

**REFINERÍA DE CARTAGENA S.A.S.**



**CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS AMBIENTALES Y  
MODIFICACIONES A LA LICENCIA AMBIENTAL DE REFICAR  
(1736)**

**CONTRATO 966568**

**CAPÍTULO 9 PLAN DE CONTINGENCIAS  
VERSIÓN 0**

**Bogotá D.C., marzo de 2020**

### ÍNDICE DE MODIFICACIONES

| Índice de Revisión | Sección Modificada  | Fecha Modificación | Observaciones                  |
|--------------------|---|--------------------|--------------------------------|
| B                  | Todo el documento   | 10-2019            | Se adjunta matriz de hallazgos |
| A                  | Todo el documento   | 11-2019            | Se adjunta matriz de hallazgos |
| A1                 | 9.1.1 Establecimiento del Contexto<br>9.2.1 Intervención Correctiva<br>9.2.2 Intervención Prospectiva<br>9.2.3 Transferencia del riesgo | 03-2020            | Matriz control de cambios      |
|                    |   |                    |                                |
|                    |   |                    |                                |

### REVISIÓN Y APROBACIÓN

|                             |        |                         |
|-----------------------------|--------|-------------------------|
| Número de revisión          |        | <b>0</b>                |
| Responsable por elaboración | Nombre | William Valenzuela      |
|                             | Firma  |                         |
| Responsable por revisión    | Nombre | Katherine Martínez      |
| Coordinador Proyecto        | Firma  |                         |
| Responsable por aprobación  | Nombre | Mónica Bibiana Pescador |
| Gerente de Proyecto         | Firma  |                         |
|                             | Fecha  | marzo de 2020           |

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA REFINERÍA DE CARTAGENA S.A.S

### CAPÍTULO 9 PLAN DE CONTINGENCIAS

#### TABLA DE CONTENIDO

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| 9 PLAN DE CONTINGENCIAS                 | 5           |
| 9.1 CONOCIMIENTO DEL RIESGO             | 6           |
| 9.1.1 Establecimiento del Contexto      | 6           |
| 9.1.2 Valoración del Riesgo             | 104         |
| 9.1.3 Monitoreo del riesgo              | 161         |
| 9.2 PROCESO DE REDUCCIÓN DEL RIESGO     | 162         |
| 9.2.1 Intervención Correctiva           | 163         |
| 9.2.2 Intervención Prospectiva          | 165         |
| 9.2.3 Transferencia del riesgo          | 169         |
| 9.3 PROCESO DE MANEJO DEL DESASTRE      | 170         |
| 9.3.1 Plan de emergencia y contingencia | 170         |

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA REFINERÍA DE CARTAGENA S.A.S

### CAPÍTULO 9 PLAN DE CONTINGENCIAS

#### ÍNDICE DE TABLAS

|   | Pág. |
|---|------|
| <i>Tabla 9-1 Requerimientos de la solicitud de información adicional frente al Plan de Contingencias y ubicación de ajustes en el documento</i> | 5    |
| Tabla 9-2 Áreas de servicios y unidades operativas que conforman la refinería   | 9    |
| Tabla 9-3 Productos de refinación operación actual (165 KBPD) y futura (245 KBPD)   | 15   |
| Tabla 9-4 Personal empleado en la Refinería de Cartagena  | 16   |
| <i>Tabla 9-5 Infraestructura industrial próxima a la Refinería de Cartagena</i>   | 19   |
| <i>Tabla 9-6 Eventos de emergencias vinculadas con riesgo tecnológico en Cartagena</i>  | 20   |
| <i>Tabla 9-7 Eventos de emergencias tecnológicas en el área industrial Mamonal</i>  | 20   |
| <i>Tabla 9-8 Proyectos de infraestructura e hidrocarburos en cercanía a la Refinería de Cartagena</i>   | 22   |
| Tabla 9-9 Responsables Generales del Plan   | 25   |
| Tabla 9-10 Líderes de Gestión   | 25   |
| Tabla 9-11 Líderes áreas de soporte   | 26   |
| Tabla 9-12 Marco normativo  | 27   |
| Tabla 9-13 Marco institucional  | 29   |
| Tabla 9-14 Equipos para Control de Incendios  | 30   |
| Tabla 9-15 Equipos para Control de Derrames   | 31   |
| Tabla 9-16 Consolidado áreas operativas ubicadas en áreas con amenazas alta y muy alta  | 31   |
| Tabla 9-17 Funciones y Responsables de la Preparación   | 32   |
| Tabla 9-18 Etapas y actividades de la Refinería de Cartagena  | 34   |
| Tabla 9-19 Escala de probabilidad de ocurrencia de las amenazas   | 35   |
| Tabla 9-20 Criterios para la calificación de consecuencias  | 36   |
| Tabla 9-21 Categorías para el nivel de exposición   | 37   |
| Tabla 9-22 Criterios para definir el nivel del riesgo del entorno hacia el proyecto   | 38   |
| Tabla 9-23 Definición del nivel de riesgo   | 39   |
| Tabla 9-24 Clasificación de las amenazas  | 41   |
| Tabla 9-25 Descripción de algunos grupos de invertebrados que pueden causar accidentes biológicos   | 43   |
| Tabla 9-26 Descripción de los grupos de serpientes venenosas que son consideradas amenazas biológicas   | 44   |
| Tabla 9-27 Características volcán de lodo Membrillal  | 47   |
| Tabla 9-28 Intervalos de categorías de sismicidad   | 47   |
| Tabla 9-29 Consulta catálogo sísmico Cartagena  | 49   |
| Tabla 9-30 Velocidad y dirección del viento   | 51   |
| Tabla 9-31 Eventos de Vendavales según el sistema nacional de gestión del riesgo de desastre  | 52   |
| Tabla 9-32 Registro de subidas de nivel de mar reportadas cerca al área de estudio.   | 54   |
| Tabla 9-33 Probabilidad de amenaza de tormenta eléctrica con base en el nivel cerámico  | 57   |
| Tabla 9-34 Valores de densidad de rayos en el AI  | 58   |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 9-35 Probabilidad de la amenaza según la DDT   | 58  |
| Tabla 9-36 Análisis multitemporal del área del proyecto  | 64  |
| Tabla 9-37 Categorías para amenaza por inundación  | 69  |
| Tabla 9-38 Eventos de inundaciones según el sistema nacional de gestión del riesgo de desastre                           | 70  |
| Tabla 9-39 Categoría y valores de susceptibilidad para el análisis de las variables                                      | 72  |
| Tabla 9-40 Valores de susceptibilidad por Litología  | 72  |
| Tabla 9-41 Valores de susceptibilidad por geomorfología.   | 74  |
| Tabla 9-42 Valores de susceptibilidad por Hidrogeología.   | 75  |
| Tabla 9-43 Valores de susceptibilidad por Coberturas de la tierra  | 77  |
| Tabla 9-44 Ponderación de drenajes según su tipo   | 78  |
| Tabla 9-45 Ponderación de fallas según su tipo   | 79  |
| Tabla 9-46 Valores de susceptibilidad por densidad de fallas   | 80  |
| Tabla 9-47 Valores de susceptibilidad por pendientes   | 81  |
| Tabla 9-48 Valores de susceptibilidad por procesos morfodinámicos  | 82  |
| Tabla 9-49 Intervalos para categorizar la susceptibilidad general del terreno  | 83  |
| Tabla 9-50 Áreas de susceptibilidad general del terreno a los procesos erosivos y de remoción en masa.                   | 83  |
| Tabla 9-51 Intervalos de categorías de precipitación   | 84  |
| Tabla 9-52 Categorías de amenaza relativa del terreno  | 86  |
| Tabla 9-53 Leyenda del mapa de zonificación geotécnica del área de influencia  | 86  |
| Tabla 9-54 Tipo de combustible predominante para las coberturas del área de influencia de la Refinería de Cartagena      | 88  |
| Tabla 9-55 Duración del combustible predominante para las coberturas del área de influencia de la refinería de Cartagena | 88  |
| Tabla 9-56 Carga total del combustible para las coberturas del área de influencia de la Refinería de Cartagena           | 88  |
| Tabla 9-57 Categorías por rangos de susceptibilidad  | 89  |
| Tabla 9-58 Susceptibilidad la vegetación a incendios forestales en el área de influencia                                 | 89  |
| Tabla 9-59 Grados de amenaza total por incendios forestales en el área de influencia                                     | 91  |
| Tabla 9-60 Distribución de grados de amenaza sobre áreas operativas de la Refinería                                      | 92  |
| Tabla 9-61 Reporte de eventos por incendios forestales   | 93  |
| Tabla 9-62 Distribución de los niveles de la amenaza consolidada   | 94  |
| Tabla 9-63 Calificación de la probabilidad de ocurrencia de las amenazas   | 97  |
| <b>Tabla 9-64 Componentes vulnerables expuestos</b>  | 101 |
| Tabla 9-65 Escenarios de riesgo identificados para el proyecto para las amenazas no espacializables cartográficamente    | 104 |
| Tabla 9-66 Resultados del análisis de riesgo matricial del entorno hacia el proyecto                                     | 105 |
| Tabla 9-67 Distribución del riesgo ambiental para el área de influencia del PGR  | 107 |
| Tabla 9-68 Distribución del riesgo socioeconómico para el área de influencia del PGR                                     | 107 |
| Tabla 9-69 Distribución del riesgo social para el área de influencia del PGR   | 108 |
| Tabla 9-70 Distribución del riesgo individual para el área de influencia del PGR   | 109 |
| Tabla 9-71 Infraestructura asociada al riesgo ambiental de categoría alto  | 110 |
| Tabla 9-72 Infraestructura asociada al riesgo individual de categoría alto   | 110 |
| Tabla 9-73 Eventos originados en la operación de la Refinería de Cartagena   | 112 |
| Tabla 9-74 Escenarios específicos de riesgo  | 116 |
| <b>Tabla 9-75. Escenario de riesgo tecnológico preliminar por concentración de cloro</b>                                 | 119 |
| <b>Tabla 9-76 Niveles de afectación por radiación térmica incidente</b>  | 123 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Tabla 9-77 Listado de equipos críticos con evento probable tipo dardo o chorro de fuego</i>  | 124 |
| <i>Tabla 9-78 Listado de equipos críticos con evento probable de piscina de fuego</i>   | 134 |
| <i>Tabla 9-79 Listado de equipos críticos con evento probable de llamarada</i>  | 136 |
| <i>Tabla 9-80 Niveles de afectación por explosión</i>   | 137 |
| <i>Tabla 9-81 Listado de equipos críticos con eventos probable de exposición</i>  | 138 |
| <i>Tabla 9-82 Niveles de concentración de gases tóxicos con efectos sobre la salud</i>  | 140 |
| <i>Tabla 9-83 Listado de equipos críticos con evento probable de fuga de gas tóxico</i>   | 140 |
| <i>Tabla 9-84 Distancias de afectación directa por radiación térmica en Unidades U100, U107, U146 y U143</i>                            | 143 |
| <i>Tabla 9-85 Distancias de afectación directa por radiación térmica y sobrepresión en unidades U-108/109 y U-115/116</i>               | 143 |
| <i>Tabla 9-86 Distancias de afectación directa por radiación, sobrepresión y nube tóxica unidades U-110, U-044 y U-135</i>              | 144 |
| <i>Tabla 9-87 Distancias de afectación directa por radiación y nube tóxica en estación de gas natural U-145</i>                         | 145 |
| <i>Tabla 9-88 Unidades requeridas para una producción de hasta 245 KBPD y escenarios de riesgo específicos</i>                          | 147 |
| <i>Tabla 9-89 Resultados de las áreas de afectación por radiación térmica en las unidades requeridas para una capacidad de 245 KBPD</i> | 153 |
| <i>Tabla 9-90 Resultados de las áreas de afectación por sobrepresión en las unidades requeridas para una capacidad de 245 KBPD</i>      | 153 |
| <i>Tabla 9-91 Resultados de las áreas de afectación por nube tóxica en las unidades requeridas para una capacidad de 245 KBPD</i>       | 153 |
| Tabla 9-92 valores de ICC para amenaza de contaminación   | 156 |
| Tabla 9-93 valores de ICC para amenaza de contaminación   | 157 |
| Tabla 9-94 Descripción de los rangos de aceptabilidad del riesgo para Refinería de Cartagena  | 159 |
| <i>Tabla 9-95 Medidas correctivas frente al riesgo tecnológico de la operación actual y proyectada de la Refinería</i>                  | 163 |
| <i>Tabla 9-96 Medidas correctivas frente a riesgos del medio natural y socionatural</i>   | 164 |
| <i>Tabla 9-97 Medidas prospectivas frente al riesgo tecnológico por la operación proyectada de la Refinería</i>                         | 166 |
| <i>Tabla 9-98 Medidas prospectivas frente a riesgos del medio natural y socionatural</i>  | 167 |
| <i>Tabla 9-99 Medidas prospectivas frente a riesgos antrópicos</i>  | 168 |
| <i>Tabla 9-100 Pólizas de seguro que cubren a la Refinería de Cartagena</i>   | 169 |
| Tabla 9-101 Actividades de Respuesta  | 171 |
| Tabla 9-102 Organización para la Respuesta  | 171 |
| Tabla 9-103 Roles y responsabilidades particulares  | 173 |
| Tabla 9-104 Sitios Preestablecidos  | 180 |
| Tabla 9-105 Sistemas Fijos de Protección en el Control de Derrames  | 180 |
| Tabla 9-106 Sistemas de Protección en el Control de Incendios   | 180 |
| Tabla 9-107 Código de Pitadas GRC   | 181 |
| Tabla 9-108 Categorías para la planificación de las emergencias radiológicas  | 182 |
| Tabla 9-109 Clasificación de las emergencias radiológicas   | 182 |
| Tabla 9-110 Sitios Claves para el Control del Derrame   | 195 |
| Tabla 9-111 Directorio para emergencias radiológicas  | 196 |
| Tabla 9-112 Línea de Acción General   | 198 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 9-113 Emergencias médicas   | 200 |
| Tabla 9-114 Rescate en alturas  | 201 |
| Tabla 9-115 Explosión o Incendio  | 202 |
| Tabla 9-116 Derrames  | 203 |
| Tabla 9-117 Materiales peligrosos   | 204 |
| Tabla 9-118 Gases combustibles o gases tóxicos                              | 205 |
| Tabla 9-119 Fuga de cloro. Tabla 1.31                                       | 206 |
| Tabla 9-120 Fuga de H <sub>2</sub> S  | 207 |
| Tabla 9-121 Fuga de HF  | 208 |
| Tabla 9-122 Línea de Acción por Emergencia por presunto Artefacto Explosivo | 209 |
| Tabla 9-123 Línea de Acción por Emergencia por Acto Terrorista              | 210 |
| Tabla 9-124 Conformación Equipo Evaluador de la Atención de la Emergencia   | 213 |
| Tabla 9-125 Fichas de Control   | 216 |
| Tabla 9-126 Relación de Sustancias Peligrosas                               | 217 |
| Tabla 9-127 Acciones de Coordinación Institucional <sup>4</sup>             | 219 |
| Tabla 9-128 Participantes del Acuerdo o Plan                                | 219 |
| Tabla 9-129 Acuerdos y Planes de Ayuda Mutua                                | 220 |
| Tabla 9-130 Eventos Cubiertos por el Acuerdo o Plan                         | 220 |
| Tabla 9-131 Actividades de la Etapa de Recuperación                         | 220 |
| Tabla 9-132 Personal  | 221 |
| Tabla 9-133 Entidades de Ayuda Mutua  | 222 |
| Tabla 9-134 Entidades de Ayuda Externa                                      | 222 |

