE EQUIPAMIENTO	45
TABLA 3.18 CALIFICACIÓN SEGÚN VALOR METRO CUADRADO EN LA ZONA AFECTADA	46
TABLA 3.19 VALORACIÓN SEGÚN VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	47
TABLA 3.20 FACTOR POR FRECUENCIA DE OCURRENCIA (PLANTAS)	48
TABLA 3.21 FACTOR POR FRECUENCIA DE OCURRENCIA (TRANSPORTE)	49
TABLA 3.22 EVALUACIÓN DE CONDICIONES PREVENTIVAS DE OPERACIÓN (PLANTA)	50
TABLA 3.23 EVALUACIÓN DE CONDICIONES PREVENTIVAS DE OPERACIÓN (TRANSPORTE)	51
TABLA 3.24 CONTROLES DE MITIGACIÓN EXISTENTES	51
TABLA 3.25 ÍNDICES DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA	52

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS CORREDORES.....	24
FIGURA 3.2 CÓDIGO DE COLORES SEGÚN PUNTAJE.....	53
FIGURA 3.3 COMBINACIÓN DE COLORES – METODOLOGÍA ROMBO.....	55
FIGURA 3.4 SIMBOLO DEL USO DEL SUELO.....	56
FIGURA 3.5 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGÍA.....	57

CONTROL DE VERSIONES

Nombre	Fecha	Versión	Observaciones
Guillermo Gutiérrez	Noviembre 6/2007	1.0	Documento inicial
Guillermo Gutiérrez	Noviembre 10/2007	1.1	Documento inicial
Guillermo Gutiérrez	Noviembre 11/2007	1.2	Documento inicial
Juan Carlos Ortiz	Noviembre 19/2007	1.3	Se agregó Anexo 3. Requerimientos de información
Guillermo Gutiérrez	Enero 28/2008	1.4	Documento modificado después de talleres temáticos.
Guillermo Gutiérrez	Febrero 9/2008	1.5	Documento modificado según observaciones DPAE
Guillermo Gutiérrez	Febrero 11/2008	1.6	Documento modificado según observaciones DPAE
Guillermo Gutiérrez	Febrero 14/2008	1.7	Documento modificado según observaciones DPAE
Guillermo Gutiérrez	Abril 3/2008	1.8	Documento modificado según observaciones DPAE
Guillermo Gutiérrez	Mayo 16/2008	1.9	Documento modificado según observaciones DPAE
Guillermo Gutiérrez / Juan Carlos Ortiz	Mayo 27/2008	1.9.2	Documento modificado según observaciones DPAE
Guillermo Gutiérrez / Juan Carlos Ortiz	Junio 9/2008	1.9.3	Ajustes según observaciones DPAE
Guillermo Gutiérrez / Juan Carlos Ortiz	Junio 20/2008	1.9.4	Ajustes según observaciones DPAE

GLOSARIO

Con el objeto de contribuir a una sana discusión en cuanto a las definiciones que debe adoptar Colombia en el tema de riesgo tecnológico, el presente glosario muestra definiciones de USA, la Comunidad Económica Europea y la DPAE, dependiendo del tema que se aborde y de dónde sea la tecnología que se ha adoptado.

Administración del riesgo [9]

Actividades coordinadas a dirigir y controlar una organización con respecto a riesgo

Nota: la administración del riesgo generalmente incluye la evaluación del riesgo, tratamiento del riesgo, la aceptación del riesgo y la comunicación del riesgo.

Amenaza. [1]

Es la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado.

Análisis del riesgo [9]

Sistemático uso de la información para identificar la fuentes que originan e riesgo y su estimación.

Nota 1: el análisis del riesgo provee bases para la valoración del riesgo, tratamiento y aceptación del riesgo.

Nota 2: la información puede incluir datos históricos, análisis teórico, opinión de expertos y los intereses de los posibles afectados.

Análisis de riesgo. [2]

El análisis de riesgo es un conjunto de procedimientos cualitativos y cuantitativos, desarrollados en forma sistemática, que permiten evaluar el riesgo a partir de la estimación de frecuencias y consecuencias de un evento amenazante.

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A.	FECHA: Febrero 2008	REVISOR: Guillermo Gutiérrez	APROBADO POR PARTE DE DPAE:	GLOSARIO
---------------------------------	---------------------	------------------------------	-----------------------------	----------

Análisis de Vulnerabilidad. [1]

La vulnerabilidad evalúa en el sistema y área de influencia, los elementos físicos y biológicos que pueden ser afectados, cómo pueden ser afectados y en cuánto se ven afectados por uno o varios accidentes. Se expresa en términos de la probabilidad de afectación desde “no daño” (0% afectación) hasta “pérdida total” (100% afectación).

Consecuencias [9]

Resultado de un evento.

***Nota1:** Puede haber más de una consecuencia como resultado de un evento.*

***Nota 2:** el rango de consecuencias puede ser positivo o negativo. Sin embargo las consecuencias son siempre negativas en el campo de la seguridad industrial.*

Daño [9]

Perjuicio físico o deterioro de la salud de las personas, o deterioro de la propiedad o del ambiente

Escenario de Evento Amenazante. [2]

Localización o área física, bajo condiciones meteorológicas específicas (Ej.: velocidad del viento de 2 m/s en la dirección norte, estabilidad atmosférica de Pasquill clase D), en la cual se presenta un accidente.

Estimación del riesgo [9]

Proceso usado para asignar valores a la probabilidad y a las consecuencias de un riesgo.

***Nota:** La estimación de un riesgo puede considerar costos, beneficios, los intereses de los posibles afectados y otras apropiadas para la valoración del riesgo.*

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISOR: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	GLOSARIO
-----------------------------------	------------------------	------------------------------	----------------------------	----------

Evaluación de la Amenaza. [1]

La Amenaza está relacionada con el peligro que significa la posible ocurrencia de un fenómeno físico de origen natural, de origen tecnológico o provocado por el hombre que puede manifestarse en un sitio y durante un tiempo de exposición prefijado. Técnicamente, se expresa como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con un nivel de severidad, en un sitio específico y durante un período de tiempo.

Desafortunadamente, debido a la complejidad de los sistemas físicos en los cuales un gran número de variables puede condicionar el proceso, la ciencia aun no cuenta con técnicas que le permitan modelar con alta precisión dichos sistemas y por lo tanto los mecanismos generadores de cada una de las amenazas. Por esta razón, la evaluación de la amenaza, en la mayoría de los casos, se realiza combinando el análisis probabilístico con el análisis del comportamiento físico de la fuente generadora, utilizando información de eventos que han ocurrido en el pasado y calificando con algún grado de aproximación los sistemas físicos involucrados.

Evaluación del riesgo [9]

Incluye todos los procesos de análisis del riesgo y valoración del riesgo.

Evento [9]

Ocurrencia de un particular conjunto de circunstancias.

Nota 1: *el evento puede ser cierto o incierto.*

Nota 2: *el evento puede ser una sola ocurrencia o series de ocurrencias.*

Nota 3: *la probabilidad asociada con el evento puede ser estimada en un periodo de tiempo dado.*

Evento Amenazante. [2]

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISOR: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	GLOSARIO
-----------------------------------	------------------------	------------------------------	----------------------------	----------

Evento que se materializa a partir del evento iniciante. En el caso de un escape de material inflamable el evento amenazante es el incendio del chorro de gas o la explosión de nube de gas.

Evento dañino [9]

Ocurrencia en la cual una situación de peligro resulta en daño.

Evento Iniciante. [2]

Liberación de materia y/o energía contenida en un recipiente natural o artificial (por ejemplo, derrame de ácido).

Fuente [9]

Ítem o actividad con el potencial de generar consecuencias.

***Nota:** en el contexto de seguridad industrial, la fuente es un peligro.*

Identificación de la fuente [9]

Proceso de encontrar, listar y caracterizar la fuente.

***Nota:** en el contexto de de seguridad industrial, la identificación de la fuente es llamada identificación del peligro.*

Identificación del riesgo [9]

Proceso de encontrar, listar y caracterizar los elementos del riesgo

***Nota 1:** los elementos pueden incluir fuente o peligro, eventos, consecuencias y probabilidad.*

***Nota 2:** la identificación del riesgo puede además reflejar el interés de los posibles afectados.*

Impacto Potencial. [2]

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISOR: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	GLOSARIO
--------------------------------	---------------------	------------------------------	----------------------------	----------

Conjunto de posibles efectos negativos sobre el medio ambiente, personas e infraestructura, que determinan modificación del entorno o alteraciones severas, como consecuencia de eventos amenazantes.

Peligro. [2]

Condición física o química que tiene el potencial de causar daño a personas, ambiente o el ambiente.

Peligro [9]

Potencial fuente de daño.

***Nota:** el término peligro puede ser cuantificado en términos del origen o la naturaleza de los daños (Ej.: peligro de una descarga eléctrica, peligro de aplastamiento, peligro de una cortadura, peligro toxico, peligro por incendio, peligro de inundación).*

Peor caso. [2]

Se refiere al evento que al desarrollarse, determine los mayores niveles de daño. Generalmente estos eventos están asociados con la perdida de contención de gran cantidad de material en un tiempo mínimo.

Probabilidad [9]

Punto en el cual un evento es probable que ocurra.

***Nota 1:** ISO 3534-1:1993, definición 1.1 da la definición matemática de probabilidad como “un numero real de la escala de 0 a 1, ligado a un evento aleatorio.*

Este puede ser relacionado a un relativo largo periodo frecuencia de ocurrencia o al grado de creencia de que un evento ocurrirá. Para un alto grado de creencia la probabilidad es cerca de 1.”

***Nota 2:** frecuentemente se puede interpretar cuando se menciona la probabilidad de ocurrencia como la descripción del riesgo.*

ELABORO: SIG S.A	MULTIPROCESOS	FECHA: 2008	Febrero	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAE:	GLOSARIO
---------------------	---------------	----------------	---------	--------------------------------	------------------------------	----------

Nota 3: Los grados de creencia acerca de la probabilidad pueden ser escogidos como clases o rangos así:

- Raro/improbable/moderado/probable/casi cierto o
- Increíble/improbable/remoto/ocasional/probable/frecuente.

Riesgo [9]

Combinación de la probabilidad de un evento y sus consecuencias.

Nota 1: el termino “riesgo”, es generalmente usado únicamente cuando hay al menos la posibilidad de producirse consecuencias negativas.

Nota 2: en algunas situaciones, el riesgo surge de la posibilidad o desviación de un resultado o evento esperado.

Riesgo Público [10]

El daño potencial que, sobre la población y sus bienes, la infraestructura, el ambiente y la economía pública y privada, pueda causarse por la ocurrencia de amenazas de origen natural, socio-natural o antrópico no intencional, que se extiende más allá de los espacios privados o actividades particulares de las personas y organizaciones y que por su magnitud, velocidad y contingencia hace necesario un proceso de gestión que involucre al Estado y a la sociedad.

Seguridad:

Libertad del aceptar o no aceptar el riesgo.

Sistema de administración del riesgo:

Conjunto de elementos de una organización concernientes a la administración del riesgo.

Nota 1: los elementos del sistema de administración pueden incluir estrategias de planeación, procesos de decisión u otros procesos relacionados con el riesgo.

ELABORO: SIG S.A	MULTIPROCESOS	FECHA: 2008	Febrero	REVISOR: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAE:	GLOSARIO
---------------------	---------------	----------------	---------	---------------------------------	------------------------------	----------

Nota 2: *La cultura de una organización es reflejada en el sistema de administración del riesgo.*

Valoración del riesgo [9]

Proceso de comparar el riesgo estimado contra unos criterios dados (criterio del riesgo) para determinar la significancia del riesgo.

Nota 1: *la valoración del riesgo puede ser usada para evaluar la decisión de aceptar no aceptar el riesgo.*

Nota 2: *ver ISO/IEC Guide 51 para evaluación del riesgo en el contexto de seguridad industrial.*

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISOR: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE: DPAAE	GLOSARIO
--	-------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	-----------------

A.1 INTRODUCCIÓN METODOLOGÍA DE RIESGO

La metodología propuesta por Multiprocesos SIG S.A., se basa en las siguientes premisas:

- La primera premisa considera que para la Administración del Riesgo se tienen que dar los siguientes procesos :
 - o El análisis del riesgo
 - o La valoración del riesgo
 - o La evaluación del riesgo, que incluye las dos anteriores.

Una vez adelantadas las etapas anteriores una organización puede montar un sistema de administración del riesgo, donde implemente la decisiones que permiten el tratamiento del riesgo, defina las políticas de aceptación del riesgo y establezca las estrategias para la comunicación del riesgo.

Esta propuesta metodológica se enfoca en el primer proceso, análisis, el cual debe permitir identificar escenarios potenciales, desarrollar esos escenarios y obtener el riesgo potencial. Se espera que este análisis, proporcione todos los elementos para tomar las decisiones pertinentes y traducirlas en tareas para su cumplimiento.