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA REFINERÍA DE CARTAGENA S.A.S

### CAPÍTULO 9 PLAN DE CONTINGENCIAS

#### ÍNDICE DE FIGURAS

|  | Pág. |
|--|------|
| Figura 9-1 Localización Refinería de Cartagena S.A.S.  | 7    |
| Figura 9-2 Diagrama general de actividades aumento de capacidad de carga a 245 KBPD  | 15   |
| Figura 9-3 Zona Industrial de Mamonal según POT Cartagena  | 17   |
| <i>Figura 9-4 Localización de instalaciones industriales próximas a la Refinería</i>   | 19   |
| <i>Figura 9-5 Distribución espacial de los proyectos de infraestructura que se superponen o están próximos a la Refinería de Cartagena</i> | 22   |
| Figura 9-6 Zonas de control de elementos contaminantes en la Bahía de Cartagena.<br>Proyecto REDCAM  | 24   |
| Figura 9-7 Organigrama Refinería de Cartagena S.A.S  | 32   |
| Figura 9-8 Metodología análisis y evaluación del riesgo del entorno hacia el proyecto  | 38   |
| Figura 9-9 Estructura para el análisis de riesgo del entorno hacia el proyecto   | 39   |
| <i>Figura 9-10 Delimitación de Áreas de afectación probables</i>   | 40   |
| Figura 9-11 Zonas de seguridad y detección amenaza por picadura de serpientes  | 44   |
| Figura 9-12 Distancia volcán de lodo Membrillal  | 46   |
| Figura 9-13 Mapa de amenaza sísmica en el área de influencia   | 48   |
| Figura 9-14 Consulta catálogo sísmico Cartagena  | 49   |
| Figura 9-15 Rosa de los vientos para el periodo 1981-2010  | 50   |
| Figura 9-16 Rosa de los vientos para el periodo 2011-2018  | 51   |
| Figura 9-17 Promedio de la velocidad máxima del viento   | 52   |
| Figura 9-18 Mapa de amenazas por inundaciones debido al aumento del nivel del mar  | 56   |
| Figura 9-19 Amenaza Cerámica en el área de influencia de la refinería de Cartagena   | 57   |
| Figura 9-20 Relación espacial de las inundaciones (Fenómeno de la Niña 2010-2011) según SIAC respecto al AI                                | 61   |
| Figura 9-21 Relación espacial de la susceptibilidad a inundaciones según el SIAC respecto al AI  | 62   |
| Figura 9-22 Distribución de susceptibilidad de las áreas de inundación del área de influencia  | 67   |
| Figura 9-23 Distribución de la amenaza de inundación en el área de influencia  | 69   |
| Figura 9-24 Diagrama metodológico para obtener la zonificación geotécnica  | 71   |
| Figura 9-25 Mapa de susceptibilidad por litología  | 73   |
| Figura 9-26 Mapa de susceptibilidad por geomorfología en el área de influencia.  | 74   |
| Figura 9-27 Mapa de susceptibilidad por hidrogeología en el área de influencia   | 76   |
| Figura 9-28 Mapa de susceptibilidad por cobertura de tierra en el área de influencia   | 78   |
| Figura 9-29 Mapa de susceptibilidad por densidad de drenajes en el área de influencia  | 79   |
| Figura 9-30 Mapa de susceptibilidad por densidad de fallas área de influencia  | 80   |
| Figura 9-31 Mapa de susceptibilidad por pendientes área de influencia  | 81   |
| Figura 9-32 Mapa de susceptibilidad por procesos morfodinámicos  | 82   |
| Figura 9-33 Mapa de susceptibilidad general del terreno  | 84   |
| Figura 9-34 Mapa factor detonante por precipitación  | 85   |
| Figura 9-35 Mapa de amenaza geotécnica por remoción en masa en el área de influencia   |      |

|   |     |
|---|-----|
|   | 87  |
| Figura 9-36 Mapa de Susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales en el área de influencia                      | 90  |
| Figura 9-37 Mapa de amenaza por incendios forestales en el área de influencia   | 93  |
| Figura 9-38 Consolidado de amenazas naturales   | 95  |
| <i>Figura 9-39 Exposición ambiental del área de estudio</i>   | 98  |
| <i>Figura 9-40 Exposición socioeconómica del área de estudio</i>  | 99  |
| <i>Figura 9-41 Exposición social del área de estudio</i>  | 99  |
| <i>Figura 9-42 Exposición individual del área de estudio</i>  | 100 |
| <i>Figura 9-43 Vulnerabilidad ambiental del área de estudio</i>   | 102 |
| <i>Figura 9-44 Vulnerabilidad socioeconómica del área de estudio</i>  | 102 |
| <i>Figura 9-45 Vulnerabilidad social del área de estudio</i>  | 103 |
| Figura 9-46 Vulnerabilidad individual del área de estudio   | 103 |
| Figura 9-47 Resultado análisis de riesgo matricial  | 105 |
| Figura 9-48 Zonificación del riesgo ambiental del área de influencia del PGR  | 106 |
| Figura 9-49 Zonificación del riesgo socioeconómico del área de influencia del PGR   | 107 |
| Figura 9-50 Zonificación del riesgo social del área de influencia del PGR   | 108 |
| Figura 9-51 Zonificación del riesgo individual del área de influencia del PGR   | 109 |
| Figura 9-52 Infraestructura asociada al riesgo  | 110 |
| Figura 9-53 Estructura para el análisis de riesgo tecnológico   | 111 |
| <i>Figura 9-54 Ubicación de los equipos críticos de las unidades de proceso</i>   | 118 |
| <i>Figura 9-55 Áreas de afectación preliminares a la operación de la refinería por Cloro en la TAE I</i>                  | 119 |
| <i>Figura 9-56 Esquema del análisis preliminar, no operativo, de riesgo crítico por Cloro</i>                             | 120 |
| <i>Figura 9-57 Área de afectación del escenario de cloro en la TAE I en condiciones de operación actual TAE I KZT Cl2</i> | 121 |
| <i>Figura 9-58 Dardo o chorro de fuego – Bomba P-004</i>  | 124 |
| <i>Figura 9-59 Dardo o chorro de fuego – Fraccionamiento U-111</i>  | 125 |
| <i>Figura 9-60 Dardo o chorro de fuego – Fraccionamiento Coque T-102 en la U-111</i>                                      | 125 |
| <i>Figura 9-61 Dardo o chorro de fuego – Línea salida del D-3201</i>  | 126 |
| <i>Figura 9-62 Dardo o chorro de fuego – Bomba P-3101</i>   | 126 |
| <i>Figura 9-63 Dardo o chorro de fuego – Línea fondo torre T-3101</i>   | 127 |
| <i>Figura 9-64 Dardo o chorro de fuego – Bomba P-2607</i>   | 127 |
| <i>Figura 9-65 Dardo o chorro de fuego – Línea fondo torre T-2603</i>   | 128 |
| <i>Figura 9-66 Dardo o chorro de fuego – Línea fondo D-205</i>  | 128 |
| <i>Figura 9-67 Dardo o chorro de fuego – Bomba P-202</i>  | 129 |
| <i>Figura 9-68 Dardo o chorro de fuego – Brida R-001 en la U-110</i>  | 129 |
| <i>Figura 9-69 Dardo o chorro de fuego – Circuito T-101 en la U-110</i>   | 130 |
| <i>Figura 9-70 Dardo o chorro de fuego – Línea fondo T-201 en la U-044</i>  | 130 |
| <i>Figura 9-71 Dardo o chorro de fuego – Línea fondo T-003</i>  | 131 |
| <i>Figura 9-72 Dardo o chorro de fuego – Brida D-001</i>  | 131 |
| <i>Figura 9-73 Dardo o chorro de fuego – Línea descarga C-001</i>   | 132 |
| <i>Figura 9-74 Dardo o chorro de fuego – Línea fondo D-004</i>  | 132 |
| <i>Figura 9-75 Dardo o chorro de fuego – Sello en la P-001A</i>   | 133 |
| <i>Figura 9-76 Dardo o chorro de fuego – Línea 12" estación reguladora KZGNLU</i>   | 133 |
| <i>Figura 9-77 Dardo o chorro de fuego – Tanque TK-3519</i>   | 134 |
| <i>Figura 9-78 Piscina de fuego – Brida salida D-002</i>  | 135 |
| <i>Figura 9-79 Piscina de fuego – Tanque TK-1018</i>  | 135 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 9-80 Piscina de fuego – Tanque Exceso 1 U-143  | 136 |
| Figura 9-81 Llamarada – Línea de descarga C-001 en la U-104   | 137 |
| Figura 9-82 Explosión - Brida salida del D-002  | 138 |
| Figura 9-83 Explosión – Unidad 116 equipo F-001   | 139 |
| Figura 9-84 Fuga de gas tóxico – HF en D-30 unidad U-44   | 141 |
| Figura 9-85 Fuga de gas tóxico – HF en D-04 unidad U-44   | 141 |
| Figura 9-86 Fuga de gas tóxico – Nitrógeno brida unidad U-145   | 142 |
| Figura 9-87 Fuga de gas tóxico – Cloro TAE unidad U-135   | 142 |
| Figura 9-88 Contornos y plumas de afectación de escenarios de riesgo bajo la operación actual (165 KBPD)  | 146 |
| Figura 9-89 Localización de las unidades operativas en la producción a 245 KBPD   | 148 |
| Figura 9-90 Área afectación en Unidad Tratamiento de Aguas Agrías   | 149 |
| Figura 9-91 Área afectación por explosión en Unidad Generación Hidrógeno  | 149 |
| Figura 9-92 Área afectación fuga en Unidad de Regeneración de Amina   | 150 |
| Figura 9-93 Área afectación fuga en Unidad de Recuperación de Azufre  | 150 |
| Figura 9-94 Área afectación fuga en Unidad de Producción de Nitrógeno   | 151 |
| Figura 9-95 Área afectación chorro de fuego Torre T-2603 Unidad Reformador Catalítico   | 151 |
| Figura 9-96 Área afectación chorro de fuego fondo de tambor D-205 Unidad Hidrotratamiento de Nafta  | 152 |
| Figura 9-97 Contornos de afectación de escenarios de riesgo bajo la operación actual (165 KBPD)   | 152 |
| Figura 9-98 Figura comparativa con las áreas de afectación de los escenarios actuales y proyectados con el aumento de capacidad de carga                      | 154 |
| Figura 9-99 Riesgo tecnológico del área de estudio  | 155 |
| Figura 9-100 Mapa de amenazas por contaminación de acuíferos  | 158 |
| Figura 9-101 Diagrama de corbatín para la identificación de medidas prospectivas y correctivas en el escenario de riesgo crítico en la Refinería de Cartagena | 163 |
| Figura 9-102 Estructura Sistema Comando de Incidentes   | 173 |
| Figura 9-103 Flujograma Plan de Evacuación  | 188 |
| Figura 9-104 Personal CAPA  | 189 |
| Figura 9-105 Flujograma Atención Pre- hospitalaria  | 191 |
| Figura 9-106 Modelo de activación para emergencias médicas Refinería de Cartagena   | 192 |
| Figura 9-107 Sistema comando de incidentes por eventos radiactivos  | 197 |
| Figura 9-108 Aviso de Ocurrencia del Evento   | 211 |
| Figura 9-109 Línea de Activación Emergencia Grado Menor   | 213 |
| Figura 9-110 Línea de Activación Emergencia Grado Medio   | 214 |
| Figura 9-111 Línea de Activación Emergencia Grado Mayor   | 215 |
| Figura 9-112 Línea de Reporte de Emergencia por derrame en caños con afectación interna   | 216 |

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA  
AMBIENTAL DE LA REFINERÍA DE CARTAGENA S.A.S**

**CAPÍTULO 9 PLAN DE CONTINGENCIAS**

**ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

Fotografía 9.1 Acciones de protesta social en el área

**Pág.**  
96

## GLOSARIO

Para el presente documento se han tomado como referencia los términos que son referidos en la Guía para la Gestión de Emergencias en Ecopetrol (GHS-G-039), así como las consideradas en la Ley 1523 de 2017.

**Amenaza:** Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

**Análisis y Evaluación del Riesgo:** Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades. Se estima el valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se compara con criterios de seguridad establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención y alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación.

**Áreas Ambientales Sensibles:** Áreas altamente susceptibles al deterioro por la introducción de factores ajenos o exógenos.

**Atención de Emergencias:** es el conjunto de procedimientos, técnicas, métodos y acciones encaminadas a garantizar una respuesta rápida y eficaz para controlar una emergencia presentada, con el fin de detener o interrumpir, atenuar y minimizar los impactos y efectos negativos de un derrame sobre el entorno humano y natural y lograr el pronto retorno a la normalidad (SNGRD, Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres).

**Ayuda Mutua:** Convenio privado, voluntario, condicionado, recíproco (bilateral o multilateral) y sin fines de lucro, suscrito entre diferentes empresas y organizaciones con actividades similares, con el fin de prestarse en forma coordinada asistencia técnica o humana en caso de emergencia.

**CDGRD:** Consejo Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres. Conformado por la Ley 1523 de 2012.

**CMGRD:** Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres. Conformado por la Ley 1523 de 2012.

**COE:** Centro de Operaciones de Emergencia o sitio desde el cual los equipos/oficiales ejercen dirección y control en una emergencia o desastre.

**Consecuencia:** resultado de un evento amenazante expresado cualitativa o cuantitativamente, como por ejemplo una pérdida, una lesión, una desventaja o una ganancia (ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2004).

**Elementos Vulnerables:** Personas, medio ambiente o bienes que puedan sufrir daño como consecuencia de un incidente.

**Emergencia:** situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una compañía, causada por un evento adverso o por la inminencia del mismo, que obliga a una reacción inmediata y que puede requerir la respuesta de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general (SNGRD, Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres).

**Exposición (elementos expuestos):** Se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza.

**Gestión del riesgo:** Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entendiéndose: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

**GRC:** Gerencia Refinería de Cartagena. Ente operativo de la Vicepresidencia de Refinación y Petroquímica - VRP de ECOPETROL S.A., para la sociedad REFICAR S.A.

**Mitigación del Riesgo:** Medidas de intervención prescriptiva o correctiva dirigidas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente.

**Plan Estratégico:** Contiene la filosofía, los objetivos, el alcance del Plan, su cobertura geográfica, organización, asignación de responsabilidades y los niveles de respuesta (Ministerio del Interior, Decreto 321, 1999).

**Plan Informático:** Establece las bases de lo que este requiere en términos de manejo de información, a fin de que los planes estratégicos y operativos sean eficientes, a partir de la recopilación y actualización permanente a instancias del Comité Técnico Nacional del PNC sobre los requerimientos de información requeridos por éste (Ministerio del Interior, Decreto 321, 1999).

**Plan de Ordenamiento Territorial (POT):** es un instrumento de planificación del desarrollo local, de carácter técnico, normativo y político, sirve para ordenar los territorios municipales y distritales, reglamentado por la Ley 388 de 1997 o las normas que la complementen, modifique o sustituyan.

**Plan Operativo:** Establece los procedimientos básicos de la operación y define las bases y mecanismos de notificación, organización, funcionamiento y apoyo del PNC a los planes

locales o a la eventual activación inmediata de su estructura de nivel tres (3) (Ministerio del Interior, Decreto 321, 1999).

**Prevención del Riesgo:** Medidas y acciones de intervención restrictiva o prospectiva dispuestas con anticipación con el fin de evitar que se genere riesgo. Puede enfocarse a evitar o neutralizar la amenaza o la exposición y la vulnerabilidad ante la misma en forma definitiva para impedir que se genere nuevo riesgo. Los instrumentos esenciales de la prevención son aquellos previstos en la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental territorial, que tienen como objetivo reglamentar el uso y la ocupación del suelo de forma segura y sostenible.

**Respuesta:** Ejecución de las actividades necesarias para la atención de la emergencia como accesibilidad y transporte, telecomunicaciones, evaluación de daños y análisis de necesidades, salud y saneamiento básico, búsqueda y rescate, extinción de incendios y manejo de materiales peligrosos, albergues y alimentación, servicios públicos, seguridad y convivencia, aspectos financieros y legales, información pública y el manejo general de la respuesta, entre otros. La efectividad de la respuesta depende de la calidad de preparación.

**Riesgo de desastres:** Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad.

**Sistema de Comando de Incidentes (SCI):** Es un modelo de manejo de emergencias que adopta una estructura de organización flexible, expandible y reducible, que proporciona un marco de referencia estandarizado en el cual todos pueden intervenir de manera efectiva, sin limitaciones derivadas de sus respectivas jurisdicciones.

**SNGRD:** Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.

**Sitio Clave:** Localización geográfica que hace referencia a un sitio que cumple una función específica en las actividades de preparación y respuesta a emergencias.

**Vulnerabilidad:** Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.

**CCN:** Coordinación de prevención y control de emergencias de la refinería de Cartagena.

**PCQ:** Departamento operativo craqueo catalítico de la refinería de Cartagena.

**PHD:** Departamento operativo de Hidrotratamiento de diésel de la refinería de Cartagena.

**PHA:** Departamento operativo de hidrocraqueo de la refinería de Cartagena.



**PDA:** Departamento operativo de alquiler de la refinería de Cartagena

**PFO:** Departamento operativo refinación de fondos de la refinería de Cartagena.

**PDC:** Departamento operativo destilación de crudos de la refinería de Cartagena.

**PNI:** Departamento de servicios industriales de la refinería de Cartagena.

**PMU:** Departamento de materias primas y productos de la refinería de Cartagena.

**PRS:** departamento de gestión integral de riesgos operacionales de la refinería de Cartagena.

**CBT:** Coordinación de tratamientos ambientales de la refinería de Cartagena.

**COE:** Coordinación de Operaciones externas

**SCI:** Sistema Comando de Incidentes (SCI). Modelo internacional establecido por la FEMA (Federal Emergency Management Agency de USA) para el manejo de emergencias. El sistema contiene una estructura de organización flexible, expandible y reducible, que proporciona un marco de referencia estandarizado en el cual se logra la intervención de múltiples instituciones y

**SNGRD:** Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres

Si se requiere aclarar algún término adicional, remítase a la Guía para la gestión de emergencias en Ecopetrol (GHS-G-039).

## 9 PLAN DE CONTINGENCIAS

El presente Plan de Contingencia fue desarrollado para la modificación de la Licencia Ambiental de Refinería de Cartagena S.A.S. y adopta los lineamientos establecidos en el Capítulo 9 de los Términos de Referencia “Construcción y operación de refinerías y desarrollos petroquímicos que formen parte de un complejo de refinación HI-TER-1-07” y los ítems generales del Decreto 2157 de 2017 frente al Conocimiento del Riesgo (Anexo 9.5 Legislación).

Las estructuras de respuesta planteadas en el presente documento se desarrollaron con base en los roles y responsabilidades establecidas en el esquema del Sistema Comando de Incidentes de la Refinería de Cartagena, de igual manera se sugieren procedimientos de acción básicos para afrontar situaciones de emergencia con el fin de evitar al máximo pérdidas humanas, daño ambiental o pérdidas económicas debido a contingencias manifestadas en el área de influencia del proyecto.

Es importante reiterar que toda acción y procedimiento deben ser ajustados, actualizados y socializados anualmente con el personal de la Refinería y reportados a la Autoridad Ambiental vía informes de cumplimiento ambiental con el fin de determinar: 1. si la estructura organizacional planteada se ajusta al personal o si se deben reasignar roles y responsabilidades y 2. Verificar si se presentaron variaciones en la identificación de amenazas y su correspondiente análisis de riesgo.

Para el presente documento se incluyen los ajustes y complementos para dar alcance a los Requerimientos 8 a 13 sobre el Plan de Contingencias, solicitados en la Información Adicional para el trámite de Modificación de Licencia Ambiental para el proyecto Refinería de Cartagena, iniciado mediante Auto 0063 del 10 de enero de 2020. En la Tabla 9-1 se relacionan los requerimientos y los numerales del documento donde se presenta la respuesta a estos.

**Tabla 9-1 Requerimientos de la solicitud de información adicional frente al Plan de Contingencias y ubicación de ajustes en el documento**

| <b>Requerimiento</b>   | <b>Observación del requerimiento</b>   | <b>Referencia del ajuste en el documento</b>  |
|------------------------|--|---|
| <b>Requerimiento 8</b> | <u>Aclarar a esta Autoridad Nacional los resultados de la determinación de las áreas de afectación correspondiente a las concentraciones de 20, 3 y 1 PPM de Cloro, que se representaron cartográficamente en la figura 9.52 Riesgo tecnológico ambiental del área de estudio presentados en el Capítulo 9 Plan de Contingencia.</u> | <u>En el numeral 9.1.2.3.1. Amenazas de origen interno, en el apartado denominado Modelamiento Phast – Áreas de Afectación, se adiciona aclaración de la modelación de las áreas de afectación por concentración de cloro, aclarando que corresponden a un preliminar a la etapa operativa del proceso de refinación.</u> |
| <b>Requerimiento 9</b> | <u>Actualizar la identificación de elementos expuestos, teniendo en cuenta la determinación definitiva de las áreas de afectación por cada escenario de riesgo, dando cumplimiento al literal c4. del numeral 1.2.1 del artículo 2.3.1.5.2. 1.1 del Decreto 2157 de 2017</u>   | <u>Se desarrolla la actualización de los elementos expuestos en el numeral 9.1.1.5. Criterios de riesgo, en el apartado Identificación, caracterización y análisis y evaluación de la vulnerabilidad de los elementos expuestos.</u>  |

| <b>Requerimiento</b>    | <b>Observación del requerimiento</b>   | <b>Referencia del ajuste en el documento</b>   |
|-------------------------|--|--|
| <b>Requerimiento 10</b> | <i>Presentar los resultados de los análisis específicos de riesgo para los escenarios identificados como más críticos incluidos en la Tabla 9-69 del Capítulo 9 Plan de Contingencia, como cumplimiento al numeral 9.1 de los Términos de Referencia HI-TER-1-07 y al numeral 1.2.2 del Artículo 2.3.1.5.2.1.1. del Decreto 2157 de 2017.</i>        | <i>Adicional a la aclaración del escenario de cloro, se presentan en el numeral 9.1.2.3.1. Amenazas de origen interno, en el apartado denominado Modelamiento Phast – Áreas de Afectación, los resultados numéricos y cartográficos de cada uno de los escenarios de los equipos críticos presentados en la tabla 9-73, a partir de la página 123.</i>   |
| <b>Requerimiento 11</b> | <i>Realizar un análisis de riesgo comparativo, representado cartográficamente, que permita a esta Autoridad determinar si se presentan cambios en la valoración del riesgo al incrementar la capacidad de refinación de 165 KBPD a 245 KBPD, dando cumplimiento al literal a, numeral 1.2.3 del Artículo 2.3.1.5.2.1.1 del Decreto 2157 de 2017.</i> | <i>Se adiciona el apartado Riesgo tecnológico con aumento de capacidad de refinación, página 132, que hace parte del numeral 9.1.2.3.1 Amenazas de origen interno (endógenas). En este se presentan las unidades que serán adicionadas para alcanzar paulatinamente la capacidad de carga a 245 KBPD y se compara los escenarios actuales y proyectados.</i>   |
| <b>Requerimiento 12</b> | <i>Identificar dentro del análisis de vulnerabilidad los escenarios de riesgo concatenados que puedan originar nuevas amenazas o efecto dominó como lo establece el literal c del numeral 1.1.2 en el artículo 2.3.1.5.2.1.1 del Decreto 2157 del 20 de diciembre de 2017.</i>   | <i>Se adiciona descripción de riesgos y de instalaciones en el contexto externo, área de Mamonal, que pueden originar un efecto dominó, como parte del numeral 9.1.2.3.1.</i>  |
| <b>Requerimiento 13</b> | <i>Actualizar las medidas de reducción y de manejo acorde con el aumento de capacidad de refinación y en concordancia con las medidas de manejo ambiental establecidas en el Estudio de Impacto Ambiental.</i>   | <i>En el numeral 9.2. Proceso de Reducción del Riesgo, se adiciona el análisis por método de Bow-Tie para la identificación de barreras reactivas y preventivas frente al riesgo del escenario más crítico. Se actualizan las medidas correctivas y prospectivas en los apartados 9.2.1. y 9.2.2. Se complementa el numeral con el apartado 9.2.3. Transferencia del riesgo, donde se expone el aseguramiento adquirido por la Refinería de Cartagena.</i> |

*Fuente: Concol by WSP, 2020*

## 9.1 CONOCIMIENTO DEL RIESGO

El numeral de conocimiento del riesgo pretende establecer la base conceptual para analizar y desarrollar los procesos de reducción de los riesgos asociados a la operación de Refinería de Cartagena y dentro de ésta, de las actividades objeto de modificación de licencia, así como para fundamentar el manejo de posibles desastres.

### 9.1.1 Establecimiento del Contexto

#### 9.1.1.1 Información general de la actividad

##### 9.1.1.1.1 Descripción general de la Empresa

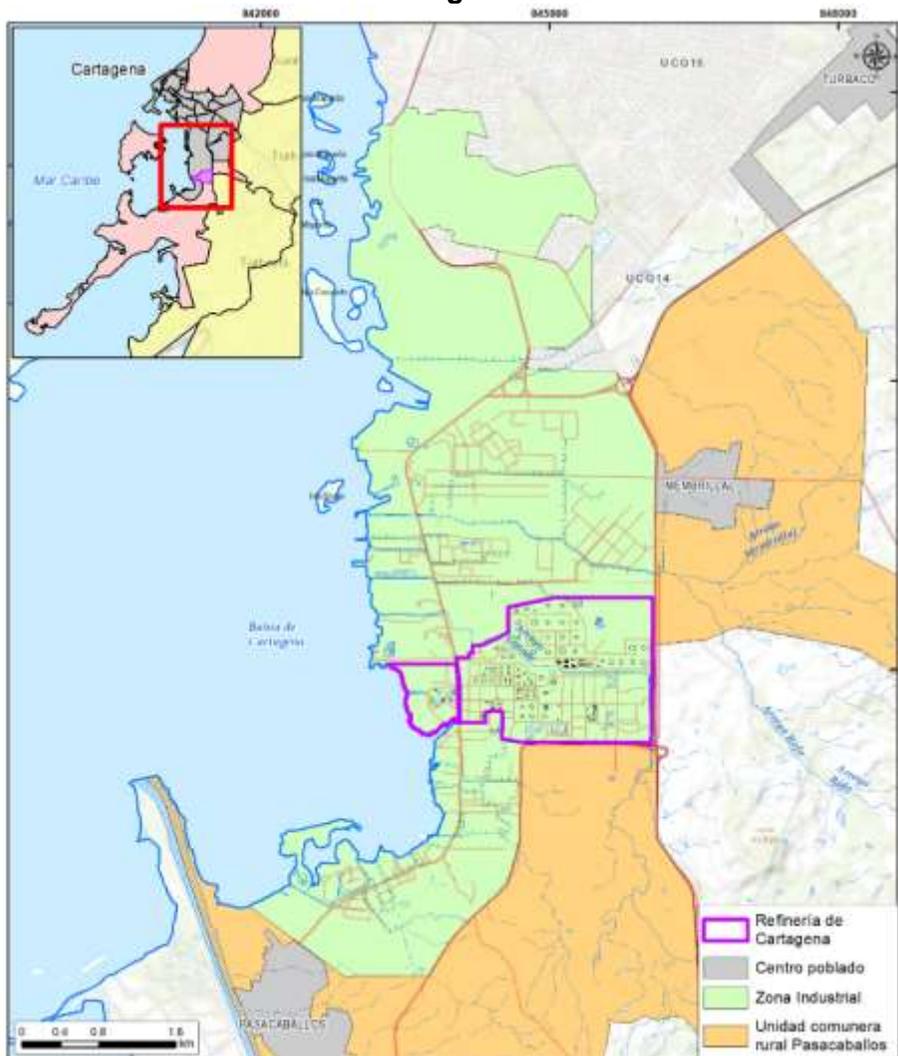
La Refinería de Cartagena S.A.S con NIT 900112515-7, es un complejo industrial de última

tecnología destinada a refinar crudo de petróleo con el fin de obtener combustibles, gases y productos industriales para consumo tanto nacional como internacional.

#### 9.1.1.1.2 Localización

Se localiza en la Zona Industrial de Mamonal perteneciente a la Localidad III – Industrial y de la Bahía, del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias en el departamento de Bolívar (Ver Figura 9-1).

**Figura 9-1 Localización Refinería de Cartagena S.A.S.**



Fuente: Decreto 0977 de 2001 modificado por el acuerdo 033 de 2007.

#### 9.1.1.1.3 Vías de acceso

Las vías más utilizadas para llegar a la Refinería de Cartagena son:

- i. **La carretera a Mamonal – vía Pasacaballos:** es una vía de 14 Km de longitud, por donde circula el transporte de carga, público y privado proveniente de Cartagena, de la Sociedad Portuaria y de las actividades propias de la Zona Industrial Mamonal. Esta vía parte en Cartagena de la Diagonal 22 y termina en el corregimiento Pasacaballos, sobre el Canal del Dique.
- ii. **Variable Mamonal - Gambote:** es una vía alterna, recientemente ampliada a doble calzada, diseñada fundamentalmente para el tráfico de vehículos pesados, por ella circula el transporte de carga procedente del sur, principalmente desde Antioquia, Sucre, Córdoba y por el norte principalmente desde Barranquilla y permite la movilización de carga entre la Zona Industrial Mamonal y el interior del país.

#### 9.1.1.1.4 Actividad principal y complementaria

La operación actual de la Refinería de Cartagena con la incorporación total del proyecto de modernización dio inicio el 19 de agosto de 2016, fecha que es posterior a la radicación del oficio con radicado externo 2016050417-1-000, en el que se le informó a la ANLA que la Refinería contaba con su estructura completa, motivo por el cual se dio por finalizada la etapa de construcción, pre-comisionamiento, comisionamiento y se inició la etapa de operación.

La Refinería de Cartagena procesa los crudos livianos y pesados provenientes de los diferentes campos de producción ubicados en los Llanos Orientales y Magdalena Medio los cuales recorren más de 970 Km por los oleoductos Bicentenario, Caño Limón Coveñas y Colombia, llegando hasta la terminal de Coveñas donde son transportados por un oleoducto de 116 Km hasta la planta de la refinería de Cartagena

De igual forma, cerca de una tercera parte de la carga de la refinería puede ser de crudos importados, los cuales llegan al Terminal Marítimo Néstor Pineda (terminal que no hace parte de los activos de la refinería) y posteriormente son mezclados con los crudos nacionales en proporciones predeterminadas para ser refinados.

La producción de la refinería con carga nominal completa es de KBPD y el 97% de la carga es convertida en productos valiosos, para ello cuenta con 34 unidades de proceso.