La segunda premisa considera que los riesgos pueden ser: riesgos de seguridad o tecnológicos (producidos por accidentes tecnológicos), riesgos de la salud (enfocados a la salud humana, salud ocupacional), riesgos ecológicos y ambientales (enfocados en el hábitat y el ecosistema como conjunto, como por ejemplo el cambio climático, se caracterizan por no ser puntales), riesgos públicos (enfocados en el valor de la propiedad, la estética urbana y paisajista, percepción de la comunidad a diferentes tipos de acciones, pérdidas de imagen) y los riesgos financieros (enfoque económico). Considerando lo anterior la metodología está enfocada a los riesgos tecnológicos (elemento base) y su interacción con los demás riesgos.

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISOR: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 1
-----------------------------------	------------------------	------------------------------	----------------------------	------------

Un ejemplo de lo anterior fue el estudio que se desarrolló para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), entidad para la cual Multiprocesos SIG S.A. dentro de la Unión Temporal TECNORIESGOS, elaboró el mapa de riesgo químico y transporte de sustancias peligrosas del Valle de Aburrá en Antioquia.

Para este estudio se desarrolló una metodología basada en el documento “Hazard Identification and Evaluation in a Local Community”, publicación de UNEP (United Nation Environmental Program) dentro del programa APELL (Awareness and Preparedness for Emergencies at the Local Level), Technical Report No. 12., la cual con el aporte de AMVA, se llamó metodología del ROMBO. El gran aporte de la metodología es combinar lo enunciado en el documento de UNEP IE (The United Nations Environmental Programme’s Industry and Environmental Centre) con las metodologías que manejan índices de riesgo, similares al Índice Dow o Mond, empleadas ampliamente en las industrias de proceso a nivel internacional. Las metodologías de índice de riesgo proporcionan un método directo y relativamente simple de estimar el riesgo global asociado a una empresa o actividad, igualmente permite jerarquizar los factores que pueden afectar determinada actividad operativa.

El fundamento básico de la metodología es determinar puntajes que permitan valorar los 4 rombos internos. Los 4 índices comprenden el análisis de amenaza (o análisis de peligros) y análisis de vulnerabilidad a personas, ambiente e infraestructura, como lo estipula el documento de UNEP IE.

Es importante mencionar que la metodología propuesta y establecida esta ligada a la aplicación en SIG, la cual es la herramienta práctica que permite elaborar el mapa de riesgo, donde se presentan gráficamente los peligros de las industrias. El uso de estas aplicaciones unido a las calificaciones de los índices permite realizar seguimientos, los cuales pueden ser utilizados como indicadores de gestión.

La evaluación de los diferentes índices se puede realizar de forma automática, enlazando la información contenida en las bases de datos de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá – Colombia (DPAE), con los corredores de afectación generados por aplicaciones

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A.	FECHA: Febrero 2008	REVISOR: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAE:	SECCION: 1
------------------------------------	------------------------	------------------------------	---------------------------	------------

especializadas de modelamiento de consecuencias por incidentes con productos químicos (PHAST, SIRRUS, ALOHA). Vale la pena mencionar que la aplicación que se sugiere en el marco de esta metodología es ALOHA, sus reportes son un insumo necesario para la evaluación del riesgo.

La aplicación de la metodología ROMBO sobre un sistema de Información Geográfica, comprende el desarrollo de etapas, que involucran la entrada de información a la base de datos espacial, para que la aplicación SIG aplique los procedimientos matemáticos y lógicos definidos en la metodología, los cuales permiten la valoración final del riesgo.

Esta metodología evalúa el peligro generado por sustancias químicas en instalaciones y rutas de transporte, estas sustancias están incluidas dentro del criterio CRETIVB (Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable, Volátil y Biológicamente infeccioso). La metodología evalúa el peligro asociado al peor evento dañino, mediante el análisis de las amenazas o peligros y su impacto potencial a las personas, el medio ambiente y la infraestructura.

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A.	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 1
---	-------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-------------------

A.2 CARACTERIZACIÓN DE ESCENARIOS

A.2.1 Selección de la Empresa

La primera etapa del proceso comprendió la revisión y captura de información, sobre las empresas que involucraron procesos químicos, para lo cual se desarrollo una búsqueda en los documentos e información que posee la DPAE, para obtener 3 empresas (pequeña, mediana y grande) de 8 sectores diferentes, para un total de 24 empresas, las cuales formaron el material semilla para elaborar el mapa de riesgo industrial de Bogotá D.C.

Para realizar las visitas a las empresas se desarrolló un formato de captura de información, el cual fue elaborado a partir de las propuestas generadas por la DPAE, la Secretaria de Salud del Distrito y Multiprocesos SIG S.A. Este formato se presenta en el **Anexo No.2, Formato de Captura**.

Las empresas seleccionadas fueron motivo de visita de campo, allí se caracterizó el evento dañino más catastrófico “peor caso”, desde el punto de vista de variables operacionales como presión, temperatura, tipo de producto involucrado, cantidad de material presente etc. Otro aspecto considerado durante la visita técnica fue la recopilación de información sobre las rutas involucradas en el transporte de materias primas y productos terminados.

A.2.2 Identificación de la Empresa

Durante la selección de la empresa, fue necesario determinar algunas características de identificación que durante el desarrollo de la aplicación, fueron empleadas para la valoración interna del riesgo.

Los datos de entrada son descriptivos y se acogen en su gran mayoría al formato de captura de información que realiza la Secretaria de Salud de Bogota D.C.

Un ejemplo de algunos de los datos que se recopilaron de las empresas fueron:

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAE:	SECCION: 2
-----------------------------------	------------------------	-----------------------------	---------------------------	------------

- Objeto de la Empresa: Función productiva.
- Contacto: Nombre de la persona a contactar.
- Dirección / Teléfono: Datos generales para comunicación con la Empresa.
- Nit de la Empresa.
- Tipo Empresa: Se debe definir, si la empresa es Planta o es Transportadora. Debido a que cada una de estas, presentan un tipo diferente de cálculo del valor de Riesgo.
- Inventario de Productos peligrosos manejados:

La metodología implica disponer de una base de datos con los materiales identificados en toda la encuesta, y que pueden ser seleccionados. Sin embargo, se tiene la posibilidad de incluir nuevos productos en la base de datos interna de la aplicación, ya que la información básica necesaria para evaluar y valorar el riesgo, es posible extraerla de las hojas de seguridad de cada producto (MSDS Material Safety Data Sheet). Básicamente, esta caracterización, se basa en la entrada de información sobre los índices de peligrosidad del mismo, como se muestra a continuación:

Según la clasificación de la NFPA, podemos tener:

- Inflamabilidad
- Toxicidad
- Reactividad
- Otros.

Se sugiere la evaluación del software CAMEO, como base para almacenar información de nuevas sustancias.

A.2.3 Inventario y Tipo de Productos manejados.

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

Los anteriores aspectos identificaban la Empresa, con el objeto de establecer la representatividad de ésta, dentro de un panorama de peligros del sector químico industrial, para lo cual se caracterizó desde el punto de vista de los productos peligrosos operados, solicitando el inventario aproximado de las sustancias disponibles.

A.2.4 Caracterización de la Empresa

Una vez seleccionada e identificada la empresa, se debieron calificar y evaluar algunas características operacionales, administrativas y de gestión, las cuales están relacionadas directamente con los recursos y procedimientos disponibles en las empresas, para prevención y control de posibles incidentes. Esta información, permite, durante el desarrollo de la metodología, evaluar de manera directa el nivel del peligro. La valoración se realizó de acuerdo con la información enviada por las empresas y la información obtenida durante la visita de campo.

A.2.5 Identificación de Eventos Amenazantes

Con la información técnica obtenida de la visita, se definió cuál era el escenario (lugar geográfico) donde se pudiese desarrollar el evento de mayor afectación “peor caso”. La selección de este evento dependió de las condiciones de operación, tales como: temperatura y presión, volumen manejado, condiciones del almacenamiento, etc.

Los desarrollos metodológicos de análisis de riesgo a nivel internacional, determinan la generación de un árbol de incidentes por manipulación de productos peligrosos, cuyo desarrollo final nos determina un evento amenazante o peligro. Los tipos de eventos identificados probables por riesgo tecnológico asociados son básicamente los siguientes:

- Pérdida de contención de productos Peligrosos (Derrames, escapes, fugas).
- Incendio de productos inflamables.
- Explosiones de recipientes presurizados.
- Dispersión de nubes tóxicas de producto.

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

- Dispersión de nubes inflamables de producto.

A.2.6 Modelamiento de Consecuencias

Una vez definido el evento amenazante o peligro, se determinó la extensión del efecto, para posteriormente evaluar los posibles daños que se pueden causar. La extensión de los efectos se calcula a través de un modelamiento teórico de consecuencias, basados en modelos predictivos integrados en software comercial o algoritmos de cálculo desarrollados por la *American Chemical Engineers (AIChE)* [2], SIRRUS (Desarrollado por la British Petroleum) o PHAST (desarrollado por Bureau Veritas). Multiprocesos SIG S.A., sugiere que se utilice el software CAMEO, con su instrumento de modelación teórico de consecuencias ALOHA (herramienta desarrollada por la Environmental Protection Agency (EPA) y National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA de USA). Sin embargo, si se ha presentado una situación real, el corredor de daño generado, se puede evaluar en campo, evitando el modelamiento teórico de consecuencias y utilizar la evaluación de los daños que el accidente produjo.

De acuerdo con lo anterior, el modelamiento de consecuencias permitió determinar los corredores de afectación dados por los eventos que generan el escenario más catastrófico, esto es, la distancia límite máxima donde es posible que una persona o una infraestructura puedan verse afectadas. Estos corredores calculados se basan en la determinación del nivel de efecto, tal como radiación térmica durante un incendio, concentración de nube tóxica y/o inflamable o zona de influencia de un producto biológicamente infeccioso, corrosivo, volátil o radioactivo. En el **Anexo 3** se amplía la explicación de cada uno de estos eventos.

La geometría de la afectación, se limita a una afectación circular, como es el caso de los eventos localizados, sin desplazamiento de producto. La otra es la lineal, referente a los derrames sobre vías de transporte, canales o ríos.

Cuando la afectación es circular, se debe determinar el centro y radio de los círculos según modelamiento de consecuencias efectuado (Personas, Ambiente, Infraestructura). Si la afectación es lineal se determinan los

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

segmentos (definidos por dos nodos, que siguen el curso del alcantarillado o cuerpo de agua) de desplazamiento posible del producto, una vez localizados, se crea una red lineal con base en la intersección de vías con cuerpos móviles de agua, la cual tiene como uno de sus atributos, el ancho de banda, que determina el área del derrame.

Determinados los corredores de afectación, estos son superpuestos sobre la cartografía, tal como se aprecia en la **Figura 2.1**, donde se puede determinar el inventario de población, equipamiento, recursos naturales e infraestructuras municipales que pueden ser afectadas por las situaciones de riesgo analizadas.

La **Tabla 2.1** presenta los criterios interfuncionales para ser tenidos en cuenta en los niveles de afectación según el tipo de evento.

TABLA 2.1
CRITERIOS DE MODELAMIENTO¹

EVENTO	CRITERIO
Derrames de Productos Peligrosos.	La extensión de su efecto está determinada por la movilidad del producto, para lo cual se considera una afectación lineal, donde manualmente el usuario establece el punto de origen del derrame y su punto final de desplazamiento (según criterio del modelador, basado en la duración del producto en el cuerpo de agua o su dilución). Con base en esta información, la aplicación en SIG crea una ruta de derrame, a partir de la intersección de las vías con los cuerpos de aguas móviles (red de alcantarillado, hidrografía).
Incendio de productos inflamables.	Los efectos de los incendios están relacionados directamente con la radiación térmica generada. En este caso el círculo está determinado por la radiación en la cual, la probabilidad de fatalidad de una persona es del 6% durante 60 s de exposición o el tiempo mínimo

¹ Los parámetros establecidos en la Tabla 2.1, son extractados a partir de la referencia [2], en su Capítulo 2 Consequence Análisis.

EVENTO	CRITERIO
	de duración del evento, este nivel de radiación alcanza los 10 KW/m ² . Para determinar el daño a infraestructuras, el nivel es de 37.5 KW/m ² . Todo el concepto de probabilidad de fatalidad por radiación térmica se profundiza en el Anexo 4 , Metodología Probit.
Explosiones de recipientes presurizados.	La explosión de los recipientes está relacionada directamente con los niveles de sobrepresión generados por la explosión. Niveles de 16.74 psi , es la afectación a personas con el 6% de probabilidad de muerte. Niveles superiores de 6.5 psi , determinan un daño total sobre infraestructuras y viviendas,
Dispersión de nubes tóxicas de producto.	<p>Para identificar los niveles letales de concentración de una sustancia tóxica, existe en la literatura internacional numerosos índices de toxicidad, que proporcionan una idea aproximada de la peligrosidad del producto.</p> <p>Valores tales como el Immediately dangerous to life or health (IDLH) o Threshold Limit Values (TLV) ó Emergency Response Planning Guidelines (ERPG), son establecidos por instituciones de salud ocupacional para indicar la concentración máxima de una sustancia en aire que un trabajador con buen estado de salud puede soportar durante treinta minutos sin desarrollar síntomas que disminuya su capacidad de realizar una evacuación de emergencia y sin sufrir daños irreversibles.</p> <p>Sin embargo, los valores anteriores son aplicables al ámbito ocupacional de un trabajador, y no evalúa directamente un potencial mortal de daño. Lo anterior</p>

² La referencia [2] establece en su sección 8.2.4.3 (pag 617), la utilización de los niveles de radiación térmica que determinan un 50% de fatalidad para determinar el inventario de fatalidades. La explicación dada por la referencia, se basa en que el valor sugerido es un promedio conservativo, ya que sobreestima las fatalidades dentro de la zona de daño y es menos severo por fuera de la misma, ponderando toda el área posible desde el 100 hasta el 0% de probabilidad fatal.