En la Tabla 9-2, se presentan las áreas de servicios y las 34 unidades operativas que conforman la configuración actual de la refinería

**Tabla 9-2 Áreas de servicios y unidades operativas que conforman la refinería**

| Área o departamento              | Unidades que lo conforman   | Funciones del área   |
|----------------------------------|---|--|
| <p><b>Áreas de servicios</b></p> | <p><b>1. Edificio Administrativo Ecopetrol primer piso</b><br/>Incluye las oficinas y zonas comunes actualmente utilizadas por personal de la Regional de talento humano, Regional Jurídico Caribe, Reficar, Vicepresidencia de Servicio y mercadeo, Dirección de Servicios Compartidos, personal de Corpecol, Fonrecar, Coopetrol, Gerencia de Tecnología, salones Getsemaní, salas de reuniones, jardines, banco de Bogotá, parqueadero y áreas externas.</p> <p><b>2. Edificio Administrativo Ecopetrol segundo piso.</b><br/>Incluye las oficinas y zonas comunes ocupadas actualmente por personal del departamento y respectivas coordinaciones de Planeación y Programación de la Producción- PPP, Gerencia Zona Franca Reficar, Reficar, Gerencia General, Gerencia Mantenimiento, Gerencia Producción y Gerencia Técnica.</p> <p><b>3. Edificio de servicios en la entrada puerta detectores</b> donde se ubica zona franca, Cambiaderos, Cavipetrol, seguridad física y el banco.</p> <p><b>4. Cafetería temporal de Ecopetrol,</b> nueva cafetería frente al edificio administrativo, cafeterías de campamento No 1 y sus respectivas áreas externas.</p> <p><b>5. Parqueaderos internos y externos</b><br/>Parqueadero Loza Puerta 3 Reficar, parqueadero contratistas (Junto a la base militar), parqueadero puerta recepción, parqueadero entrada TNP, parqueadero entrada contratistas puerta sur, parqueadero puerta detectores ECP, parqueadero ecológico frente a la gerencia, parqueadero edificio administrativo frente al laboratorio, parqueadero entrada principal, parqueadero antiguo entrada azufre, Parqueadero interno Edificio Plan Maestro, Parqueadero Bodega, Parqueadero Edificio Pivote, parqueadero jefe de turno, parqueadero edificio mantenimiento.</p> <p><b>6. Campamento No 2</b> con los edificios y contenedores allí ubicados, campamento ciudadela 2000 fase 1 y fase II.</p> <p><b>7. Área de torniquetes 1, 2 y 3</b> con los edificios de correspondencia, ingeniería, seguridad física, contenedores de baños, paradero, jardinerías y estructura de ingresos.</p> <p><b>8. El campamento No 1</b> continúa en custodia temporal de Servicios compartidos hasta que el personal sea trasladado al campamento No 2.</p> <p><b>9. Campamento de la UVAE ubicado en el área 191</b> frente al laydown de la planta de alquilación.</p> <p><b>10 Edificios de Cambiaderos 1, 2 y 3</b> entrada torniquetes para contratistas en la vía Mamonal-pasacaballos.</p> <p><b>11. Campamento de contratistas junto al batallón</b> y las áreas verdes alrededor de este.</p> <p><b>12. Área externa muelle giro dársenas</b></p> <p><b>13. Edificios área técnica</b> (QAQC, TECHNICAL ADVISOR, PAP)</p> <p><b>14. Campamento de Herramientas de contratistas</b></p> <p><b>15. Coordinación de Riesgos Operacionales (Edificio Pivote)</b></p> <p><b>16. Recepción:</b> Hacen parte Puertas de Ingreso (Portería principal, ingreso TNP, Ingreso CBT, Ingreso Contratistas) Portería Principal - Área Detectores, Garitas de vigilancia.</p> <p><b>17. Edificio Confiabilidad - áreas externas - Salones</b></p> | <p>Prestar servicios al personal técnico y operativo de la Refinería de Cartagena.</p> |

| Área o departamento                       | Unidades que lo conforman   | Funciones del área   |
|---|---|--|
|   | <p>18. Bodega Central/Oficinas PPS</p> <p>19. Edificio Departamento de Mantenimiento Proactivo y exterior</p> <p>20. Aula móvil, edificio antiguo Plan Maestro y exterior</p> <p>21. Centros de Cableado (Edificios: Bunker, confiabilidad, Materias Primas, Planta Eléctrica En plantas actuales)</p> <p>22. Antena / Torre de telecomunicaciones</p> <p>23. Edificio de salud y áreas comunes</p> <p>24. Informática (DTI)</p> <p>25. Cuarto de control 1</p> <p>26. Cuarto de control 2</p> <p>27. Cuarto de control 3</p> <p>28. Cuarto de control 4</p> <p>29. Cuarto de control 5</p> <p>30. Coordinación de Optimización Refinería</p> <p>31. Centro de Control Refinería</p> <p>32. Cuarto de comunicaciones.</p> |  |
| Áreas auxiliares                          | <p>i. Talleres de Mantenimiento</p> <p>ii. Laboratorio</p>  | Apoyo directo a la operación en cuanto servicios y control de calidad en materias primas y productos, principalmente, de los diferentes procesos   |
| Departamento de Destilación de Crudos PDC | <p>U-100: Unidad de Destilación Combinada, Atmosférico y Vacío</p> <p>U-001: Unidad de Destilación Combinada, Atmosférico y Vacío</p>   | Tiene como objetivo fraccionar el crudo (previamente tratado y calentado en hornos) por medio de dos columnas de destilación: atmosférica y vacío, las cuales funcionan de acuerdo con diferencias en el punto de ebullición. De la primera se extraen fracciones de gas, nafta virgen, Jet A1, diésel pesado de bajo azufre (HDLSL), diésel liviano de bajo azufre (LDLSL) y gasóleo atmosférico (GOA). De la destilación al vacío se obtienen fracciones de diésel de vacío, Gasóleo Medio de vacío (MVGO), Gasóleo Pesado de vacío (HVGO), y Fondos de Vacío (Brea Virgen). |
| Departamento de refinación de fondos PFO  | <p>U-111: Unidad de Coquización Retardada</p> <p>U-113: Unidad de manejo de Sólidos de Coque</p>  | <p>La Unidad de Coquización Retardada (U111) recibe el residuo de vacío de la Unidad de Destilación de Crudos U-100, y por medio de un proceso de desintegración térmica, por medio del cual se rompen las moléculas grandes en otras más pequeñas generando coque de petróleo y otros productos líquidos y gaseosos.</p> <p>Es una Unidad auxiliar de la U-111 encargada del almacenamiento, cargue y transporte hasta el Puerto de Exportación, del coque sólido generado en la Unidad de Coquización Retardada.</p>   |

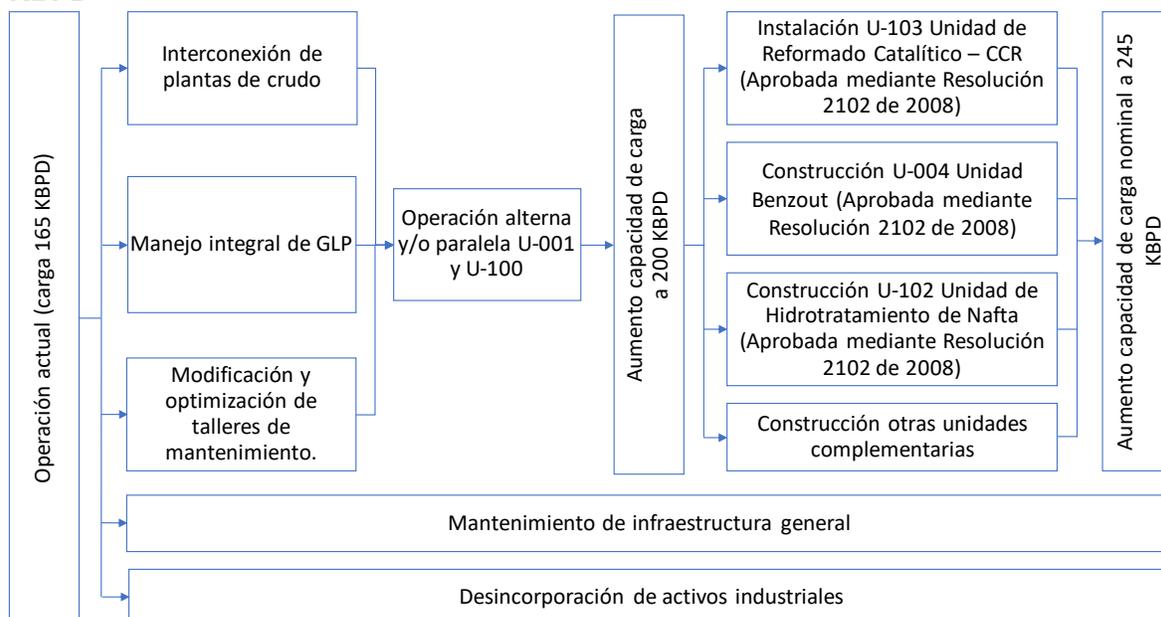
| Área o departamento                           | Unidades que lo conforman  | Funciones del área  |
|---|--|---|
| <b>Departamento de Craqueo Catalítico PCQ</b> | U-002: Unidad de Craqueo Catalítico  | <p>En la unidad de Craqueo Catalítico (U-002) se procesa una carga de gasóleos y de Nafta de Coque para convertirlos en compuestos de hidrocarburos más simples por medio del uso de calor extremo, presión y exposición a químicos catalíticos, mediante un lecho fluidizado, produciendo de esta forma gasolinas de alto octanaje, aceites combustibles livianos y gases ricos en olefinas.</p> <p>La U-002 cuenta con sistemas auxiliares de tratamiento como la sección de tratamiento de GLP – Merox, cuyo objetivo principal es reducir el contenido de azufre presente como mercaptanos del GLP proveniente de la U-002 y una sección de regeneración de amina cuyo objetivo principal es tratar la amina proveniente de la sección de tratamiento de GLP - Merox y corriente proveniente de la unidad de Coquización Retardada U-111.</p> |
|   | U-107: Unidad de Hidrotratamiento de naftas de cracking.                                       | <p>El propósito de esta unidad es hidrotrotratar la nafta producida en la Unidad de Cracking (U-002) para reducir su contenido de azufre, minimizando las pérdidas de octanaje. Esta unidad se encarga de procesar nafta liviana y nafta pesada tratadas para producir gasolinas de bajo contenido de azufre (máx. 50 ppm).</p>   |
|   | U-037: Unidad de tratamiento de aguas agrias<br>U-300: Unidad de Tratamiento de Sodas gastadas | <p>La unidad de Aguas Agrias U-037 tienen como objetivo el retiro por medio de despojo con vapor del H<sub>2</sub>S y NH<sub>3</sub> de las corrientes de aguas agrias provenientes de la U-002, U-111, U-100, U-107 y U-146. La Unidad de Sodas Gastadas U-300 tiene el propósito de tratar y neutralizar las sodas gastadas provenientes de las unidades U-100, U-002 y U-111.</p>  |
| <b>Departamento de Hidrocraqueo PHA</b>       | U-110: Unidad de Hidrocraqueo  | <p>La Unidad de Hidrocraqueo emplea las reacciones de hidrotrotramiento y de hidrocraqueo y consta de dos reactores diseñados con el fin de maximizar la conversión para la producción de destilados medios. Recibe como carga Gasóleo Medio de Vacío (MVGO) de la U-100, Aceite Liviano de Ciclo (ALC) de la U-002 y el Gasóleo de Coque Pesado (HCGO) de la U-111, para producir:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>i. GLP</li> <li>ii. Nafta Liviana</li> <li>iii. Nafta Pesada</li> <li>iv. Kero/Jet Fuel</li> <li>v. Diésel de Exportación</li> <li>vi. UCO (Unconvertible Oil - Aceite no convertido)</li> </ol> <p>En la segunda etapa de reacción se retorna el UCO para maximizar la producción de los destilados medios como son Diesel de Ultra bajo azufre (ULSD).</p>   |
|   | U-104: Unidad de Recuperación de Hidrógeno   | <p>En la unidad de recuperación de hidrógeno (Pressure Swing Absortion – PSA U-104) se aprovechan los gases residuales de refinería con el objetivo de recuperar hidrógeno de alta pureza y un gas de purga con bajo contenido de hidrógeno para exportar a la red de gas combustible de la Refinería.</p>  |

| Área o departamento                  | Unidades que lo conforman  | Funciones del área   |
|--------------------------------------|--|--|
|                                      | U-101: Unidad de Gas Saturado.   | La Unidad de Gas Saturado reúne los gases de salida de varias unidades de proceso, ricos en hidrocarburos, recobra y trata productos de alto valor y produce un gas combustible ácido limpio que es utilizado en las unidades de la refinería. También aporta la carga de isobutano para el proceso de alquilación con ácido fluorhídrico (HF).  |
|                                      | U-133: Unidad de Gas Combustible.  | En la unidad de gas combustible se llevan a cabo dos procesos, un proceso de absorción de gases contaminantes con amina como medio absorbente en la torre absorbedora de amina y un proceso de mezclado de gas dulce proveniente de las unidades de proceso y gas natural proveniente de promigas. Para ser enviado a las diferentes unidades de proceso que lo consumen como gas combustible.   |
|                                      | U-106: Unidad de isomerización de butano.  | La Unidad de Isomerización de Butano es una tecnología de C <sub>4</sub> - isomerización que convierte n-butano a iso-butano, el cual conforma la corriente de carga a la unidad de alquilación. La refinería no produce suficiente iso-butano de las unidades de conversión para satisfacer la demanda de alquilación.  |
| Departamento de Alquilación PDA      | U-044: Unidad de Alquilación HF y TAE.   | La unidad de alquilación con ácido fluorhídrico (HF) producirá alquilato (C <sub>8</sub> S) por reacción de isobutano con butilenos mixtos después de tratamiento previo de la secuencia de butileno en el proceso de hidrogenación selectiva (SHP). El producto alquilato se mezcla en el pool de gasolina de la refinería.<br>La unidad también incorpora tecnología de Alkad de UOP para reducir la formación de aerosoles en el caso de un escape de HF. |
| Departamento de Hidrotratamiento PHD | U-108: Unidad de Hidrotratamiento de Diésel I<br>U-109: Unidad de Hidrotratamiento de Diésel II    | Estas unidades cargan el diésel proveniente de la unidad U-100, Aceite Liviano de Ciclo (ALC) proveniente de la U-002, nafta/gasóleo liviano/Aceite de Disulfuro (DSO) proveniente de la U-111 y diésel proveniente de almacenamiento U-146 para producir diésel de ultra bajo azufre (ULSD) por medio de reacciones de desulfurización, denitrificación, saturación de olefinas y aromáticos.   |
|                                      | U-115: Generación de hidrógeno 1<br>U-116: Generación de hidrógeno 2                               | El propósito de estas unidades es producir hidrógeno de alta pureza a varias unidades que lo consumen: Unidad de Hidrocraqueo, Unidades de Hidrotratamiento de Diésel, Unidad de Hidrotratamiento de Nafta y Unidad de Isomerización de Butano. Este hidrógeno de alta pureza se produce utilizando como carga gas natural y vapor de agua, mediante un proceso de hidrotratamiento y desulfurización principalmente   |
|                                      | U-120: Regeneración de amina 1<br>U-121: Regeneración de amina 2                                   | Estas unidades separan corrientes de hidrocarburos de la solución de Metildietanolamina (MDEA) y regenera el solvente que contiene ácido sulfhídrico (H <sub>2</sub> S) y dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ). El despojo de amina se realiza mediante la aplicación de calor y baja presión para la liberación del H <sub>2</sub> S y CO <sub>2</sub> los cuales se envían hacia las unidades de azufre.  |
|                                      | U-123: Recuperadora de azufre 1 / Gas de cola 1<br>U-124: Recuperadora de azufre 2 / Gas de cola 2 | En el Bloque de Azufre se produce azufre líquido principalmente. El azufre líquido se obtiene mediante un proceso de combustión y reacción catalítica. Estas unidades reciben ácido sulfhídrico (H <sub>2</sub> S) de las unidades U120/121 y se oxida para formar dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) y agua (H <sub>2</sub> O). El dióxido de azufre posteriormente reacciona con el sulfuro de   |

| Área o departamento                        | Unidades que lo conforman   | Funciones del área  |
|--|---|---|
|  |   | hidrógeno para formar azufre elemental y vapor de agua (SWSG).  |
|  | U-127: Tratamiento de aguas agrias (No fenólicas)   | El propósito de la Unidad Despojadora de Aguas Agrias (U-127) es retirar la mayor parte del H <sub>2</sub> S y NH <sub>3</sub> de la corriente de aguas agrias para hacer que el agua quede apta para su reutilización como agua de lavado.   |
| Departamento de Servicios Industriales PNI | U-128: Sistema de suministro de soda fresca.  | El sistema de suministro y preparación de soda cáustica tiene como objetivo enviar soda caustica al 50% de concentración a los intercambiadores Aniónicos en su proceso de regeneración de la resina. También se emplea en una concentración menor al 20% en unidades de proceso.   |
|  | U-130: Unidad de Generación de Vapor, Energía y Auxiliares.   | Esta unidad produce los servicios que la refinería requiere para las unidades de proceso tales como: agua, vapor, electricidad, aire y gas combustible. En los cuatro primeros, el distrito se autoabastece y en el último, se complementa con la compra de gas natural.  |
|  | U-131: Unidad de tratamiento de agua Cruda.   | El objetivo de esta sección es producir agua clarificada, filtrada, agua recuperada de tratamientos de lodos, y agua filtrada de reposición a las unidades de enfriamiento. Dentro de la unidad U-131, se cuenta con una sección de desmineralización y recuperación de condensado, cuyo objetivo es producir agua desmineralizada en calidad para alimentación a calderas, las cuales se emplean en la producción de vapor de la U-130. Y la recuperación de condensados consiste en aprovechar los condensados provenientes de la U-130 y diferentes unidades de proceso de la Refinería. De tal manera que se envían a la corriente de agua desmineralizada. |
|  | U-134: Unidad de sistema de generación de aire.   | Esta unidad se encarga de producir aire Industrial y aire de Instrumentos para ser distribuido a las diferentes unidades de proceso y demás usuarios de la Refinería de Cartagena. El aire se controla y se distribuye por dos sistemas independientes que son alimentados por dos compresores normalmente uno se mantiene en servicio y otro que permanece en stand-by de la operación.  |
|  | U-135: Sistema de agua de enfriamiento III (TAE III).<br>U-136: Sistema de agua de enfriamiento IV (TAE IV) | El objetivo de esta sección es enfriar el agua que ha realizado un intercambio de calor con las corrientes de proceso de varias unidades en la Refinería.<br>El sistema presta servicio a las siguientes unidades de proceso:<br>U-100, U-104, U-108/109, U-110, U-111, U-115/116, U-120, U-121, U-123/124, U-127, U-101, U-106, U-130 y U-134.   |
|  | U-031: Unidad de servicios Industriales original  | La Unidad de servicios industriales U-031 tiene como objetivo principal suplir necesidades de la refinería de agua filtrada, agua desmineralizada y agua de enfriamiento para torres enfriadoras TAE 1 Y TAE 2, a partir del tratamiento del agua cruda. A su vez cumple función de respaldo para la filosofía de apagado seguro en caso de un GPF (Global Power Failure) de la refinería.  |
|  | U-148: Sistema de agua potable industrial   | En el proceso de potabilización se utiliza hipoclorito de sodio para alcanzar los requerimientos del agua potable. En la mayoría de los tratamientos de purificación del agua para consumo humano, se usa la clorinación sobre el punto de quiebre o "breakpoint", de acuerdo con la curva de demanda de cloro en un agua dada.   |



**Figura 9-2 Diagrama general de actividades aumento de capacidad de carga a 245 KBPD**



Fuente: Concol by WSP, 2019

### 9.1.1.1.5 Sustancias químicas

Entre los combustibles generados en la Refinería de Cartagena se incluyen: Gasolina Corriente, Gasolina Extra, Gasolina RON 92, Diesel de Ultra Bajo Azufre o ULS, Diesel B2, Diesel marino, Jet A-1, Fuel Oil No. 6 y Nafta virgen.

Los productos que se obtienen actualmente de la refinación y los considerados en la operación a 245 KBPD se muestran a continuación en la Tabla 9-3.

**Tabla 9-3 Productos de refinación operación actual (165 KBPD) y futura (245 KBPD)**

| Producto    | 165 KBPD |          | 245 KBPD |          |
|-------------|----------|----------|----------|----------|
|             | KBDC     | KTon/día | KBDC     | KTon/día |
| GAS, MMPCSD | 33,8     | 0,81     | 55,3     | 1,04     |
| LPG/ C3=    | 5,5      | 0,45     | 8,6      | 0,77     |
| NAFTA       | 12,6     | 1,44     | 0,0      | 0,00     |
| Gasolinas   | 36,8     | 4,23     | 0,0      | 0,00     |
| JET         | 10,2     | 1,33     | 70,5     | 8,23     |
| Diesel      | 94,0     | 12,75    | 18,2     | 2,33     |
| Slurry      | 1,1      | 0,19     | 118,3    | 16,10    |
| Fuel oil    | 1,4      | 0,24     | 1,1      | 0,19     |
| Coke        | -        | 2,59     | 0,43     | 0,06     |
| Azufre      | -        | 0,19     | 18,3     | 2,92     |
| FCC Coke    | -        | 0,18     | -        | 3,44     |

| Producto | 165 KBPD |          | 245 KBPD |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|
|          | KBDC     | KTon/día | KBDC     | KTon/día |
| Total    | 161,61   | 24,39    | -        | 0,21     |

Fuente: Refinería de Cartagena S.A.S, 2019

#### 9.1.1.1.6 Horario de funcionamiento y población expuesta

Para personal operativo se realizan turnos de doce horas por día en los que se agrupan 90 personas por turno con rotación de dos turnos trabajados y dos turnos descansados, repitiendo la secuencia de domingo a domingo; para el personal de oficina el horario es de 7:00 am a 4:00 pm de lunes a viernes,

La Refinería cuenta con 1065 empleados de planta o nómina en diferentes cargos u oficios (Datos el área de HSE, 2018), los cuales para efectos de este capítulo son agrupados en cuatro (4) grupos: Alta gerencia, gerencia media, profesional de soporte y operativos.

**Tabla 9-4 Personal empleado en la Refinería de Cartagena**

| TIPO DE CONTRATACIÓN  | CARGO                  | NÚMERO TOTAL DE EMPLEADOS |
|---|------------------------|---------------------------|
| Empleados de planta o Nómina Refinería de Cartagena S.A.S – Ecopetrol S. A. | Alta gerencia          | 6                         |
|   | Gerencia media         | 46                        |
|   | Profesional de soporte | 441                       |
|   | Operativo              | 572                       |

Fuente: Información de área HSE Refinería de Cartagena, 2018.

#### 9.1.1.2 **Contexto externo**

##### 9.1.1.2.1 Elementos expuestos en torno a la actividad adicional de Refinería de Cartagena

En el numeral 9.1.1.5 en el ítem dedicado a la Identificación caracterización, análisis y evaluación de la vulnerabilidad de elementos expuestos, se presenta los resultados de la evaluación cualitativa y espacial de los elementos expuestos en el área de influencia del proyecto clasificados por categoría o componente.

Se destaca la presencia de áreas expuestas en el componente ambiental por presencia de cobertura natural propia de zonas litorales, del componente individual por presencia de personal que se desempeña y labora en las instalaciones e infraestructura de la refinería; del componente socioeconómico en esencia por la actividad industrial del sector de Mamonal, y del componente social que no cuenta con asentamientos inmediatos a la refinería.

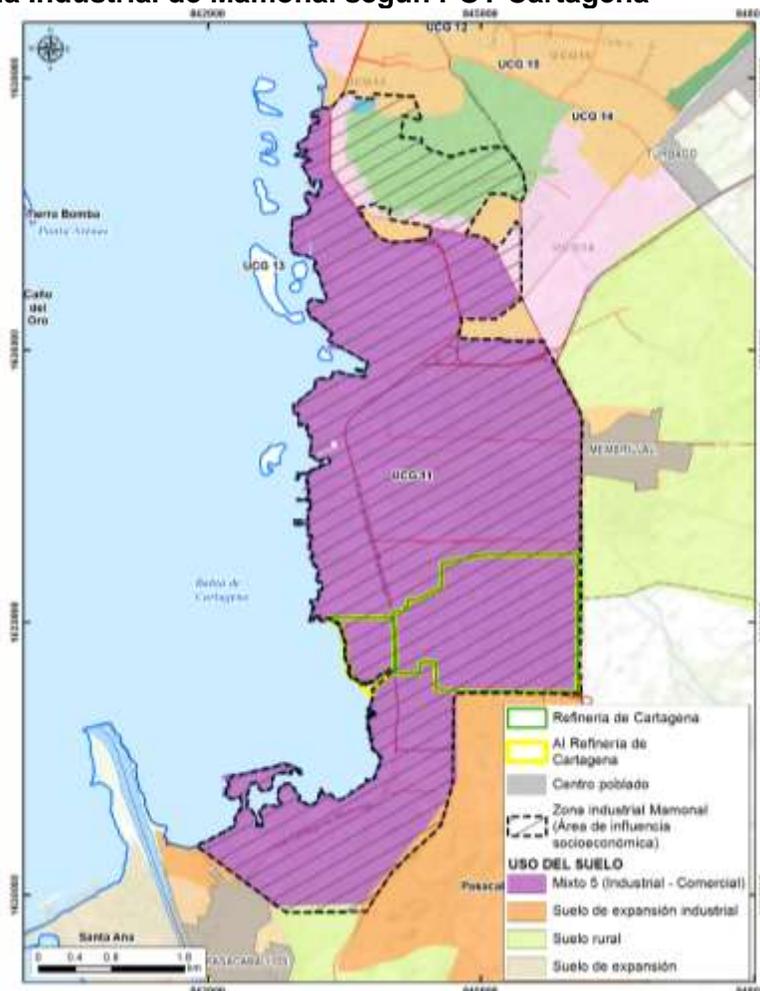
##### 9.1.1.2.2 Descripción del entorno del establecimiento en relación con sus condiciones biofísicas y de localización

La Refinería de Cartagena hace parte de la Zona Industrial de Mamonal la cual se localiza en la localidad 3 denominada Industrial y de la Bahía, el cual pertenece al suelo urbano según la clasificación del suelo que adopta el POT del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena (Decreto 977 de 2001). En el contexto regional, el área industrial y el distrito

hace parte de la región Caribe, territorio que se caracteriza por albergar importantes ecosistemas marino-costeros entre los que se destacan los arrecifes, manglares, lagunas costeras y la planicie litoral que en conjunto prestan valiosos servicios ambientales para la zona.

Así mismo, desde el ambiente antropogénico, el distrito de Cartagena es una de las urbes más pobladas del país (DANE, 2018) y cuenta con un área industrial de importante aporte a la productividad de la región y el país (Banco de La República, 2012). Las actividades económicas tienen un epicentro representativo en la zona industrial de Mamonal.

**Figura 9-3 Zona Industrial de Mamonal según POT Cartagena**



Fuente: Concol by WSP, 2019

Este sector, que se muestra en la Figura 9-3, se extiende a lo largo de unos 14 kilómetros de la bahía de Cartagena y cubre un área aproximada de unas 3100 hectáreas, en esta zona se ubican más de 100 empresas en las que según el Decreto 977 de 2001 se desarrollan las siguientes actividades:

- Procesadora de pescado
- Procesadora de sal y azúcar
- Álcalis e industrias de cloro
- Industria lechera
- Fábrica de derivados de grasas y elaboración de jabones
- Fábrica de cementos
- Fábrica de Plaguicidas
- Fábrica de pinturas
- Ensamble de automóviles
- Fábrica de plásticos
- Fábrica de colas y pegantes
- Industrias de aluminio
- Industria de Fertilizantes Nitrogenados
- Muelles Carboníferos
- Productos Farmacéuticos
- Refinería de Petróleo
- Plantas de Coke

#### **9.1.1.2.3 Identificación de instalaciones que pueden originar amenazas**

En atención al requerimiento 12 solicitado en la información adicional por ANLA, acta 002, en marco del trámite de la presente modificación de la licencia ambiental para la Refinería de Cartagena, que señala: Identificar dentro del análisis de vulnerabilidad los escenarios de riesgo concatenados que pueden originar nuevas amenazas o efecto dominó, como lo establece el literal c del numeral 1.1.2. en el artículo 2.3.1.5.2.1.1. del decreto 2157 del 20 de diciembre de 2017, se presenta a continuación la información que complementa el análisis desarrollado.

La normatividad y numerales citados anteriormente, trata sobre la identificación de las instalaciones que puedan generar amenazas o producir efecto dominó en el contexto donde se localiza la Refinería de Cartagena. Al respecto es importante señalar que la localización socio espacial de la Refinería permite evidenciar un entorno especializado de actividades económicas, con un intensivo uso y transformación de materias primas, en constante cambio y un alto dinamismo productivo, que implica una multiplicidad de factores que influyen en el origen de peligros, la exposición y la vulnerabilidad entorno a la bahía de Cartagena y las zonas más próximas a la refinería.

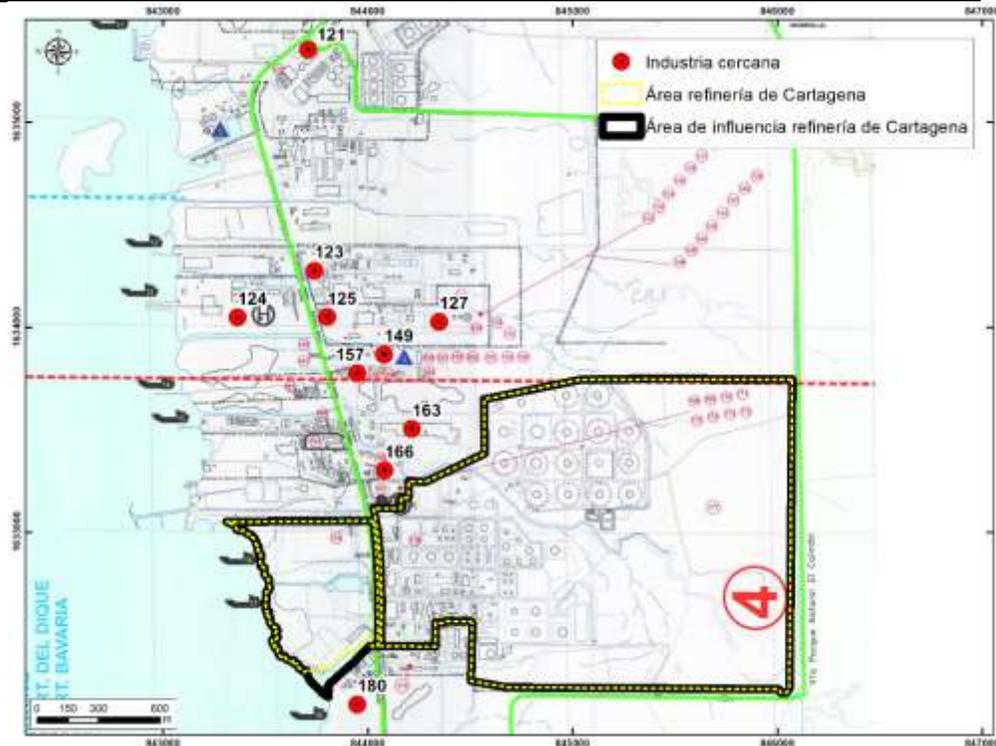
De acuerdo con la información del proceso APELL de la ANDI (ANDI, 2010), en la vecindad de la Refinería de Cartagena se localizan empresas que se dedican en su mayoría a la industria petroquímica, producción de agregados, agroquímicos, actividades portuarias, entre otras. En la Tabla 9-5 se relacionan las industrias y empresas más cercanas al área de influencia de la refinería, con número de identificador para observar su ubicación en la Figura 9-4.