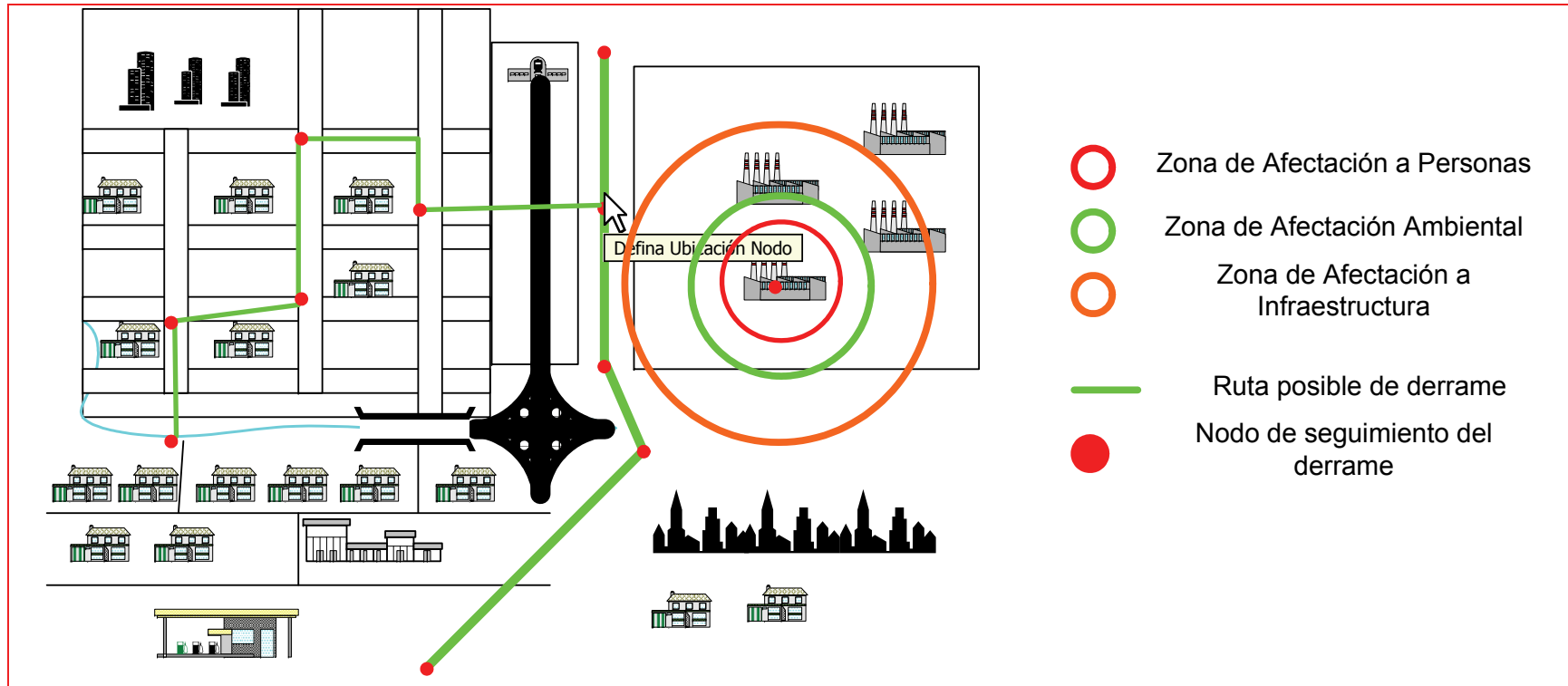
ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	---------------------------	------------

EVENTO	CRITERIO
	<p>se subsana con una aproximación valida para este tipo de estudios, el cual considera el empleo de los modelos Probit (ver Anexo 4) de vulnerabilidad para emisiones tóxicas, que determinan la probabilidad de muerte de una persona para una concentración y un tiempo de exposición determinado.</p> <p>En el estudio se determino el “TEEL-2: máxima concentración en el aire bajo la cual es posible cercanamente creer que todos los individuos pueden estar expuestos sin experimentar o desarrollar irreversibles u otros efectos serios o síntomas que puedan dañar sus habilidades para la acción de protección.”</p>
<p>Dispersión de nubes inflamables de producto.</p>	<p>Teóricamente, se establece que la nube de vapor puede incendiarse hasta un límite máximo desde el punto de fuga, dado por la distancia a la cual la concentración de la nube se ha diluido en el límite inferior de inflamabilidad del producto (L.I.I).</p> <p>Adicionalmente del daño causado por el contacto directo de la llama, debe tenerse en cuenta los efectos de la radiación transmitida por convección hacia zonas por debajo del límite inferior de inflamabilidad, por tanto esta distancia adicional al teórico de inflamabilidad esta determinada por la distancia en la cual los vapores de la nube, se han diluido hasta la mitad de su limite inferior de inflamabilidad (1/2 L.I.I).</p> <p>Para el estudio se definio como peor escenario el que se describe en ALOHA como el 60% del LEL, “The Lower Explosive Limit (LEL), que traducido al español sería el límite inferior de inflamabilidad del producto (L.I.I).</p>

Fuente: Referencia [2].

<p>ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A</p>	<p>FECHA: Febrero 2008</p>	<p>REVISO: Guillermo Gutierrez</p>	<p>APROBO POR PARTE DE DPAAE:</p>	<p>SECCION: 2</p>
--	-----------------------------------	---	--	--------------------------

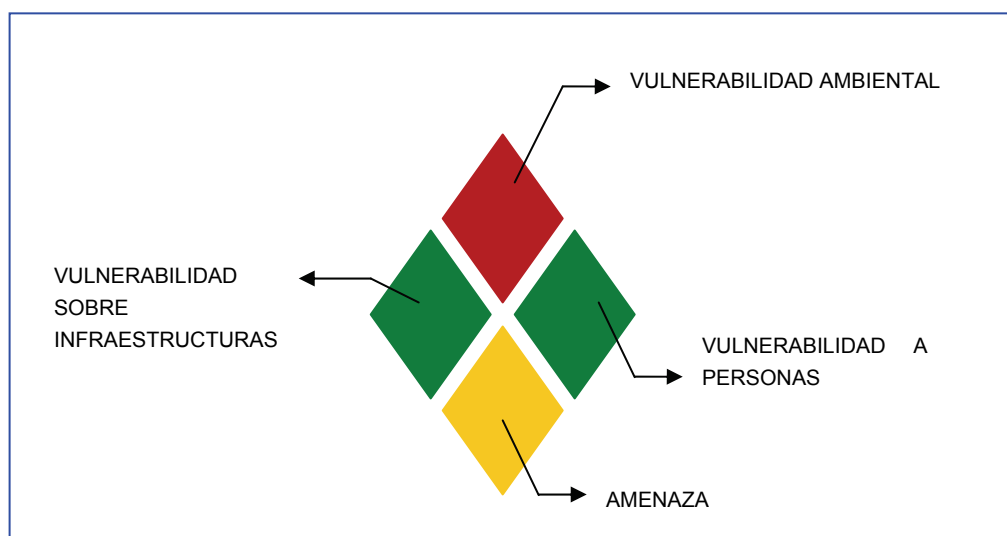
FIGURA 2.1
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS CORREDORES



A.3 VALORACION DEL RIESGO

La metodología de UNEP IE sugiere, para facilitar la valoración del riesgo, realizar una matriz de la forma siguiente: en las abscisas se coloca la probabilidad de ocurrencia de la amenaza (Improbable, poco probable, medianamente probable, alta probabilidad y muy probable) y en las ordenadas las consecuencias (sin importancia, limitada, serio, muy serio catastrófico). Como se mencionó anteriormente, Multiprocesos SIG S.A., sugiere que la valoración de riesgo se realice con la metodología ROMBO, la cual utiliza el método de indexamiento adaptado del Pipeline Risk Management Manual, elaborado por Kent Muhlbauer. La Metodología del Rombo, comprende la evaluación de 5 ítems, los cuales se identifican a continuación:

- Amenaza.
- Análisis de Vulnerabilidad a Personas.
- Análisis de Vulnerabilidad Ambiental
- Análisis de Vulnerabilidad a Infraestructuras
- Ajuste de Frecuencia de ocurrencia y Gestión



ELABORO: S.A	MULTIPROCESOS SIG	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAA:	SECCION: 2
-----------------	-------------------	------------------------	-----------------------------	---------------------------	------------

A.3.1 Cuantificación de la Amenaza

El análisis de la amenaza comprende el análisis de la probabilidad de ocurrencia de un evento potencial y destructivo asociado a un fenómeno de carácter tecnológico, que puede manifestarse en un sitio específico o en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos en personas, bienes, servicios o el medio ambiente. Técnicamente, es la cuantificación de la probabilidad de que un evento no deseado se desarrolle. Para realizar esta evaluación, la metodología propuesta califica los siguientes aspectos:

- Peligrosidad de los Productos.
- Peligrosidad de la Operación.
- Amenazas Externas.

A.3.1.1 Peligrosidad de los Productos

Para determinar la **Peligrosidad del producto**, deben tenerse en cuenta dos tipos de peligros relacionados estrechamente con el tiempo:

Peligro Agudo (0 – 60 pts)

Peligro Crónico (0 – 40 pts)

- **Peligro Agudo:**

Significa afectación súbita, que demanda atención urgente y que es de corta duración. Peligros como incendios, explosiones o contactos tóxicos son considerados peligros agudos.

El sistema de evaluación de la Peligrosidad del producto se basa en el "rombo de la Norma NFPA 704", que representa visualmente la información sobre tres categorías de riesgo: salud, inflamabilidad y reactividad, además del nivel de gravedad de cada uno. También señala **dos riesgos especiales**: la reacción con el agua y su poder oxidante.

El sistema normalizado (estandarizado) usa números y colores en un aviso para definir los **peligros básicos de un material peligroso**. La salud,

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

inflamabilidad y reactividad están identificadas y clasificadas en una escala de 0 a 4 dependiendo del grado de peligro que presenten.

Las **Tablas 3.1 a 3.3** presentan la calificación asignada por la metodología para las tres propiedades básicas de peligrosidad. Los puntajes máximos asignados por cada propiedad son de 4 puntos, dando un resultante de 12 puntos para un producto que sea calificada en todas sus propiedades con los valores extremos.

TABLA 3.1
EVALUACIÓN DE INFLAMABILIDAD

Código MRIB	<i>N_f Inflamabilidad</i> (FP = Flash Point - BP = Boiling Point)	Valor P (0 - 4 ptos)
N	No combustible	0
B	FP > 93,3 °C (200 °F)	1
M	37,8 °C (100 °F) < FP < 93,3 °C (200 °F)	2
A	FP < 37,8 °C (100 °F) y BP < 37,8 °C (100 °F)	3
MA	FP < 22,8 °C (73 °F) y BP < 37,8 °C (100 °F)	4

Fuente: Clasificación de sustancias peligrosas según NFPA.

[3] Pipeline Risk Management Manual.

TABLA 3.2
EVALUACIÓN DE REACTIVIDAD

Código MRIB	<i>N_r Reactividad</i>	Valor P (0 - 4 ptos)
N	Sustancia es completamente estable, aun cuando se calienta bajo condiciones de fuego	0
B	Medianamente reactivo bajo calentamiento y presión	1
M	Significativamente reactivo, aún sin calentamiento	2
A	Posible detonación en confinamiento	3
MA	Posible detonación sin confinamiento	4

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
---------------------------------------	----------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-------------------

Fuente: Clasificación de sustancias peligrosas según NFPA.

[3] Pipeline Risk Management Manual.

TABLA 3.3
EVALUACIÓN DE TOXICIDAD

0 – 4 pts

Código MRIB	N_h Toxicidad.	Valor P (0-4 pts)
MB	No mayor peligro que el de los combustibles comunes	0
B	Solamente un menor daño residual	1
M	Requiere pronta atención para evitar incapacidad temporal	2
A	Material causa un serio daño temporal o residual	3
MA	Corta exposición causa muerte o daño mayor	4

Fuente: Clasificación de sustancias peligrosas según NFPA.

[3] Pipeline Risk Management Manual.

Como se explicó anteriormente, el rombo de la NFPA en su modelo estándar establece sólo las propiedades peligrosas básicas. Debido a que algunas sustancias presentan otras características especiales de peligrosidad, tales como la corrosividad, radioactividad y biológicamente infecciosos etc., la metodología determinó adicionar una calificación por estas propiedades.

A diferencia de la propiedad de peligrosidad básica, las especiales no tienen intervalos definidos que permitan evaluarlas por tanto a cualquier producto que presente una propiedad peligrosa especial, la amenaza por peligro agudo se incrementa en 4 puntos.

El Peligro Agudo se basa entonces en la suma de la peligrosidad del producto, tal como se presenta en la siguiente ecuación:

$$P_{AGUDO} = P_{INFLAMABILIDAD} + P_{REACTIVIDAD} + P_{TOXICIDAD} + P_{OTROS} \quad (3.1)$$

La metodología pretende ser conservativa, por lo que la propiedad peligrosa especial, se considera como un ajuste que incrementa el valor de amenaza por peligrosidad del producto. Si consideramos sólo las propiedades básicas, el puntaje máximo que puede ser alcanzado es de 12 puntos, sin embargo

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

cuando el producto posea otra característica de peligrosidad especial (P_{OTROS}), este puntaje se le adiciona a las demás propiedades, pudiéndose obtener mas de 12 puntos por este cuarto concepto de peligrosidad (hasta un valor máximo de 16 puntos). No obstante lo anterior, para efectos de la aplicación de la metodología, siempre el puntaje máximo será de 12 puntos, tal como se explica más adelante.

Con base en lo descrito anteriormente, se considera que el peligro agudo corresponde a un 60% del ponderado total de peligrosidad del producto, de donde el valor máximo sería de 60 puntos, para lo cual el puntaje obtenido, debe multiplicarse por 5, para que este valor se ajuste a la escala de 0 a 100 puntos. Vale la pena nuevamente mencionar, que en caso de que el puntaje sobrepase los 60 puntos, es necesario truncar el puntaje hasta un máximo de 60 puntos, tal como se establece en la **Ecuación 3.2**.

$$P_{AGUDO} = P_{AGUDO} * 5 \quad (3.2)$$

$$\text{Si } P_{AGUDO} > 60 \Rightarrow P_{AGUDO} = 60$$

Lo anterior puede ser aclarado con un ejemplo, consideremos un producto peligroso A, que sea evaluado de la siguiente forma:

Inflamabilidad: 2 Ptos

Reactividad: 3 Ptos

Toxicidad: 4 Ptos

Ahora considerando que este Producto "A", tenga la propiedad especial de corrosividad, automáticamente la metodología le asigna un puntaje adicional de 4 puntos. El valor es de 13 puntos, que escalados se convierten en 65 puntos, lo que obliga a truncar el valor y fijarlo en el máximo posible según la escala determinada por la metodología que es de 60 puntos.

$$P_{AGUDO} = 2 + 3 + 4 + 4 = 13 \Rightarrow P_{AGUDO} = 13 * 5 = 65 \text{ Ptos}$$

$$\text{Ajustando} \Rightarrow P_{AGUDO} = 60 \text{ Ptos}$$

$$P_{AGUDO} = 2+3+4+4 = 13, \text{ se deja } 12 \Leftrightarrow P_{AGUDO} = 12 * 5 = 60 \text{ Puntos}$$

- **Peligro Crónico.**

ELABORO: S.A	MULTIPROCESOS SIG	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------	-------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

Significa afectación por un largo tiempo. Peligros como contaminación, efectos cancerígenos y otros efectos para la salud a largo plazo son considerados peligros crónicos.

La principal diferencial entre agudo y crónico es el factor tiempo en el impacto causado.

La evaluación del peligro crónico, se realiza mediante la determinación de un puntaje basado en los criterios de toxicidad no humana, dados por las regulaciones ambientales americanas, como la CERCLA³ (Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act), la cual establece una cantidad limite que debe ser reportada, en caso de derrame, al centro destinado para tal fin en la Environmental Protection Agency (EPA) de EEUU. Esta Cantidad Reportable (RQ) esta basada en 2 criterios definidos por la EPA, el “primer criterio” se basa en las propiedades intrínsecas de las sustancia (física, química y toxicológica) y el “segundo criterio” se basa en la facilidad que tiene la sustancia para degradarse. Para este estudio, con objeto de facilitar la obtención de la información, se toma el “primer criterio” el cual se sintetiza en la calificación de la sustancia, de acuerdo con los rangos de concentraciones permisibles sobre la vida acuática y mamífera de los animales. El método sugiere entonces un puntaje de acuerdo con los índices de toxicidad de cada producto, el cual se presenta en la **Tabla 3.4**.

³ Ley del Congreso de los EE.UU. titulada *The Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act of 1980* (Ley de Respuesta Ambiental Exhaustiva, Compensación y Responsabilidad Pública de 1980; CERCLA).

Nota: el “primer criterio” considera adicional a la toxicidad, el potencial cancerígeno de la sustancia, este no se considera explícitamente, para facilitar la calificación, teniendo en cuenta que si se puede calificar la sustancia con el RQ, este lo lleva implícito.

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

TABLA 3.4
PUNTAJE ASIGNADO SEGÚN PRIMER CRITERIO DE LA EPA (TOXICIDAD)

Toxicidad Acuática (LC ₅₀) (mg/L)	Toxicidad oral (LD ₅₀) (mg/Kg)	Toxicidad dérmica (LD ₅₀) (mg/Kg)	Toxicidad por inhalación (LC ₅₀) (ppm)	RQ (Lbs) (Kg)	Puntos
< 0,1	< 0,1	< 0,04	< 0,4	1 0,4536	10
0,1 – 1,0	0,1 – 1,0	0,04 – 0,4	0,4 – 4	10 4,5359	8
1 -10	1 –10	0,4 – 4	4 – 40	100 45,359	6
10 – 100	10 – 100	4 – 40	4 – 400	1,000 453,59	4
100 - 500	> 100	> 40	> 400	> 5,000 2267,9	2

Fuente: [3] Pipeline Risk Management Manual, Reportable Quantities, EPA (USA).

De acuerdo a las características de cada producto, es muy posible que la cantidad de **RQ**, no se conozca, por lo que se hizo un símil con las otras variables de toxicidad, que pueden ser establecidas para cada producto. Así, en la **Tabla 3.4** es posible determinar el puntaje con cualquiera de estos valores.

Los valores de peligro crónico se ajustan a la escala de 0 a 10, multiplicando por 4, para que este valor tome un puntaje máximo de 40 puntos.

$$P_{CRONICO} = P_{CRONICO} \text{ puntos} * 4 \quad (3.3)$$

Se tiene entonces que la peligrosidad del producto es la suma de los dos tipos de peligros enunciados anteriormente.

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	---------------------------	------------

$$\text{Peligrosidad del Producto} = \text{Peligro cronico} + \text{Peligro agudo} \quad (3.4)$$

La Metodología desarrollada hasta el momento para calcular la amenaza, se asimiló a la establecida para sistemas de transporte en tuberías, la cual es un método de indexamiento que permite determinar el riesgo, a partir de la calificación de los índices de peligrosidad de cada producto. El desarrollo metodológico se resume en la referencia [3].

- **Ajuste por Inventario de Producto.**

La Peligrosidad del Producto tiene un rango de puntuación entre 0 y 100 puntos, sin embargo este valor puede ser ajustado, según el inventario de producto peligroso disponible para el desarrollo de los eventos amenazantes. La **Ecuación 3.5** establece el ajuste de la peligrosidad del producto, el cual se efectúa mediante un factor que varía de acuerdo con el Peligro Agudo del Producto (**Ecuación 3.1**) y que se presenta en la **Tabla 3.5**, la cual considera como unidad común las Toneladas del producto, independiente del estado en que se encuentre (sólido, líquido o gaseoso), Normativa Seveso, iniciada con la promulgación de la Directiva 82/501/CEE (Comunidad Económica Europea).

TABLA 3.5
FACTOR DE AJUSTE POR INVENTARIO DE PRODUCTO PELIGROSO

PA	INVENTARIO DE PRODUCTO DISPONIBLE (TON)			
	0 – 100	100 – 5,000	5,000 – 50,000	> 50,000
<3	1,1	1	0,95	0,9
3 – 6	1	0,95	0,9	0,7
6 - 9	0,95	0,9	0,7	0,5
9 - 12	0,9	0,7	0,5	0,3
> 12	0,7	0,5	0,3	0,1

PA: Peligro Agudo del Producto (Ecuación 3.1).

Fuente: Evaluación sugerida por Multiprocesos SIG S.A., con las cantidades inferidas de la Normativa Seveso iniciada con la promulgación de la Directiva 82/501/CEE (Comunidad Económica Europea).

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

$$\text{Peligrosidad_Producto_Ajustado} = \frac{\text{Peligrosidad_Producto}}{f_{\text{INVENTARIO_PRODUCTO_PELIGROSO}}} \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned} \text{Si Peligrosidad_Producto_Ajustado} &> 100 \Rightarrow \\ \text{Peligrosidad_Producto_Ajustado} &= 100 \end{aligned}$$

Los ajustes por inventario de producto disponibles reportados en la **Tabla 3.5**, pueden incrementar el valor de Peligrosidad del Producto por encima del valor establecido por la metodología que es de 100 puntos, para lo cual es necesario truncar la amenaza por peligrosidad del producto al valor máximo de 100 puntos.

A.3.1.2 Peligrosidad de la Operación

La peligrosidad de la operación cuantifica las condiciones anormales operativas que la Planta pueda poseer.

Peligrosidad de la Operación

0 -100 puntos

TABLA 3.6
EVALUACIÓN DE CONDICIONES DE OPERACIÓN

Seleccione:

Código MRIB	ÍTEM	Ptos
D	Si se presenta alguna de las siguientes situaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Inadecuado estado de maquinaria y equipo. - Inadecuados o no cuenta con elementos de control de proceso. - No dispone de áreas de cargue y descargue adecuadas. Maneja sustancias peligrosas por fuera de las instalaciones. 	100
B	Si cuenta con las siguientes situaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Buen estado de maquinaria y equipo. 	10

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
---------------------------------------	----------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-------------------

	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos de control de proceso adecuados. - Áreas de cargue y descargue adecuadas.No maneja sustancias peligrosas por fuera de las instalaciones. 	
--	---	--

Fuente: Evaluación sugerida por DPAAE, resultados de los talleres de evaluación de la metodología.

A.3.1.3 Amenazas Externas

La cuantificación de los factores del entorno, que puedan afectar las instalaciones operativas, sugieren (no se limitan a estas) las amenazas externas, siguientes:

- Amenaza de Inundación (Avenidas torrenciales)
- Amenaza por Movimientos en masa
- Amenaza sísmica
- Amenaza por accidentalidad aérea
- Amenaza por eventos tecnológicos (eventos en cadena)

Amenaza por Inundación:

La amenaza por inundación se basa en la información suministrada por el plano del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Bogotá D.C., denominado "Amenaza por Inundación", el cual considera cuatro zonas de interés: Nula o no tienen ninguna afectación por no tener un cuerpo de agua cerca, inundación baja, inundación media e inundación alta o zonas de ronda y preservación ambiental, tal como se presenta en la **Tabla 3.7**.

TABLA 3.7
CALIFICACIÓN SEGÚN AMENAZA POR INUNDACION

Código MRIB	Calificación Amenaza por Inundación	PUNTAJE
N	Nula, no existe ningún cuerpo de agua	1
B	Inundación Baja	5
M	Inundación Media	8

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

A	Inundación Alta, incluye zonas de ronda y preservación ambiental	15
---	--	----

Fuente: Evaluación sugerida por DPAE. Talleres de evaluación de la metodología.

Amenaza por Remoción en Masa.

La amenaza por fenómenos de remoción en masa se basa en la información suministrada por el plano del POT denominado "Amenaza por Remoción en Masa" construido por la DPAE. La **Tabla 3.8** resume los aspectos considerados en este tipo de Amenaza.

TABLA 3.8
CALIFICACIÓN SEGÚN AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA

Código MRIB	Calificación Amenaza por Remoción en Masa	PUNTAJE ⁴
N	Nula	1
B	Baja	5
M	Media	8
A	Alta	15

Fuente: [4] Talleres de evaluación de la metodología realizados en DPAE, Mapa de amenaza por remoción en masa de la DPAE

Amenaza Sísmica

La calificación de la amenaza sísmica contempla una calificación de 5 puntos para la zona de amenaza sísmica baja, 20 puntos para la zona de amenaza sísmica media y 30 puntos para la amenaza sísmica alta. Para el caso de Bogota D.C., se considera que todo se encuentra en una zona de amenaza sísmica intermedia, según la Norma NSR 98. La **Tabla 3.9** resume la calificación en un solo valor.

TABLA 3.9
CALIFICACIÓN SEGÚN AMENAZA POR SISMICIDAD

⁴ La evaluación del puntaje es sugerida en los talleres de evaluación de la metodología, realizados en la DPAE, con base en la metodología propuesta por Multiprocesos SIG S.A.

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	---------------------------	------------

Código MRIB	Zonas de amenaza sísmica	Calificación amenaza	PUNTAJE ⁵
M	Intermedia	Media	20

Fuente: [5] Talleres de evaluación de la metodología realizados en DPAE.

Amenazas por Accidentalidad Aérea.