**Tabla 9-5 Infraestructura industrial próxima a la Refinería de Cartagena**

| Identificador | Nombre Industria          |
|---------------|---------------------------|
| 121           | Argos                     |
| 124           | Cotecmar                  |
| 123           | Mexichen Resinas          |
| 125           | Essentia                  |
| 127           | Zona Franca La Candelaria |
| 149           | Cryogas                   |
| 157           | Plexa - Plexport          |
| 163           | Aceros Diaco              |
| 166           | Yara - Quimor             |
| 180           | ExxonMobil                |

Fuente: Concol by WSP, 2019 con base en (ANDI, 2010)

**Figura 9-4 Localización de instalaciones industriales próximas a la Refinería**



Fuente: Concol by WSP, 2019 con base en (ANDI, 2010)

La economía de escala en la industria petroquímica se concentra en la zona próxima a la Refinería de Cartagena e influye que, en el contexto externo al área de influencia, se presenten escenarios de riesgo tecnológico, basado en los materiales fuente (petróleo y gas) del proceso productivo que se desarrolla. Un riesgo tecnológico corresponde a la probabilidad de que una sustancia produzca un daño en condiciones específicas de uso por fenómenos físicos, químicos y biológicos, ocasionando consecuencias a la salud, la economía y el ambiente limitando el desarrollo sostenible (CMGRD, 2013).

Entre los eventos que tienen probabilidad de materializarse sobresalen los incendios con efectos en radiación térmica, explosiones que generan ondas de choque, fuga de gases peligrosos con consecuencias de toxicidad en los alrededores, derrames con efectos contaminantes al ambiente y otros eventos de tipo ocupacional como accidentes de tránsito principalmente.

Los registros de eventos históricos vinculados con los riesgos tecnológicos ocurridos en Cartagena muestran que cerca del 33% de las emergencias ocurridas en el Distrito corresponden a eventos tecnológicos, siendo los incendios no forestales lo que más recurrencia han tenido con alrededor del 21% del total de los casos de emergencias, seguido del colapso estructural (5%), la contaminación (3,9%), explosiones (2,5%), escapes (0,8%) y accidentes (0,3%). La Tabla 9-6 muestra el consolidado del número de emergencias que se han presentado en Cartagena con relación a riesgos tecnológicos de acuerdo con el consolidado de Emergencias de la UNGRD en el periodo 1998 a 2019 (UNGRD, 2020), y complementado en las fechas anteriores con la de datos de Desinventar entre los años 1932 a 1998 (Corporación OSSO, 2019).

**Tabla 9-6 Eventos de emergencias vinculadas con riesgo tecnológico en Cartagena**

| <b>Tipo de evento</b>                | <b>Cantidad</b> | <b>%</b>      |
|--------------------------------------|-----------------|---------------|
| <u>Incendio</u>                      | <u>77</u>       | <u>20,87</u>  |
| <u>Explosión</u>                     | <u>9</u>        | <u>2,44</u>   |
| <u>Escape</u>                        | <u>3</u>        | <u>0,81</u>   |
| <u>Colapso estructural</u>           | <u>18</u>       | <u>4,88</u>   |
| <u>Contaminación</u>                 | <u>14</u>       | <u>3,79</u>   |
| <u>Accidente de tránsito</u>         | <u>4</u>        | <u>1,08</u>   |
| <u>Accidente marítimo</u>            | <u>3</u>        | <u>0,81</u>   |
| <u>Otros desastres / emergencias</u> | <u>241</u>      | <u>65,31</u>  |
| <b>Total</b>                         | <b>369</b>      | <b>100,00</b> |

Fuente: Concol by WSP, 2019 con base en (UNGRD, 2020) y (Corporación OSSO, 2019).

En adición, de acuerdo el Plan Distrital de Gestión de Riesgo de Cartagena (CMGRD, 2013), para el área específica en la zona industrial de Mamonal que es próxima a la Refinería se han presentado 5 eventos de emergencia por riesgo tecnológico, 3 de estos por fuga de gases y 2 por explosión, tal como se muestra en la Tabla 9-7.

**Tabla 9-7 Eventos de emergencias tecnológicas en el área industrial Mamonal**

| <b>Año</b>  | <b>Tipo de Evento</b> | <b>Empresa / Sector</b> | <b>Descripción</b>   |
|-------------|-----------------------|-------------------------|--|
| <u>1977</u> | <u>Explosión</u>      | <u>Abocol</u>           | <u>Explosión de un reactor de úrea, los efectos no superaron el ámbito de la empresa.</u>    |
| <u>1977</u> | <u>Fuga de gases</u>  | <u>Abocol</u>           | <u>Fuga de una nube de amoniaco.</u>   |
| <u>2005</u> | <u>Fuga de gases</u>  | <u>Desconocido</u>      | <u>Fuga de amoniaco que afectó a los pobladores de caño del Oro, se desconoce su origen.</u> |
| <u>2006</u> | <u>Explosión</u>      | <u>Propilco</u>         | <u>Explosión reactor, controlado por la empresa.</u>   |
| <u>2006</u> | <u>Fuga de gases</u>  | <u>Propilco</u>         | <u>Escape por falla de uno de sus reactores.</u>   |

Fuente: (CMGRD, 2013).

Para conocer los escenarios de riesgo tecnológico declarados en cada una de las industrias que conforman el contexto externo de la Refinería de Cartagena, y que pueden desencadenar un efecto dominó en la zona industrial, se consultó la información secundaria disponible con el fin de identificar específicamente las áreas de afectación y equipos críticos que son fuente potencial de riesgo. Sin embargo, esta información es limitada, de difícil acceso y por lo tanto no fue posible obtenerla.

Por esta razón, se realizó la solicitud formal a las empresas más cercanas a la Refinería y que son consideradas con un nivel de riesgo tecnológico importante, preguntando sobre sus Planes de Gestión del Riesgo y de Contingencia. Del mismo modo, se realizó solicitud a los entes encargados de direccionar y coordinar los procesos gestión del riesgo en el Distrito Turístico y Cultural de Cartagena, a saber: la Oficina Asesora de Gestión del Riesgo de Desastres de Cartagena (OAGRD), el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo (CMGRD), la Secretaría de Planeación Distrital y la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI).

En el Anexo 9.10 se presentan los oficios de solicitud de información respecto a los riesgos tecnológicos que puedan generar efecto dominó frente las actividades y operaciones que se realizan en el área industrial de Mamonal, ante las entidades y empresas señaladas anteriormente. Al respecto, se aclara que a la fecha de radicación de la presente Modificación de Licencia no se obtuvo respuesta de las empresas, ni de los demás entes, por lo tanto, no se tiene información certera de los escenarios de riesgo que se pueden generar en las instalaciones vecinas, con los cuales se pueda realizar un análisis de amenazas con efecto dominó. En el momento que se cuente con la información oficial por parte de las autoridades y/o de las empresas, en el marco de la actualización del Plan de Gestión del Riesgo, se avanzará en una propuesta cualitativa de amenazas concatenadas.

Alineado con lo anterior, fue recibida solamente la respuesta de la ANDI a través de la Dirección de Regulación Ambiental. En esta se señala que el país viene adelantando un proceso de integración empresarial respecto a la gestión del riesgo de desastres denominado Red ARISE Colombia, con el apoyo de las Naciones Unidas (UNDRR) y la Oficina de los Estados Unidos de Asistencia para Desastres en el Extranjero (USAID/OFDA).

Esta plataforma busca que el sector empresarial incorpore en sus operaciones productivas la gestión del riesgo contribuyendo con el aumento de capacidades y de resiliencia en la sociedad. Por el momento, la red ARISE está en lanzamiento y vinculación de empresas en el país, por lo que no se tiene información específica para el sector industrial en Mamonal. Adicionalmente, en la ANDI Bolívar se está estructurando el proceso APELL – Cartagena para la identificación de escenarios de riesgo tecnológico basado en el Manual de Respuesta a Emergencias, actividad que se encuentra en construcción (ver Anexo 9.10 / documento 4 Respuesta Andi).

Por otro lado, como parte del licenciamiento ambiental de proyectos de infraestructura aprobados por ANLA, en el contexto del área de Mamonal se identifica una superposición espacial con tres importantes proyectos. En la Tabla 9-8 se presenta la descripción de estas áreas. Allí se puede evidenciar una asociación con el sector de hidrocarburos, en donde las

amenazas de tipo tecnológicos se relacionan principalmente con derrames, incendios, explosiones, accidentes de movilización y contaminación de recursos naturales. Estos eventos propios del transporte y almacenamiento de hidrocarburos, en el contexto próximo a la Refinería, amplían sin duda los escenarios de riesgo que pueden desencadenarse entre industrias. En la Figura 9-5 se presenta la localización de los proyectos de hidrocarburos e infraestructura que se superponen con el área de la Refinería de Cartagena.

**Tabla 9-8 Proyectos de infraestructura e hidrocarburos en cercanía a la Refinería de Cartagena**

| Tipo de Proyecto | Expediente | Operador  | Proyecto   |
|------------------|------------|---|--|
| Ducto            | LAM0862    | CENIT – Transporte y Logística de Hidrocarburos | Combusteoloducto Galán – Ayacucho-Cartagena  |
| Ducto            | LAM0241    | PROMIGAS S.A. E.S.P.                            | Construcción y operación del gasoducto de la costa Atlántica (Ballena, Cartagena, Barranquilla) y construcción del loop Palomino La Mami |
| Infraestructura  | LAM2745    | EXXON MOBIL DE COLOMBIA S.A.                    | Plataforma marina para el recibo de bases lubricantes Exxonmobile de Colombia - Mamonal  |

Fuente: (ANLA, 2020)

**Figura 9-5 Distribución espacial de los proyectos de infraestructura que se superponen o están próximos a la Refinería de Cartagena**



Fuente: (ANLA, 2020)

En consecuencia, con lo anterior, es preciso señalar que la normatividad y legislación

vigente en materia de Gestión del Riesgo en el país establece que las entidades, privadas o públicas, que desarrollen actividades industriales, ejecuten obras civiles mayores o presten servicios públicos, deben elaborar un Plan de Gestión del Riesgos y de Contingencias que garantice en el área de influencia que pueda ser afectada por la Entidad, la protección de las personas, los bienes, salud, medios de vida entre otros elementos (Ley 1523 de 2012, Decreto 2157 de 2017, Decreto 0321 de 1999, Decreto 50 de 2018). De forma similar, la regulación ambiental y de trabajo ha establecido normas y estándares en seguridad y salud en el trabajo, medio ambiente y calidad orientados al desarrollo de actividades y procesos seguros al interior de las organizaciones (Decreto 1076 de 2015, Ley 99 de 1993, Decreto 1072 de 2015, NTC1461, NTC3701, GTC45, ISO 9001, ISO 22301, ISO 45001, entre otras).

En virtud de lo anterior, se asume que las industrias y entidades en el área industrial de Mamonal y en las proximidades a la Refinería de Cartagena, tienen debidamente identificados los escenarios de riesgo tecnológico, con medidas de reducción basadas en la intervención como mínimo de los riesgos más altos y con procedimientos establecidos para el manejo y control de emergencias.

Finalmente, se debe señalar que Ecopetrol S.A. y la Refinería de Cartagena, en articulación con las entidades de Gestión del Riesgo del Distrito, los organismos operativos de respuesta a desastres como Cruz Roja y Bomberos, y el sector educativo de la región (Universidad del Sinú), viene adelantando actividades de preparación para el manejo y control de emergencias que se puedan presentar en la zona industrial ante los escenarios de riesgo que han sido identificados por la Refinería en su Plan de Gestión del Riesgo de Empresas Público – Privadas (PGRDEPP) (Ecopetrol, 2019).

Estas actividades tratan sobre la aplicación programada de simulaciones, sala de crisis y simulacros con las comunidades y sectores sociales más cercanos a la zona industrial. El día 4 de marzo de 2020, se realizó reunión con los actores responsables de este proceso, en la cual se avanzó en la planificación y preparación de acciones orientadas a gestionar el riesgo en el contexto externo de la Refinería. En el anexo 9.10, documentos: 5 Reunión simulacro y 5 Asistencia Simulacro se adjunta constancia del desarrollo de la reunión y los compromisos proyectados.

#### **9.1.1.2.4 Información a nivel municipal relacionada con la planificación del desarrollo territorial y gestión ambiental.**

En el Anexo 9.8 Información municipal, se incluyen los documentos que articulan las diferentes directrices en términos de ordenación territorial y gestión ambiental a niveles locales y regionales.

En tal sentido, el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Turístico y Cultural de la Ciudad de Cartagena establecido mediante el Decreto 977 de 2001, erige como una de sus estrategias para el suelo urbano, “integrar los sectores económicos al modelo de ocupación del suelo, mediante una conveniente clasificación del suelo distrital, la delimitación del suelo de protección y de expansión, la decisión de fortalecer, y el equilibrio e interconexión funcional de los sectores con la estructura urbana”.

Así mismo plantea en el modelo de ocupación que “las actividades portuarias e industriales fortalecidas por el corredor logístico que las integra”; este modelo propuesto es reglamentado en el Artículo 259 Clasificación del uso industrial, en donde se señala que:

- i) “ (...)Industria 3: Es aquella que por su alto impacto ambiental y urbanístico debe localizarse distante de los sectores residenciales y comerciales. (...)”
- ii) “(...)El uso industrial 3 solo se podrá desarrollar en áreas especializadas para tal fin, localizadas en la Zona Industrial de Mamonal” (Parágrafo 2)

En dicho acto administrativo se establecen los ítems de mayor relevancia para la reglamentación del desarrollo de las actividades industriales existentes y permitidas para la zona Industrial Mamonal, entre las que se consideran:

1. Requieren edificaciones especializadas y elementos y equipos para el control de contaminación por ruidos, olores, vapores y efluentes
2. Requieren condiciones especiales de espacio público para la circulación de tráfico pesado
3. Son incompatibles con las demás actividades urbanas

Por otro lado, en los Lineamientos del plan de ordenamiento y manejo de la Unidad Ambiental Costera (Pomiuac) río Magdalena, complejo Canal del Dique-sistema lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta se ha identificado que la zona industrial de Mamonal se constituye en una de las fuentes de contaminación la cual para el caso específico se ha caracterizado en aportes de hidrocarburos, residuos oleosos, aceites y grasas, metales pesados y desechos industriales a la Bahía de Cartagena.

**Figura 9-6 Zonas de control de elementos contaminantes en la Bahía de Cartagena. Proyecto REDCAM**



Fuente: Invermar y Cardique, 2014.

En lo que respecta al Plan Departamental de Gestión del Riesgo se identificó en el ejercicio de caracterización de escenarios de riesgo, propuesto por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, que en el ámbito departamental existen amenazas y vulnerabilidades las cuales para el caso puntual de la Zona Industrial de Mamonal se limitan a la amenaza por erosión costera.