Se consideraron dos tipos de áreas: las ubicadas sobre el polígono de acercamiento de los aviones al aeropuerto, las cuales pueden presentar una mayor amenaza de ocurrencia de este evento, y las que no están dentro de este polígono (en cualquier otra zona). La evaluación de la amenaza por accidentalidad aérea se detalla en la **Tabla 3.10**.

TABLA 3.10 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR ACCIDENTALIDAD AEREA

Código MRIB	ÍTEM	Ptos
A	La empresa se encuentra dentro del área delimitada como aproximación de aviones.	10
B	Zona de baja probabilidad por accidentalidad aérea	5

Fuente: Evaluación sugerida por Multiprocesos SIG S.A.

Amenaza por Evento Tecnológico.

La evaluación de la amenaza por riesgo tecnológico aledaño se detalla en la **Tabla 3.11**.

TABLA 3.11

EVALUACION DE LA AMENAZA POR EVENTO TECNOLOGICO CERCANO

Código MRIB	ÍTEM	Puntos
A	Existe más de una empresa en el área de influencia, cuyos eventos pueden determinar niveles de daño sobre la empresa o se encuentra a una distancia igual o	30

⁵ La evaluación del puntaje es sugerida por los talleres de evaluación de la metodología, realizados en la DPAE

	menor de 30 m de redes de alta tensión, de 40 m de tubería del acueducto de 48" a 78" de diámetro, de 50 m de tubería de gas natural 10" y 14" de diámetro, de 310 m del eje del poliducto y de 100 m del eje del jetducto.	
M	Una empresa cercana, en la que sus eventos al interior, pueden afectar la empresa o se encuentra a una distancia igual o menor de 16 m de redes de media tensión, de 30 m de tubería del acueducto de 30" a 44" de diámetro, de 30 m de tubería de gas natural 4" a 8" de diámetro, de 380 m del eje del poliducto o de 180 m del eje del jetducto.	15
B	No hay empresas aledañas, en la que los eventos generados al interior de estas, puedan afectar la empresa. No hay cercanía a redes de servicios públicos.	5

Fuente: Talleres de evaluación de la metodología realizados en DPAE

La calificación de la Amenaza Externa, es entonces:

$$P_{AMEN_EXT} = P_{AMEN_INUNDACION} + P_{AMEN_MOVIM-MASA} + P_{AMEN_SISMICA} + P_{ACCID_AEREA} + P_{EVENTO_TECNOL} \quad (3.7)$$

El puntaje por amenaza se resume en la suma de los tres ítems, identificados anteriormente, cabe mencionar, que a estos puntajes se les asignó un peso (X), para que los factores de ingerencia más directa sobre la planta o empresa, tuviesen una mayor preponderancia que los otros factores externos.

$$P_{AMENAZA} = X_{PELIG_PROD} * P_{PELIGROSIDAD_PRODUCTO_AJUSTADO} + X_{PELIG_OPERACION} * P_{PELIG_OPERACION} + X_{AMEN_EXT} * P_{AMEN_EXT} \quad (3.8)$$

X_{PELIG_PRODUCTOS}: 0.45

X_{PELIG_OPERACION}: 0.45

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	---------------------------	------------

X_{AMEN_EXT}: 0.10

A diferencia de las plantas, la valoración de una ruta de transporte, considera únicamente la peligrosidad del producto, para lo cual el peso de importancia de este ítem, es de 1.0 los demás valores son de cero (0). Lo anterior, no implica que otros aspectos, tales como las características del vehículo y de la operación de transporte, no sean evaluados por la metodología. Estos factores serán evaluados durante los ajustes por gestión en la **Sección 3.5**.

A.3.2 Análisis de Vulnerabilidad a Personas

El análisis de vulnerabilidad a personas esta relacionado con la cuantificación de las personas expuestas dentro de un área que esta limitada por una probabilidad esperada de fatalidad del 6% para eventos de radiación térmica. Los demás eventos (nube tóxica, explosión, llamarada) consideran los parámetros de cálculo establecidos en la **Tabla 2.1 CRITERIOS DE MODELAMIENTO**.

El cálculo de esta afectación esta basado en la intersección de los corredores introducidos al realizar el modelamiento de consecuencias y las manzanas afectadas. De esta intersección resulta un área la cual se multiplica por el factor densidad poblacional y así obtener el número de personas expuestas. La **Tabla 3.12** expresa el factor de obtención del puntaje, por impacto a personas.

El número de personas se calcula internamente a través de la aplicación, utilizando el modelo de ecuación presentada a continuación.

$$N_{PERSONAS} = \sum_{i=1}^n A_i * \rho_{POBLACIONALi} \quad (3.9)$$

N_{PERSONAS}: Número de personas expuestas. (Valor que permite entrar a calificar en la **Tabla 3.12**).

A_(i): Área intersecada según afectación a población.

n: Número de áreas interceptadas que están dentro del límite probable de fatalidad del 6%.

P_{Poblacional}: Densidad poblacional (# personas / área)

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

TABLA 3.12
CALIFICACIÓN SEGÚN NÚMERO DE PERSONAS AFECTADAS

Seleccione:

Código MRIB	INVENTARIO DE PERSONAS AFECTADAS	Puntaje
N	No hay personas afectadas.	0
B	Hasta 5 personas heridas.	50
M	Entre 6 y 10 personas heridas o 1 persona muerta.	75
A	Más de 10 personas heridas más de 1 persona muerta.	100

Fuente: Cantidades inferidas de la Normativa Seveso iniciada con la promulgación de la Directiva 82/501/CEE (Comunidad Económica Europea), Talleres de evaluación de la metodología realizados en DPAAE.

Nota: El número de personas afectadas es calculado sin tener en cuenta el personal de la empresa que origina la amenaza.

A.3.3 Análisis de Vulnerabilidad Ambiental

Para definir el impacto ambiental, la metodología separa la evaluación de acuerdo al tipo de evento definido. Para los eventos cuyas afectaciones son circulares, se intercepta este círculo con el área afectada, donde se evalúa el tipo de ecosistema estratégico y el uso potencial del suelo. El evento, que genere derrame, determina un corredor lineal, el cual se evalúa mediante la intersección de los cuerpos de aguas presentes en el recorrido.

A.3.3.1 Afectación a Ecosistemas Estratégicos

La información se obtiene de los mapas temáticos que tiene el distrito capital (Bogotá D.C.) con los radios de afectación potencial de las empresas.

TABLA 3.13
EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ESTRATEGICOS

Código MRIB	NOMBRE ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL	VALOR
-------------	---------------------------------------	-------

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

AP	Sistema de Áreas Protegidas del Distrito Capital	100
CE	Corredores Ecológicos	75
MRB	Área de Manejo Especial del Río Bogotá	75
PMZ	Parques Urbanos de Escala Metropolitana y Zonal	50

Fuente: Mapa ecológico de Bogota D.C., Talleres de evaluación de la metodología realizados en DPAAE.

Al igual que la cuantificación realizada para evaluar el número de personas, la aplicación en SIG, intercepta el área de afectación ambiental con el corredor de daño introducido. Cada área posee un puntaje el cual se promedia con base en la ecuación presentada a continuación:

$$P_{ECOSIST_ESTRATEG} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * P_{AJUSTE_i}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (3.11)$$

$P_{ECOSIST_ESTRATEG}$: Puntos obtenidos por afectación a ecosistemas estratégicos.

$A_{(i)}$: Área intersecada para cada sistema estratégico.

$P_{AJUSTE (i)}$: Puntaje de cada sistema, asignado de la **Tabla 3.13**.

n: Número de áreas encontradas en la intersección.

A.3.3.2 Sensibilidad relacionada al uso del Suelo

La magnitud de daño ambiental generada por la ocurrencia de un incidente, puede variar, dependiendo de la localización del daño. Es de esperarse, que localizaciones en las que el grado de intervención humano sea alto, las pérdidas ambientales esperadas sean mínimas, comparadas con áreas, en que el ecosistema no ha sido intervenido.

En la siguiente tabla el Código de Catastro es el mismo que se usa como Código MRIB.

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

TABLA 3.14
VALORACIÓN DE ACUERDO A LA SENSIBILIDAD DEL SUELO

Zonas de calificación según el uso del suelo dado por Catastro Distrital	Descripción del uso (Código Catastro)	PUNTAJE⁶
Predios Rurales	<ul style="list-style-type: none"> • Agrícola (83) • Forestal (85) • Agroforestal (87) • Tierras improductivas (88) 	80
Predios No Edificados	<ul style="list-style-type: none"> • No urbanizable suelo protegido (63) • Urbanizable no urbanizado (62) 	80
Predios Rurales	<ul style="list-style-type: none"> • Agropecuario (81) • Pecuario (84) • Agroindustrial (86) • Otros (82) 	60
Predios No edificados	<ul style="list-style-type: none"> • Urbanizado no edificado (61) • Lotes del estado (64) • Espacio Público (66) 	60
Predios No edificados	<ul style="list-style-type: none"> • Vías (65) • Predios con mejoras ajenas (67) • Mineros (07) 	40
Predios Edificados	<ul style="list-style-type: none"> • Residencial (01) • Dotacional (04, 05, 06, 08) 	30
Predios Edificados	<ul style="list-style-type: none"> • Comercio y Servicios (21, 22, 23, 24) • Industrial (03) • Corredores de ductos industriales 	20

⁶ La evaluación del puntaje es sugerida por Multiprocesos SIG S.A.

Fuente: Documento Técnico (Manual) Usos de la Construcción y Destinos Económicos de los Predios (Vigencia 2006), Catastro Distrital, puntaje sugerido por Multiprocesos SIG S.A.

Cuando en la intersección, se encuentren más de dos áreas, se debe aplicar el modelo dado en la siguiente ecuación:

$$P_{USO_SUELO} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * P_{USO_SUELO_i}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (3.12)$$

P_{USO_SUELO} : Puntos obtenidos por afectación según uso del suelo.

$A_{(i)}$: Área intersectada para cada uso del suelo.

$P_{USO_SUELO(i)}$: Puntaje de cada sistema, asignado de la **Tabla 3.14**.

n: Número de áreas encontradas en la intersección.

A.3.3.3 Afectación a Cuerpos de Agua

Los derrames son eventos que afectan los cuerpos de agua de dos formas, una se puede catalogar como lineal, es aquel derrame que se vierte directamente a los cuerpos de agua (por medio del alcantarillado o por vertimiento directo), la otra forma es por medio de derrames que se infiltran en el suelo y posteriormente afectan un cuerpo de agua. Ambos derrames afectan directamente los suelos y los cuerpos de agua, por lo que se considera una evaluación del impacto ambiental diferente para estos tipos de eventos.

La **Tabla 3.15** establece los criterios de calificación, definidos según el cuerpo de agua afectado, donde se estableció que los eventos más críticos, son los que afectan los nacimientos de agua, diferentes a los cuerpos de agua principal, los cuales poseen un mayor grado de intervención. Los suelos en este caso se consideran elementos vulnerables ya calificados en la **Tabla 3.14**.

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

TABLA 3.15
VALORACION DE AFECTACION SOBRE CUERPOS DE AGUA

Código MRIB	SISTEMA HIDRICO	PUNTAJE
RA	Zonas de recarga de acuíferos	100
CRNQ	Cauces y rondas de nacimientos y quebradas	100
LE	Lagos, lagunas y embalses	100
CRRC	Cauces y rondas de ríos y canales	50
HR	Humedales y sus rondas	50

****Fuente:** Talleres de evaluación de la metodología realizados en DPAAE.

La valoración se determina realizando una intersección entre la posible ruta del derrame para cada empresa y los cuerpos de agua. El mayor valor encontrado para cada empresa (columna Puntaje) será el asignado como valoración de Afectación sobre cuerpos de agua.

A.3.3.4 Afectación al Aire

Considerando que el aire es un recurso que cada vez está más intervenido y que el distrito capital ha tenido que implementar medidas tendientes a mejorar la calidad del aire, como son el pico y placa ambiental, restricción de circulación de vehículos de carga, día sin carro, red de calidad del aire (monitoreo), normatividad específica, ajuste de rutas de transporte público, intensificación de programas de salud pública y de inspección, vigilancia y control, entre otros, es necesario considerar dentro de la vulnerabilidad ambiental la calidad del aire.

El distrito capital emitió el DECRETO 174 DE 2006 (Mayo 30) "Por medio del cual se adoptan medidas para reducir la contaminación y mejorar la calidad del Aire en el Distrito Capital", que en su ARTÍCULO PRIMERO, clasifica a las localidades de Puente Aranda, Fontibón y Kennedy, comprendidas dentro del perímetro urbano de Bogotá, D.C., como áreas-fuente de contaminación alta, Clase I, por material particulado menor o igual a 10 micras (PM₁₀).

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

Con base en lo anterior se elabora la **Tabla 3.16**, la cual indica que si se genera un evento en una industria que está ubicada en las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón, es mayor la vulnerabilidad del ambiente, que si está ubicada en cualquiera de las otras localidades, porque al ser localidades bastante intervenidas desde el punto de vista de contaminación ambiental, tienen baja capacidad a recibir más contaminación, entiéndase, liberación de sustancias de característica peligrosa.