Esta amenaza se caracterizó de la siguiente manera: “Aunque en la bahía de Cartagena no se registran procesos erosivos fuertes, existe sin embargo propensión a la erosión moderada en el área de Mamonal” (ver Anexo 9.8).

Dada la moderada magnitud obtenida por la amenaza regional a nivel departamental para la gestión de esta se estableció una baja prioridad en el territorio para la destinación de recursos según el proceso de conocimiento del riesgo aplicado a nivel departamental.

La estrategia para la respuesta a emergencias -E.D.R.E- del Distrito de Cartagena de Indias, del PNUD y UNGRD (2013), se han establecido como elementos para el manejo de desastres en el componente de ejecución para la respuesta de emergencias con base en el monitoreo permanente de cualquier tipo de evento que pueda llegar a afectar al Distrito de Cartagena los diferentes esquemas de respuesta para afrontar las diferentes situaciones que puedan llegar a desencadenarse de forma natural o por elementos antrópicos.

Entre los protocolos de aislamiento y seguridad definidos en el EDRE se encuentra el correspondiente con el manejo de sustancias peligrosas en cuyo caso como responsable directo se establece la empresa generadora de evento con apoyo de ECOPETROL y Bomberos.

### 9.1.1.3 Contexto interno

#### 9.1.1.3.1 Organigrama

En el presente numeral se incluye el cargo y nombre de los actuales responsables y líderes de cada área operativa o administrativa, encargados de la elaboración, implementación y actualización de los planes de emergencia, así como el manejo de archivos, procesos de cambio y registro de implementación de actividades.

**Tabla 9-9 Responsables Generales del Plan**

| Responsables           | Cargo  | Nombre               |
|------------------------|--|----------------------|
| Responsable del Plan   | Gerente General                                    | Walter Fabian Canova |
| Responsable de Gestión | Coordinador de Prevención y Control de Emergencias | Carlos Andres Pérez  |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Tabla 9-10 Líderes de Gestión**

| Unidad Operativa                             | Responsable   | Líder de Gestión  |
|--|---------------|-------------------|
| Departamento de Destilación de Crudos - PDC. | Ricardo Julio | Rodolfo Rodriguez |

| Unidad Operativa                                   | Responsable  | Líder de Gestión                 |
|--|--|----------------------------------|
| Departamento de fondos – PFO.                      | Marisol Castro Gonzalez                              | Jorge Luis Conrado               |
| Departamento de Craqueo Catalítico – PCQ.          | Carlos Castro Fontecha                               | Antonio Cuestas                  |
| Departamento de Hidrocraqueo – PHA.                | Julio Cesar Fernandez Diaz                           | Rafael Rojas / Victor Anzoategui |
| Departamento de Alquiler – PDA.                    | Milton Manuel Lara Torres                            | Jimmy Patiño Reyes               |
| Departamento de Hidrotratamiento – PHD.            | Cristian Infante                                     | Bernardo Bermudez                |
| Departamento de Servicios Industriales – PNI.      | Jorge Espinosa                                       | Diego Petro                      |
| Departamento de Materias Primas y Productos – PMU. | Geonavis Hernández Inela                             | Franklin Castro                  |
| Departamento de Gestión Integral del Riesgo – PRS. | Jorge Bayona de la Ossa                              | Luis E Pérez/ Alexander Ochoa    |
| Gerencia de Mantenimiento – GMT                    | Camilo Cardona                                       | Kely Espinosa                    |
| Gerencia Técnica – GTC.                            | Pablo Motta  | Jhohan Hernández                 |
| Líder de Gerencia                                  | Gerente General                                      | Jorge Bayona                     |
| Líder de Vicepresidencia                           | Vicepresidente de Refinación y Procesos Industriales | Jorge Bayona                     |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Tabla 9-11 Líderes áreas de soporte**

| Área                                     | Cargo/Nombre                                  |
|--|---|
| <b>Líderes Regionales o de Gerencias</b> |   |
| Seguridad Física                         | Juan M. Miranda / Cristian A Valdes Gracia    |
| Servicios Compartidos                    | Gianni Castro Fierro / Carlos Arenas          |
| Tecnología Informática                   | Guillermo León Cardona / Carmen Lucia Meucchi |
| Gestión Social                           | Patricia Vivas / Ruth Castillo – Nasser Sir   |
| Gestión Ambiental                        | Jorge Goenaga / Sonia Duarte                  |
| Salud                                    | Maria Eulalia Jattin Mangones                 |
| Comunicaciones                           | Olga Vizcaino                                 |
| Jurídica                                 | Adriana Rolón                                 |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

### 9.1.1.3.2 Política de seguridad, salud en el trabajo y ambiente

En Refinería de Cartagena S.A.S, nos dedicamos a la refinación de hidrocarburos, distribución y comercialización de estos productos refinados en Colombia y en el exterior; actuando de forma responsable con el medio ambiente y comprometido con la protección y promoción de la salud e integridad de nuestros colaboradores y partes interesadas,

mediante:

- i. El cumplimiento de la legislación colombiana y de otra índole, vigente y aplicable en materia de Seguridad, Salud en el trabajo y Ambiente que permita desarrollar el Sistema de Gestión bajo los lineamientos normativos y técnicos requeridos.
- ii. La identificación de los peligros, evaluación y valoración de los riesgos inherentes a nuestras actividades, estableciendo los controles necesarios que permitan el desarrollo del trabajo de forma segura, apuntando a la prevención de accidentes de trabajo y enfermedades laborales.
- iii. La identificación de aspectos ambientales, evaluación y valoración de los impactos ambientales, y establecer los controles necesarios que permitan la mitigación de estos impactos.
- iv. La divulgación, la capacitación y el entrenamiento continuo de nuestros colaboradores en Seguridad, Salud en el Trabajo y Ambiente, buscando promover el compromiso con la vida y la protección del ambiente.
- v. El desarrollo de una cultura en Seguridad, Salud en el Trabajo y Ambiente y la asignación de los recursos necesarios que permitan el mejoramiento continuo del Sistema de Gestión.
- vi. La generación de acciones dirigidas a los colaboradores y a su entorno social inmediato, contribuyendo a la mejora de su calidad de vida, a través del desarrollo de una cultura de prevención orientada al fortalecimiento de los factores protectores y a la disminución de los factores de riesgo asociados al consumo de alcohol y sustancias psicoactivas, aportando a la salud mental de nuestros colaboradores.

### 9.1.1.3.3 Normatividad

A continuación, en la Tabla 9-12 se presenta el marco jurídico para la elaboración de los planes de contingencia.

**Tabla 9-12 Marco normativo**

| Norma                   | Objeto  |
|-------------------------|---|
| Resolución 1486 de 2018 | <i>“Por la cual se adopta el formato único para el reporte de las contingencias para proyectos no licenciados y se adoptan otras determinaciones”</i>   |
| Resolución 1209 de 2018 | <i>“Por la cual se adoptan términos de referencia únicos para la elaboración de los planes de contingencia para el transporte de hidrocarburos, derivados o sustancias nocivas de que trata el artículo 2.2.3.3.4.14 del Decreto 1076 de 2015 y se toman otras determinaciones”</i> |
| Decreto 50 de 2018      | <i>“Que Modifica el artículo 2.2.3.3.4.14. Con respecto a términos de referencia de procesos de licenciamiento, y actividades no sujetas a este trámite. Artículo 7”</i>  |

| Norma                                  | Objeto   |
|--|--|
| Decreto 2157 de 2017                   | "Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012".   |
| Resolución 1767 de 2016.               | Por la cual se adopta el formato único para el reporte de las contingencias y se adoptan otras determinaciones   |
| Decreto 1076 de 2015                   | "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible."   |
| Decreto 2041 de 2014                   | "Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales."   |
| Ley 1523 de 2012                       | "Por la cual se adopta la Política Nacional De Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones."   |
| Decreto 1609 de 2002                   | "Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera."   |
| Decreto 321 de 1999                    | "Por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencias (PNC) Contra Derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas en aguas Marinas, Fluviales y Lacustres."  |
| Decreto 948 de 1995                    | "Por el cual se reglamenta la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire"   |
| Ley 99 de 1993                         | "Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector Público encargado de la Gestión y Conservación del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones".  |
| Constitución Política Nacional de 1991 | Establece el marco normativo general de la jurisprudencia colombiana. Sus Artículos 79 y 80 disponen:<br><br><i>ARTICULO 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.</i><br><br><i>ARTICULO 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.</i> |
| Ley 09 de 1979                         | "Por la cual se dictan Medidas Sanitarias"   |
| Decreto 2811 de 1974                   | El Código Nacional de Recursos Naturales en su Título VIII, Artículo 31 establece que "En accidentes que causen deterioro ambiental o hechos ambientales que constituyen peligro colectivo, se tomarán las medidas de emergencia para contrarrestar el peligro".   |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

Adicionalmente el presente plan, tuvo en consideración los lineamientos establecidos en:

**Tabla 9-13 Marco institucional**

| <b>CORPORATIVO</b>   | <b>Año</b> | <b>Descripción</b>  |
|--|------------|---|
| GHS-G-039 Guía para la Gestión de Emergencias en Ecopetrol   | 2016       | Documento en el cual se establecen los lineamientos que le permitan a Ecopetrol disponer de una capacidad de respuesta oportuna y efectiva para proteger y mitigar los daños sobre las personas, el medio ambiente y los activos de la organización, ante la ocurrencia de emergencias. |
| ECP-DHS-G-037 Guía de Planeación y Respuesta a Emergencias. V1   | 2012       | Documento en el cual se plantea como reducir el riesgo y daño sobre personas, comunidad, medio ambiente y bienes, mediante la gestión preventiva, reactiva y correctiva de emergencias en ECOPETROL S.A.  |
| ECP-DHS-P-031 Procedimiento de Gestión de Fallas de Control e Incidentes HSE. V6   | 2012       | Establecer las actividades que se deben realizar para la gestión adecuada de las fallas de control e incidentes HSE, que sucedan durante actividades desarrolladas por personal de la Empresa, funcionarios contratistas, socios y visitantes, en todas las áreas de ECOPETROL S.A.     |
| ECP-DHS-G-015 Responsabilidad de atención y respuesta en caso de derrame de hidrocarburos, derivados o sustancias nocivas. V1          | 2011       | Definir las responsabilidades de atención y reporte de derrames de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas en las instalaciones o áreas operativas de ECOPETROL.  |
| ECP-DHS-P-004 Procedimiento para la Atención Prehospitalaria y Evacuación del Personal Afectado o Lesionado en el Sitio de Trabajo. V1 | 2009       | Este documento aplica para casos de accidente individual, enfermedad repentina o accidentes colectivos en trabajadores de Ecopetrol S.A., contratistas, visitantes o residentes.  |
| ECP-DRI-I-007 Uso de la Matriz de Valoración de Riesgos - RAM. V1  | 2008       | La metodología de la matriz de valoración de riesgos (RAM) se debe utilizar como herramienta de decisión para el manejo de riesgos que impliquen consecuencias para las personas, el ambiente, los clientes, los bienes y la imagen de ECOPETROL S.A.                                   |
| NFPA 10  | 2013       | Standard for Portable Fire Extinguishers  |
| NFPA 11  | 2010       | Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam Systems   |
| NFPA 12  | 2011       | Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems  |
| NFPA 13  | 2013       | Standard for the Installation of Sprinkler Systems  |
| NFPA 15  | 2012       | Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection  |
| NFPA 16  | 2011       | Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems  |
| NFPA 25  | 2014       | Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems  |
| NFPA 30  | 2015       | Flammable and Combustible Liquids Code  |

| CORPORATIVO | Año  | Descripción  |
|-------------|------|--|
| NFPA 51     | 2013 | Standard for the Design and Installation of Oxygen-Fuel Gas Systems for Welding, Cutting, and Allied Processes |
| NFPA 59A    | 2013 | Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG)                              |
| NFPA 70     | 2014 | National Electrical Code   |
| NFPA 72     | 2013 | National Fire Alarm Code   |
| NFPA 101    | 2015 | Life Safety Code   |
| NFPA 600    | 2010 | Standard on Industrial Fire Brigades   |
| NFPA 921    | 2014 | Guide for Fire and Explosion Investigations  |
| NFPA 1404   | 2013 | Standard for Fire Service Respiratory Protection Training  |
| NFPA 2001   | 2012 | Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems   |
| NFPA 472    | 2008 | Standard for Competence of Responders to Hazardous Materials/Weapons of Mass Destruction Incidents.            |

#### 9.1.1.3.4 Recursos disponibles para la gestión del riesgo

Los recursos disponibles para la atención de los riesgos identificados en la infraestructura, incluyendo los equipos de ECOPETROL S.A., filiales y contratistas, usando las tablas a continuación. Los equipos para rescate y atención Prehospitalaria se encuentran en el Anexo 9.1. Plan de Emergencias y Plano de evacuación. Equipos para Rescate y Atención Prehospitalaria se encuentran relacionados.

**Tabla 9-14 Equipos para Control de Incendios**

| Localización             | Descripción  | Equipos                   |                           |          |
|--------------------------|--|---------------------------|---------------------------|----------|
|                          |  | Volumen Concentrado (gpm) | Capacidad De bombeo (gpm) | Cantidad |
| Estación Contraincendios | Máquina escalera Rosen Bauer                         | 750                       | 3000                      | 1        |
|                          | Maquina #7 Combate contra incendio                   | 1000                      | 1000                      | 1        |
|                          | Máquinas Nodrizas                                    | 2000                      | N.A                       | 3        |
|                          | Máquina Combate contra incendio Kenworth             | 1000                      | 1500                      | 2        |
|                          | Concentrado de Espuma Granel en bodega de 55 galones | 10500                     | N.A                       | 190      |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Tabla 9-15 Equipos para Control de Derrames**

| Localización             | Descripción             | Estado |
|--------------------------|-------------------------|--------|
| Estación Contraincendios | Barreras Absorbentes    | Bueno  |
| Estación Contraincendios | Rollos Papel absorbente | Bueno  |
| Estación Contraincendios | Camión de Vacío         | Bueno  |
| Estación Contraincendios | Mangueras               | Bueno  |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

#### 9.1.1.3.5 Actividades y Zonas expuestas a afectaciones / daños

A continuación, se relacionan las áreas operativas de la Refinería de Cartagena S.A.S. que se pueden ver afectadas por amenazas de origen interno o externo. En el Anexo 9.6. Áreas de ocupación se presentan detallando su ubicación según las diferentes unidades de producción y /o almacenamiento existente en la Refinería.