TABLA 3.16
VALORACION DE AFECTACION AL AIRE

Código MRIB	LOCALIDAD FUENTE	PUNTAJE
A	Puente Aranda, Fontibón y Kennedy	100
O	Otras Localidades	50

Fuente: Talleres de evaluación de la metodología realizados en DPAAE.

Una vez analizados los diferentes ítems, se tiene que la evaluación del impacto ambiental, se resume en:

Para eventos diferentes a derrames (afectación circular):

$$P_{IMPACTO_AMBIENTAL} = X_{ECOSIST_ESTRATEG} * P_{ECOSIST_ESTRATEG} + X_{USO_SUELO} * P_{USO_SUELO} + X_{AFECTACION_AIRE} * P_{AFECTACION_AIRE} \quad (3.13)$$

Los pesos asignados por la metodología para la valoración del impacto ambiental, de acuerdo a cada ítem se definen a continuación:

$$X_{ECOSIST_ESTRATEG} = 0.40$$

$$X_{SENSIBILIDAD_SUELO} = 0.40$$

$$X_{AFECTACION_AIRE} = 0.20$$

Para eventos de derrames (afectación lineal):

$$P_{IMPACTO_AMBIENTAL} = P_{AFECTACION_CUERPODEAGUA} \quad (3.14)$$

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

A.3.4 Análisis de Vulnerabilidad a Infraestructuras

Las consecuencias para este tópico se pueden medir desde el punto de vista del tipo de equipamiento presente en el área de afectación y el costo de reposición de la misma.

A.3.4.1 Tipo de Equipamiento

Se consideró el siguiente orden de importancia para los diferentes tipos de edificaciones, de acuerdo con lo establecido en la **Tabla 3.17**.

TABLA 3.17
VALORACION SEGÚN TIPO DE EQUIPAMIENTO**

Código MRIB	EQUIPAMIENTO	PUNTAJE
SCDJ	Seguridad Ciudadana / Defensa y Justicia	100
SABS	Salud / Bienestar Social	90
ABAL	Abastecimiento de Alimentos	80
SPTR	Servicios Públicos y de Transporte	70
EDAP	Educativo / Servicios de la Administración Pública	60
CURF	Cultural / Recintos Feriales	50
CLTO	Culto	40
DERE	Deportivo Recreativo	30
CESF	Cementerios y Servicios Funerarios	20

Fuente: La información de la Tabla 3.17, es extractada del mapa de equipamiento de Bogota D.C., la calificación se realizó con base en los talleres de evaluación de la metodología realizados en DPAAE.

Cuando en la intersección, se encuentren más de dos puntos de equipamiento, se debe aplicar el modelo dado en la siguiente ecuación:

$$P_{\text{AFECTACION_EQUIPAMIENTO}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{EQUIPAMIENTO}_i}}{n} \quad (3.15)$$

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

$P_{\text{AFECTACIÓN_EQUIPAMIENTO}}$: Puntos obtenidos por afectación según tipo de equipamiento.

$P_{\text{EQUIPAMIENTO}(i)}$: Puntaje de cada sistema, asignado de la **Tabla 3.17**.

n: Número de puntos de equipamientos encontrados dentro del área de intersección.

A.3.4.2 Valor de la Zona Afectada

El perjuicio causado por los eventos amenazantes o peligros sobre edificaciones y estructuras se resume en daños originados por los efectos de radiación y ondas de presión sobre estos. La variable medible para esta categoría de consecuencia son los metros cuadrados (m^2) de área construida destruida, si la afectación supera el 10% del área construida se considera afectada toda la construcción.

TABLA 3.18
CALIFICACIÓN SEGÚN VALOR METRO CUADRADO EN LA ZONA AFECTADA

Código MRIB	INCIDENCIA**	PUNTAJE ⁷
N	No hay daños	0
MB	Menos de un millón de pesos.	10
B	Entre uno y 100 millones de pesos.	20
M	Entre 100 y 1000 millones de pesos.	40
A	Entre 1000 y 10000 millones de pesos.	60
MA	Más de 10000 millones de pesos.	100

****Fuente:** [5] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME INDUSTRY AND ENVIRONMENT: Hazard Identification and Evaluation in a Local Community. APELL. Evaluación sugerida por esta referencia.

⁷ La evaluación del puntaje es sugerida por Multiprocesos SIG S.A.

El valor se calcula internamente a través de la aplicación, utilizando el modelo de ecuación presentada a continuación.

$$Costo_{AVALUO} = \sum_{i=1}^n A_i * \tau_i \quad (3.16)$$

$COSTO_{AVALUO}$: Avalúo de la infraestructura. (Valor que permite entrar a calificar en la **Tabla 3.18**).

$A_{(i)}$: Área intersectada según daño a infraestructuras.

n: Número de áreas interceptadas que están dentro del límite de daño a estructuras.

τ_i : Valor metro cuadrado de la zona afectada (valor monetario / área), valor que debe ser suministrado por FOPAE.

A.3.4.3 Vulnerabilidad Estructural

La afectación que pueden causar los movimientos sísmicos en las estructuras de las edificaciones, está ligada a la capacidad que tienen estas estructuras de asimilar el sismo sin mayores afectaciones, para ello el tipo de construcción debe ser sismo resistente. Las normas para las construcciones sismo resistentes en nuestro país han evolucionado con el tiempo y se han ido modificando en la medida en que evoluciona la tecnología para el cálculo matemático de las estructuras que soportan las edificaciones. En la **Tabla 3.19** se presentan las calificaciones que representan el momento histórico en que han sido construidas las edificaciones.

TABLA 3.19
VALORACIÓN SEGÚN VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

Código MRIB	FECHA DE CONSTRUCCIÓN O REFORZAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN	PUNTAJE
A	Edificación construida antes de 1984 y sin obras de reforzamiento	100

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

Código MRIB	FECHA DE CONSTRUCCIÓN O REFORZAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN	PUNTAJE
M	Edificación construida o reforzada entre 1984 y 1998	25
B	Edificación construida o reforzada después de 1998	1
NA	No aplica	0

Fuente: La calificación se realizó con base en los talleres de evaluación de la metodología realizados en DPAE.

El resumen de la calificación al impacto en la infraestructura queda de la forma siguiente:

$$P_{IMPACTO_INFRAESTRUCTURA} = X_{AFECTACION_EQUIPAMIENTO} * P_{AFECTACION_EQUIPAMIENTO} + X_{COSTO_REPOS} * P_{COSTO_REPOS} + X_{VULNERABILIDAD_ESTRUCTURAL} * P_{VULNERABILIDAD_ESTRUCTURAL} \quad (3.17)$$

$$X_{TIPO_INFRAEST}: 0.3$$

$$X_{COSTO_REPOS}: 0.5$$

$$X_{VULNERABILIDAD_ESTRUCTURAL}: 0.2$$

A.3.5 Ajuste por Histórico y Gestión

Todos los índices de riesgo, anteriormente evaluados pueden ser ajustados de acuerdo con unos factores, que miden el potencial de probabilidad de ocurrencia de un evento, o las medidas administrativas implementadas y operativas, para que estos eventos no se manifiesten.

A.3.5.1 Ajuste por Frecuencia de Ocurrencia

El ajuste por frecuencia de ocurrencia corresponde a la multiplicación del puntaje de amenaza (evaluado en la **Sección 3.1**), por un factor que depende de la probabilidad de ocurrencia del evento amenazante “peor evento” seleccionado o del histórico de eventos generados en la operación o transporte.

TABLA 3.20
FACTOR POR FRECUENCIA DE OCURENCIA (PLANTAS)

ELABORO: S.A	MULTIPROCESOS SIG	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAE:	SECCION: 2
--------------	-------------------	---------------------	-----------------------------	---------------------------	------------

Código MRIB	HISTORIAL**	FACTOR ⁸ (K)
N	Nunca ha ocurrido o no hay evidencia científica que ocurra.	1,0
B	Ha ocurrido en la Industria a nivel internacional.	1,2
M	Ha ocurrido varias veces en el Distrito Capital.	1,4
A	Ha ocurrido en la Planta.	1,5

Fuente: Metodología de Evaluación de Riesgos – Shell.

TABLA 3.21
FACTOR POR FRECUENCIA DE OCURRENCIA (TRANSPORTE)

Código MRIB	HISTORIAL**	FACTOR (K)
NT	Nunca ha sido reportado en la historia de la Empresa.	1,0
BT	Ha ocurrido máximo una vez en 10 años de historia de la Empresa.	1,2
MT	Ha ocurrido máximo una vez en 5 años de historia de la Empresa.	1,4
AT	Se tiene un reporte de al menos un evento ⁹ por año.	1,5

Fuente: [7] Metodología de Evaluación de Matrices de Riesgos – Shell.

Los ajustes por históricos de eventos se ven plasmados en la **Ecuación 3.18**, que ajusta el factor de amenaza.

A.3.5.2 Ajustes Operacionales

Plantas:

⁸ La evaluación del puntaje es sugerida por Multiprocesos SIG S.A.

⁹ Cuando se hable del término “evento”, vale la pena mencionar que son accidentes ocurridos con vehículos de transporte de la empresa, en los que se haya generado liberación de material peligroso.

Los ajustes operacionales, se refieren a las medidas operativas previstas directamente sobre la operación que permite, desarrollar una operación más segura, y por tanto disminuir la percepción de los niveles de riesgo.

Condiciones Preventivas - Operativas:

0 – 1,00

TABLA 3.22

EVALUACIÓN DE CONDICIONES PREVENTIVAS DE OPERACIÓN (PLANTA)

Sume de acuerdo a lo existente:

Código MRIB	ÍTEM	Ptos.
01	Hojas de seguridad / Fichas de emergencia	0,10
02	Capacitación en el manejo de sustancias peligrosas	0,10
03	Señalización de ambientes peligrosos (recipientes, equipos)	0,10
04	Señalización, rotulado y etiquetado de recipientes	0,10
05	Sistemas contraincendio	0,10
06	Sistemas eléctricos - protección	0,10
07	Sistema contención de derrames	0,10
08	Adecuación de áreas carga y descarga sustancias Peligrosas	0,10
09	Programa de mantenimiento	0,10
10	Política de emergencias	0,10

Fuente: Valoración sugerida en los talleres de evaluación de la metodología realizados en DPAAE.

Transporte:

El ajuste operacional para transporte se efectúa a través del cumplimiento del **Decreto 1609 de 2002**, en el que se reglamenta el **transporte de mercancías peligrosas**. Este decreto determina toda una política de seguridad basada en cuatro elementos: normalización técnica; marco legal; sistema de control y vigilancia; capacitación, sensibilización y divulgación. Estos elementos se han venido desarrollando de manera secuencial teniendo en cuenta que obedezcan a parámetros internacionales, pero atendiendo la

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
---------------------------------------	----------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-------------------

realidad nacional en cuanto a la prestación del servicio de transporte para estos productos.

Igualmente, se determinan los requisitos generales para el transporte, con especificaciones de carácter técnico para un adecuado manejo de la carga y se establecen los procedimientos mínimos que debe cumplir la unidad de transporte y/o vehículo destinado a la movilización de este tipo de productos. La **Tabla 3.23** establece la valoración según cumplimiento del decreto.

TABLA 3.23
EVALUACIÓN DE CONDICIONES PREVENTIVAS DE OPERACIÓN (TRANSPORTE)

Seleccione:

Código MRIB	ÍTEM	Ptos
51	La Empresa de transporte cumple en su totalidad con el Decreto 1609 de 2002.	1,0
52	No cumple el Decreto 1609 de 2002.	0,0

Fuente: Valoración sugerida por Multiprocesos SIG S.A.

A.3.5.3 Ajuste por Medidas de Mitigación

TABLA 3.24
CONTROLES DE MITIGACIÓN EXISTENTES

Controles de mitigación y atención de emergencias **0 – 1,00**

Suma de acuerdo a lo existente:

Código MRIB	ÍTEM	Ptos
01	Plan de emergencias con planes de contingencias implementados	0,2
02	Programas de capacitación y entrenamiento permanentes	0,2
03	Disponibilidad de recursos para atención de emergencias	0,2
04	Priorización de escenarios de riesgo	0,2

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAA:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	---------------------------	------------

Código MRIB	ÍTEM	Ptos
05	Análisis de peligros	0,2

Fuente: Valoración sugerida por los talleres de evaluación de la metodología realizados en DPAAE.

A.3.5.4 Ajuste por Índices de Gestión Administrativos

La gestión se mide a través del cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad que existen internacionalmente.

TABLA 3.25
ÍNDICES DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA

Gestión administrativa

0 – 1,00

Suma de acuerdo a lo existente:

Código MRIB	ACCIONES	Puntaje
01	La empresa cumple con la legislación relacionada con los productos que maneja	0,30
02	La empresa tiene implementada la ISO 14000	0,15
03	La empresa tiene implementada la ISO 18000	0,15
04	La empresa tiene implementados otros sistemas de gestión (RI, APELL, etc.)	0,40

Fuente: Valoración sugerida en los talleres de evaluación de la metodología realizados en DPAAE.

Obtenida la sumatoria de las salvaguardas existentes por condiciones preventivas, mitigación o gestión administrativa, las ecuaciones a continuación permiten ajustar los nuevos puntajes por niveles de impacto.

$$P_{AMENAZA} = \frac{P_{AMENAZA} * k}{1 + f_{AJUSTE POR CONDICIONES_PREVENTIVASOPERATIVAS}} \quad (3.18)$$

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

$$P_{\text{IMPACTO_PERSONAS}} = \frac{P_{\text{IMPACTO_PERSONAS}}}{1 + 0.5 * f_{\text{AJUSTE_CONTROLES-MITIGACION}} + 0.35 * f_{\text{AJUSTE_GESTION-ADMINISTRATIVA}}} \quad (3.19)$$

$$P_{\text{IMPACTO_AMBIENTAL}} = \frac{P_{\text{IMPACTO_AMBIENTAL}}}{1 + 0.2 * f_{\text{AJUSTE_CONTROLES-MITIGACION}} + 0.30 * f_{\text{AJUSTE_GESTION-ADMINISTRATIVA}}} \quad (3.20)$$

$$P_{\text{IMPACTO_INFRAEST}} = \frac{P_{\text{IMPACTO_INFRAEST}}}{1 + 0.3 * f_{\text{AJUSTE_CONTROLES-MITIGACION}} + 0.35 * f_{\text{AJUSTE_GESTION-ADMINISTRATIVA}}} \quad (3.21)$$

De las **Ecuaciones 3.18 a 3.21**, se puede observar que se les asignó un factor diferente a cada ajuste, debido a que la mayor parte de las gestiones, ya sean preventivas o de control de la emergencia están encaminadas a proteger la vida de las personas y la infraestructura de la empresa.

A.3.6 Valoración por Metodología del Rombo

Una vez obtenidos los 4 valores del rombo, se procede a calificar estos puntajes dentro de la metodología. En la **Figura 3.2** se establece que puntajes menores de 30 puntos, determinan un color verde, entre 30 y 70 puntos, se asigna un color amarillo. El valor rojo lo dan los puntajes por encima de 70 puntos.

FIGURA 3.2
CÓDIGO DE COLORES SEGÚN PUNTAJE

Puntaje	Intervalo (Puntos)	Color
Amenaza Impacto: Personas Ambiente Infraestructuras	< 30	Verde
	30 – 70	Amarillo
	> 70	Rojo

Fuente: Valoración de Puntaje sugerida por Multiprocesos SIG S.A.

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAA:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	---------------------------	------------

La metodología nos indica que de acuerdo a la combinación de los 4 colores dentro del rombo, se determine el nivel de riesgo:

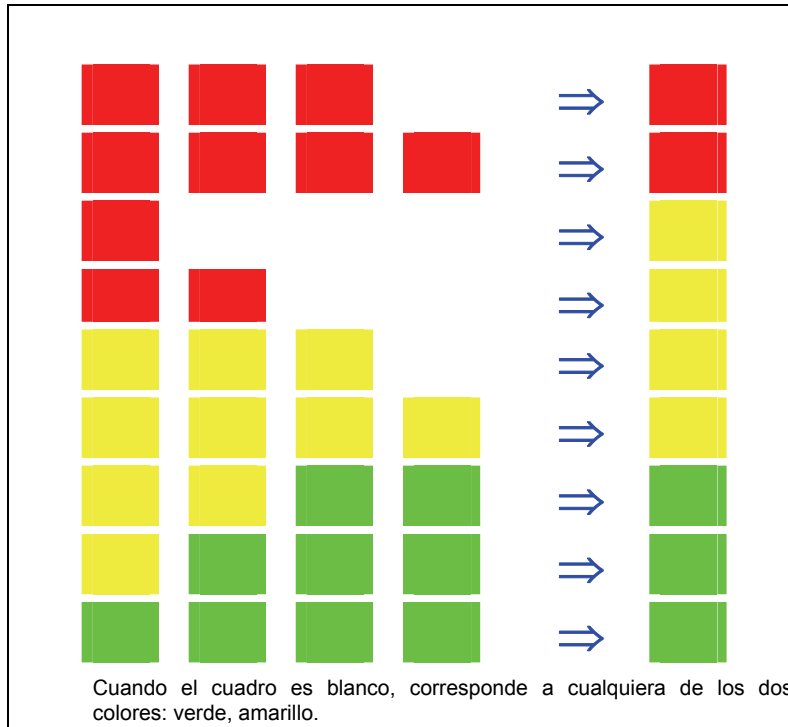
Un nivel de riesgo **BAJO**, esta simbolizado por el color verde, el cual está dado por la combinación de 1 o 2 colores amarillos y el resto verde. El riesgo **MEDIO**, esta simbolizado por el color AMARILLO, y resulta de la combinación de al menos uno o dos colores rojos, o tres o cuatro amarillos.

El riesgo **ALTO**, se da con la presencia de tres o cuatro colores rojos. La **Figura 3.3** establece un resumen de la combinación de colores dentro del rombo.

En la **Figura 3.4** se resume el diagrama de flujo establecido para la metodología.

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

FIGURA 3.3
COMBINACIÓN DE COLORES – METODOLOGÍA ROMBO



Fuente: Valoración de Metodología Rombo.

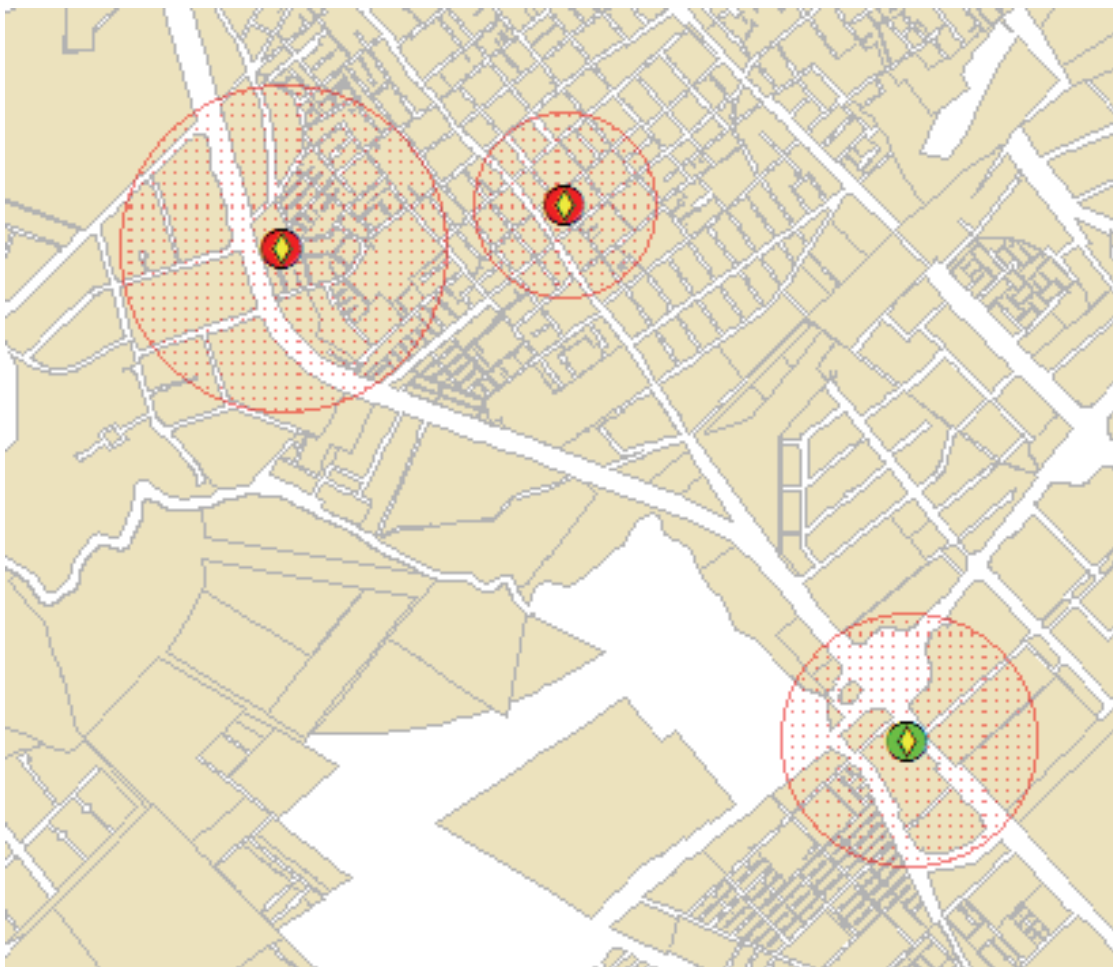
A.3.7 USO DE SUELO

Teniendo en cuenta que para Bogotá es fundamental considerar el uso de suelo, la metodología propone generar una representación gráfica que refleje cómo está la ubicación de las industrias frente al uso de suelo definido por la Secretaría Distrital de Planeación, con el fin de identificar estrategias de gestión de las diferentes entidades frente a la mezcla de usos y las consecuencias que esto conlleva desde los diferentes puntos de vista desde los cuales se analice el tema. De esta manera, se inscribirá el rombo que representa a la industria con el color de riesgo global obtenido del análisis, en un círculo que tendrá color verde si coincide el uso actual con el uso definido

ELABORO: S.A	MULTIPROCESOS SIG	FECHA: Febrero 2008	REVISOR: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------	-------------------	---------------------	------------------------------	----------------------------	------------

por Planeación y color rojo si los usos no coinciden, como se muestra en la figura 3.7.1

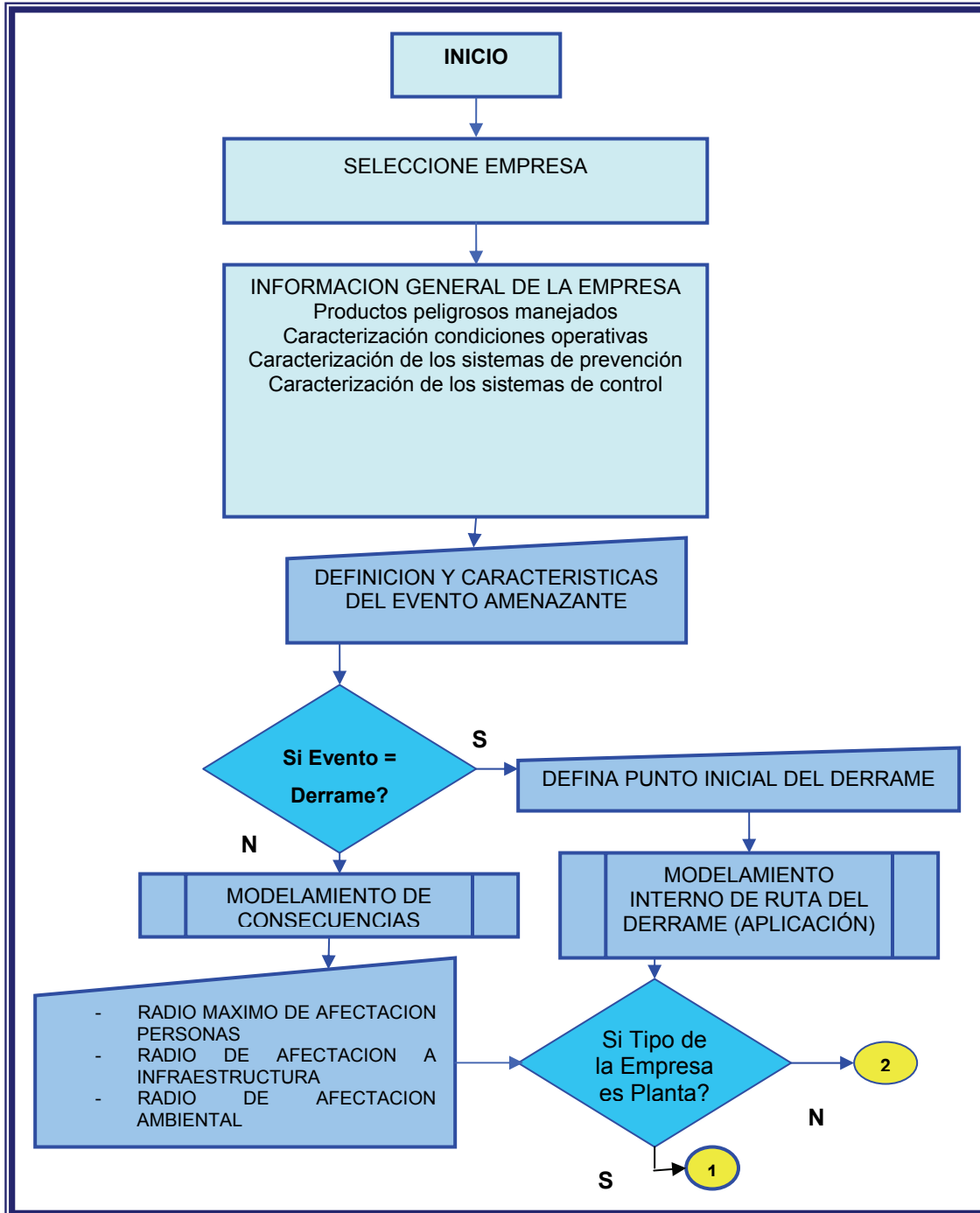
FIGURA 3.4 SIMBOLO DEL USO DEL SUELO

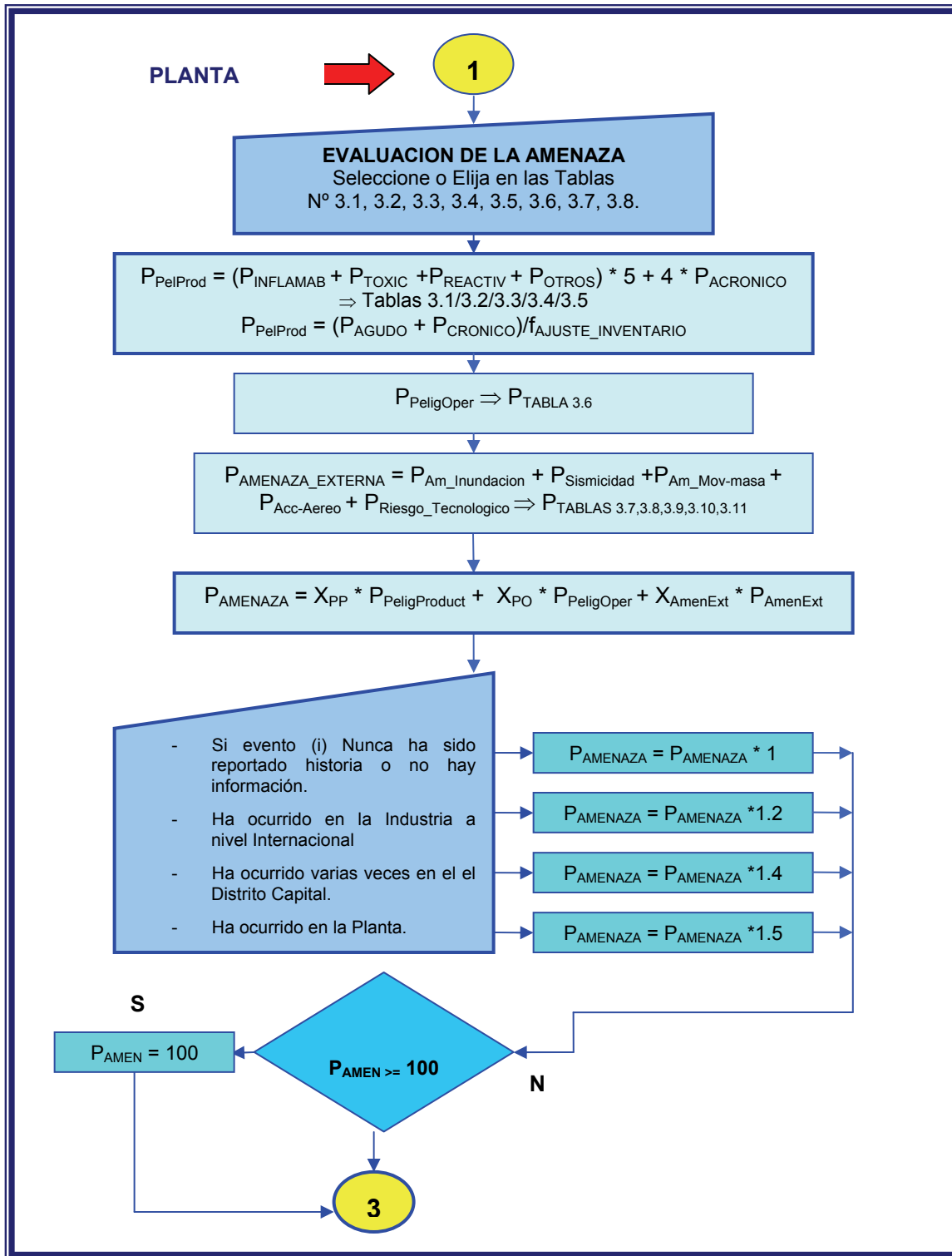


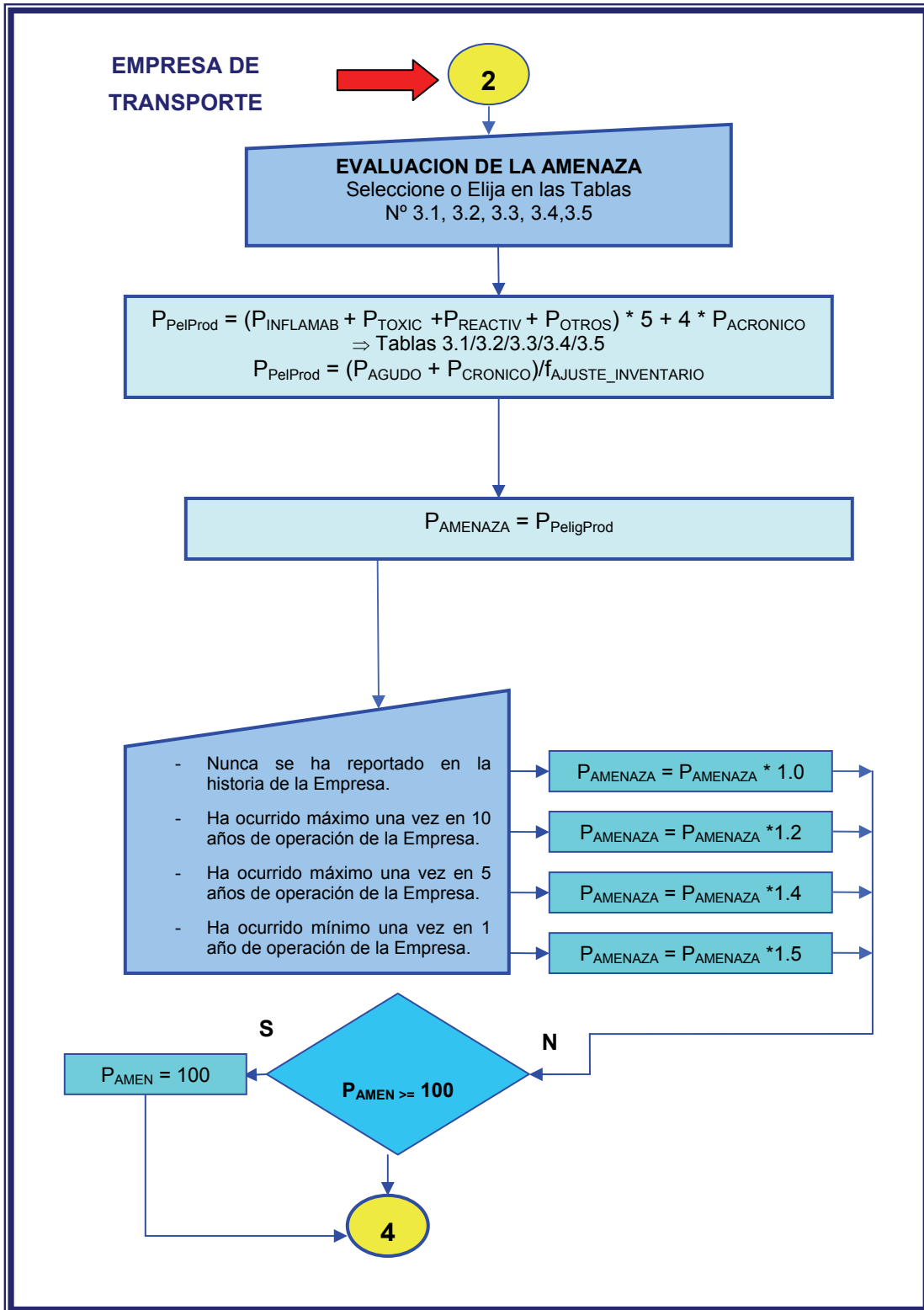
En la Figura 3.5 se muestra el diagrama de flujo que representa la metodología anteriormente descrita.

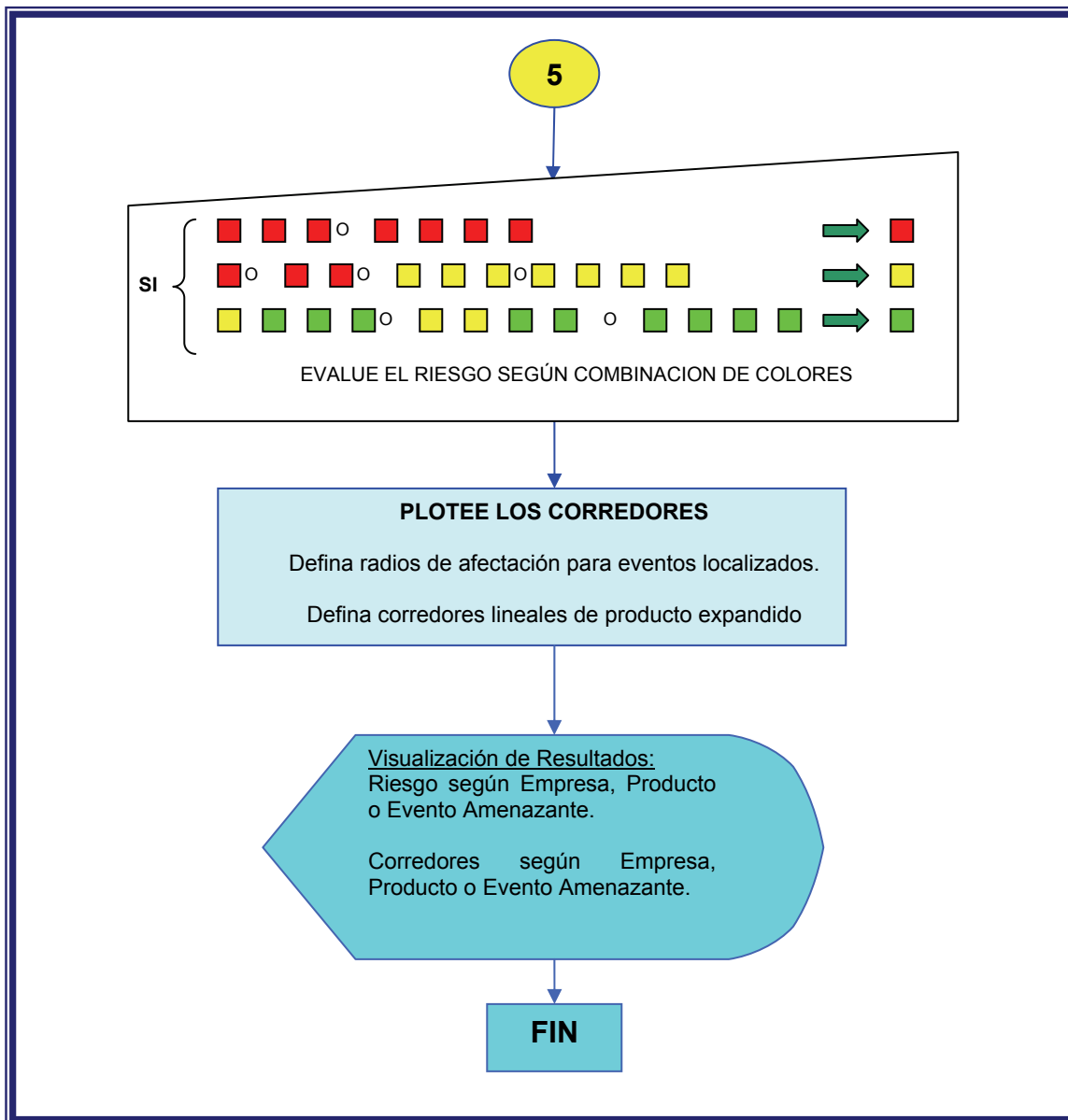
ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A	SIG	FECHA: Febrero 2008	REVISO: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	SECCION: 2
--------------------------------	-----	---------------------	-----------------------------	----------------------------	------------

FIGURA 3.5
DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGÍA









BIBLIOGRAFÍA

[1] <http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/hDARÍOap3.htm>

CARDONA OMAR DARÍO: Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo. Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo.

[2] AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS: *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Glossary. Pag. 725. Center for Chemical Process Safety. New York (2000).

[3] MUHLBAUER W KENT: Pipeline Risk Management Manual. Gulf Publishing Company. Houston – Texas (1992).

[5] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME INDUSTRY AND ENVIRONMENT - UNEP: Hazard Identification and Evaluation in a Local Community. Technical Report No. 12. APELL. Paris (1992).

[7] SHELL NEDERLAN CHEMIE B.V: Risk Management By Shell Refinery/ Chemical At Pernis. (1997).

[8] MARTÍNEZ GARCÍA F: Sistema de Evaluación y Propuesta de Tratamiento de Riesgos. MAPFRE. Madrid (1990).

[9] Normas ISO 3534-1:1993.

[10] Definiciones Plan Distrital para la Prevención y Atención de Emergencias PDPAE

ELABORO: MULTIPROCESOS SIG S.A.	FECHA: Febrero 2008	REVISOR: Guillermo Gutierrez	APROBO POR PARTE DE DPAAE:	
---------------------------------	---------------------	------------------------------	----------------------------	--