**Tabla 9-16 Consolidado áreas operativas ubicadas en áreas con amenazas alta y muy alta**

| Área operativa                                    |
|---|
| Bodega de Materiales No. 2                        |
| Taller de Mantenimiento                           |
| Centro de Información Técnica                     |
| Sistema de distribución de energía eléctrica      |
| Unidad de tratamiento de aguas residuales         |
| Unidad de materias primas y productos (Área 3000) |
| Unidad de materias primas y productos (GLP)       |
| Arroyo Grande                                     |
| Otras coberturas                                  |

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

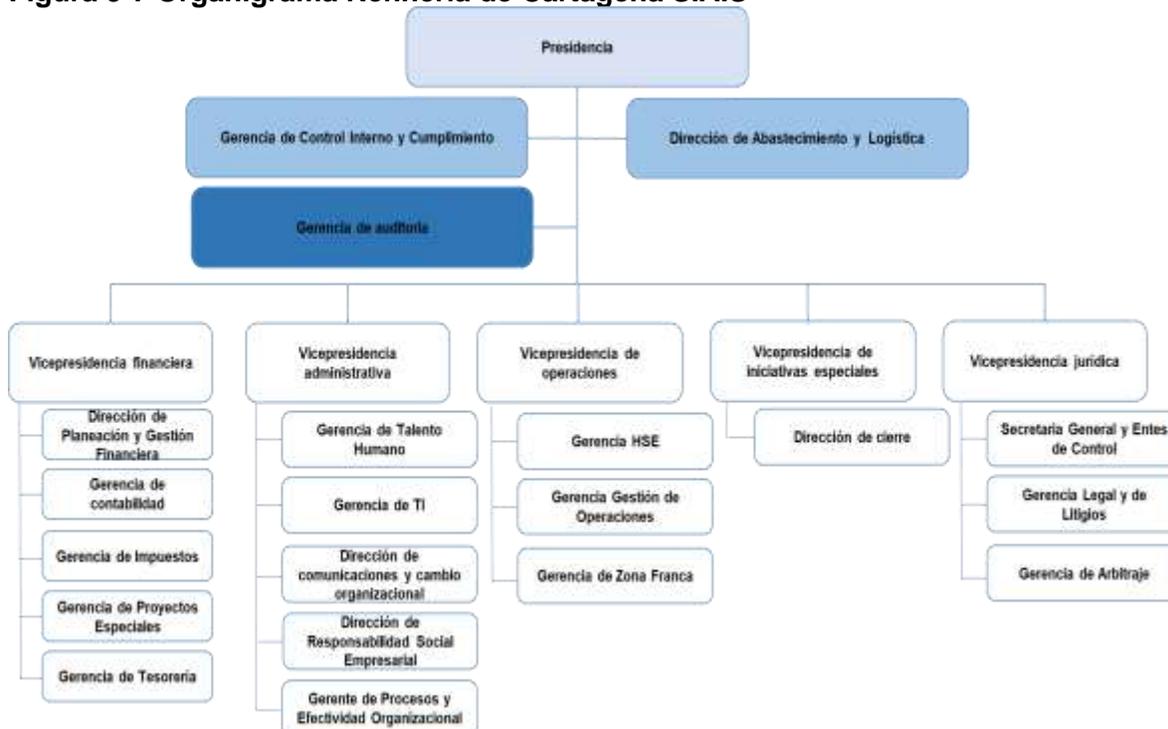
#### 9.1.1.4 Contexto del proceso de gestión del riesgo

##### 9.1.1.4.1 Responsabilidades Roles y Estructura

Refinería de Cartagena cuenta con una estructura organizacional que obedece a una estructura jerárquica de gobierno que cuenta con instancias de dirección, comités y administración, tales como: Junta Directiva, comité de auditoría de la Junta Directiva y comité de Gobierno Corporativo de la Junta Directiva; en la Figura 9-7 se presenta el organigrama general de la organización.

El área de Gestión Ambiental hace parte de la Vicepresidencia de Operaciones / Gerencia HSE que trabaja cuatro líneas principales de intervención.

**Figura 9-7 Organigrama Refinería de Cartagena S.A.S**



- Junta Directiva
- Comité de auditoría de la Junta Directiva
- Comité de Gobierno Corporativo de la Junta Directiva

Fuente: Refinería de Cartagena S.A.S, 2019.

Para el desarrollo de las actividades de preparación de las áreas para la atención de emergencias y contingencias se han definido los responsables que se muestran en la Tabla 9-17

**Tabla 9-17 Funciones y Responsables de la Preparación**

| Función  | Cargo Responsable        |
|--|--------------------------|
| <b>Programa de Preparación</b>   |                          |
| Liderar la elaboración de los programas de preparación aprobados.  | Coordinador de CCN       |
| Aprobar el programa de preparación.  | Jefe de Departamento PRS |
| Verificar el cumplimiento mensual de las actividades de preparación.   | Jefe de Departamento PRS |
| <b>Revisión del Plan</b>   |                          |
| Definir y ejecutar la sesión o sesiones de trabajo para evaluar el contenido del Plan de Emergencias y generar las acciones necesarias, según programa de preparación.     | Coordinador de CCN       |
| Definir y ejecutar las sesiones de trabajo para realizar la revisión del Plan de Emergencias, cada vez que se ha generado una respuesta y generar las acciones necesarias. | Jefe de Departamento PRS |
| <b>Revisión de Personal</b>  |                          |
| Definir y ejecutar la revisión del personal en el área y generar las acciones  | Coordinador de           |

| <b>Función</b>  | <b>Cargo Responsable</b>                                |
|---|---|
| correspondientes, teniendo en cuenta el personal involucrado en el Plan.  | CCN   |
| <b>Revisión de Equipos</b>  |   |
| Programar, controlar y reportar la ejecución de las revisiones mensuales de las instalaciones y equipos.  | Supervisor de CCN                                       |
| Realizar la revisión de los equipos para atención pre hospitalaria y rescate, condiciones de evacuación de las instalaciones y generar las acciones necesarias según hallazgos identificados.   | Supervisor de CCN                                       |
| Realizar la revisión de las instalaciones y equipos para control de derrames y generar las acciones necesarias según hallazgos identificados.   | Supervisor de CCN                                       |
| Realizar la revisión de las instalaciones y equipos para control de incendios y generar las acciones necesarias según hallazgos identificados.  | Supervisor de CCN                                       |
| <b>Socialización, Concientización y Articulación</b>  |   |
| Realizar la socialización del plan al personal general, estratégico, táctico y operativo de GRC en general y áreas de servicios.  | Coordinador de CCN                                      |
| Realizar acercamientos con las entidades y autoridades locales y regionales para afirmar las relaciones y promover las actividades de divulgación, capacitación y entrenamiento con autoridades, entidades y comunidad.   | Coordinador de CCN<br><br>Profesional de Entorno Caribe |
| Asegurar la articulación de las estrategias y procedimientos del Plan de Emergencias del área con los planes de gestión del riesgo y estrategias de respuesta de las autoridades locales y regionales.  | Coordinador de CCN                                      |
| Asegurar la efectividad de las actividades de divulgación y capacitación y generar las acciones necesarias para asegurar la concientización.  | Jefe de Departamento PRS                                |
| <b>Plan de emergencias radiológicas</b>   |   |
| a. Adoptar medidas inmediatas para mitigar el accidente<br>b. Proteger a las personas del emplazamiento<br>c. Notificar a los responsables fuera del emplazamiento y ofrecerles recomendaciones sobre medidas protectoras y asistencia técnica.   | Oficial de Protección Radiológica                       |
| a. Los responsables locales: organismos gubernamentales y de apoyo encargados de prestar ayuda inmediata al usuario y dar pronta protección al público en las inmediaciones (policía, bomberos, defensa civil, hospitales, etc.)<br>b. Los responsables nacionales y regionales: organismos gubernamentales encargados de la planificación y respuesta a nivel nacional (Servicio Geológico Colombiano, Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, Ministerio de Minas y Energía) | Autoridad Local y Nacional                              |
| a. IAEA International Atomic Energy Agency<br>b. Departamento de asuntos humanitarios de las Naciones Unidas<br>c. Organización mundial de la salud   | Organizaciones Internacionales                          |

CCN: Coordinación de prevención y control de emergencias de la refinería de Cartagena.

PRS: departamento de gestión integral de riesgos operacionales de la refinería

Fuente: Refinería de Cartagena S.A.S, 2019.

#### 9.1.1.4.2 Etapas del proyecto

En el Capítulo 2. Descripción del Proyecto, se describen en detalle las etapas y actividades de la modificación a la Licencia Ambiental de Refinería de Cartagena S.A.S., y en el Capítulo 5 Evaluación Ambiental se identifican y evalúan los impactos asociados; tomando esa información como base en la Tabla 9-18 se presenta de forma general las etapas y actividades consideradas para el análisis de riesgo.

**Tabla 9-18 Etapas y actividades de la Refinería de Cartagena**

| Etapa     | Sub- Etapas                   | No | Actividad   |
|-----------|-------------------------------|----|---|
| Operación | 1. Mantenimiento y Adecuación | 1  | Remoción de cobertura vegetal y descapote   |
|           |                               | 2  | Excavación, relleno y compactación del terreno  |
|           |                               | 3  | Fundición de estructuras en concreto reforzado  |
|           |                               | 4  | Adecuación y funcionamiento de áreas de operación                                       |
|           |                               | 5  | Montaje de equipos  |
|           |                               | 6  | Pruebas de hidrostática y hermeticidad  |
|           |                               | 7  | Interconexiones, tendido y cambio de posición de líneas de flujo                        |
|           |                               | 8  | Arranque y puesta en marcha de equipos, líneas de flujo o unidades                      |
|           |                               | 9  | Mantenimiento general de instalaciones  |
| Operación | 2. Operación                  | 10 | Destilación combinada (atmosférica y al vacío)  |
|           |                               | 11 | Generación de vapor y energía   |
|           |                               | 12 | Desintegración catalítica y térmica   |
|           |                               | 13 | Generación de Hidrógeno   |
|           |                               | 14 | Recuperación de azufre  |
|           |                               | 15 | Tratamiento de Nafta  |
|           |                               | 16 | Tratamiento de Diesel   |
|           |                               | 17 | Almacenamiento, medición, mezcla, despacho, productos intermedios, productos terminados |
| Operación | 3. Otras                      | 18 | Contratación de personal y capacitación   |
|           |                               | 19 | Movilización de vehículos, maquinaria y equipos   |
|           |                               | 20 | Responsabilidad social empresarial  |

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

#### 9.1.1.4.3 Metodología de Valoración del Riesgo

La metodología desarrollada por ConCol by WSP para el análisis de riesgos del presente plan, tuvo en consideración los elementos expuestos, la norma NTC-ISO 31000:2009 Gestión del riesgo. Principios y directrices. Adicional, se tiene como lineamiento el marco conceptual y lineamientos del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, ABC: Adaptación bases conceptuales (Departamento Nacional de Planeación, 2010) y la Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa Escala 1:25.000 (Servicio Geológico Colombiano, 2017), Índice municipal de riesgo de desastres ajustado por capacidades (Departamento Nacional de Planeación, 2018), la Guía técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas POMCAS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014), Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación (IDEAM, 2017) y el Estado del arte de estudios de Evaluación Probabilista de Riesgo en Colombia (UNGRD, 2016), entre otros.

En término generales para determinar el nivel de riesgo, conceptualmente se parte de la siguiente definición:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$$

Si se entiende la vulnerabilidad como la susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente; se debe tener en consideración la exposición de los elementos vulnerables al evento amenazante, definiendo el riesgo de la siguiente manera:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad} * \text{Exposición}$$

De esta manera se puede hacer un análisis del riesgo que permita establecer los escenarios más críticos y determinar las medidas de atención al riesgo de manera más eficiente y estructurada.

- **Identificación y determinación de la probabilidad de ocurrencia y/o presencia de una amenaza**

Una amenaza se describe como un peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental; se presenta con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales. Así pues, un evento amenazante se considera cómo la manifestación final de la amenaza, que genera los efectos adversos.

La identificación de las amenazas del plan de contingencia para el área de influencia de la Refinería de Cartagena se desarrolló mediante la caracterización socioambiental del área y el análisis de las etapas y actividades del proyecto; a través de estas, se identificarán las potenciales amenazas externas (del medio hacia el proyecto) que se podrían presentar durante el desarrollo de las actividades.

Así mismo, a partir del análisis de las amenazas y la relación con las etapas y actividades, se priorizó los escenarios críticos que se puedan presentar con la finalidad de realizar el análisis del riesgo.

La estimación de la probabilidad de ocurrencia se relaciona con la cantidad de veces por unidad de tiempo que el evento amenazante se puede manifestar alterando las condiciones operativas de la Refinería de Cartagena y/o el entorno. Para el análisis de las amenazas externas (naturales y antrópicas) que no se puedan espacializar, se realizó la estimación de su probabilidad de ocurrencia en función de la escala que se muestra en la Tabla 9-19.

**Tabla 9-19 Escala de probabilidad de ocurrencia de las amenazas**

| PUNTOS | GRADO    | PROBABILIDAD | DESCRIPCIÓN  | OCURRENCIA CASOS            |
|--------|----------|--------------|--|-----------------------------|
| 5      | Muy Alta | Frecuente    | Posibilidad de ocurrencia alta reiterativamente            | Más de 1 evento al mes      |
| 4      | Alta     | Probable     | Posibilidad de ocurrencia media, se presenta algunas veces | Hasta 1 evento cada 6 meses |
| 3      | Media    | Ocasional    | Posibilidad de ocurrencia media, se presenta algunas veces | Hasta 1 evento al año       |

|   |          |            |  |                                 |
|---|----------|------------|--|---------------------------------|
| 2 | Baja     | Remoto     | Posibilidad de ocurrencia baja, se presenta esporádicamente      | Hasta 1 caso cada 5 años        |
| 1 | Muy Baja | Improbable | Posibilidad de ocurrencia baja, se presenta en forma excepcional | Hasta 1 caso cada 10 años o más |

Fuente: ConCol by WSP, 2019. Adaptado de (ECOPETROL, Dirección de Responsabilidad Integral, 2008)

A su vez, para el análisis de las amenazas exógenas se considera el cálculo de la amenaza partiendo de diferentes metodologías presentadas y avaladas por entidades Nacionales que permiten cuantificar y cartografiar las mismas para el área de estudio.

- **Identificación y análisis de la vulnerabilidad**

La vulnerabilidad corresponde a la predisposición de sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, ambientales, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos peligrosos (artículo 4º Ley 1523 de 2012).

La vulnerabilidad se asocia directamente con la susceptibilidad o las consecuencias que tiene la manifestación del evento amenazante sobre los elementos vulnerables presentes en el área de estudio.

Los niveles de consecuencia o vulnerabilidad se evalúan de forma independiente en diferentes ámbitos: los efectos potenciales a la integridad del proyecto (componente individual), los efectos ambientales (componente ambiental), sociales (componente social) y socioeconómicos (componente socioeconómico).

En la Tabla 9-20 se presenta las categorías para calificar las consecuencias que acarrearían a la operación de Refinería de Cartagena ante la materialización de las amenazas antrópicas y naturales que no se pueden ser cartografiadas y que se pretende evaluar en el actual capítulo.

**Tabla 9-20 Criterios para la calificación de consecuencias**

| NIVEL    | DESCRIPCIÓN   | PUNTOS |
|----------|---|--------|
| Muy alto | Genera consecuencias de muy alta intensidad, muy extensas, permanentes, de efecto directo, irrecuperable e irreversible.<br>Generan muerte o incapacidad total o permanente a las personas.<br>Catastrófica > US\$10 M                    | 5      |
| Alto     | Genera consecuencias de alta intensidad, extensas, temporales, de efecto directo, mitigables o reversibles en el largo plazo.<br>Generan lesiones graves o incapacidad parcial permanente a las personas.<br>Grave US\$1M a US\$10M       | 4      |
| Medio    | Genera consecuencias de moderada intensidad, puntual a extensa, temporales, de efecto directo, mitigables o reversibles en el mediano plazo.<br>Generan lesiones moderadas o incapacidad temporal a las personas.<br>Severo US\$100K a 1M | 3      |

|                 |  |          |
|-----------------|--|----------|
| <b>Bajo</b>     | Genera consecuencias de mediana intensidad, puntuales, temporales, de efecto directo y recuperable o reversible en el mediano plazo. Ocasionan lesiones leves o incapacidad temporal a las personas. Importante US\$10K a 100K | <b>2</b> |
| <b>Muy Bajo</b> | Genera consecuencias de baja intensidad, puntuales, fugaces, de efecto secundario y recuperable de manera inmediata o reversible en el corto plazo. No se producen lesiones personales incapacitantes. Marginal < US\$10K      | <b>1</b> |

Fuente: ConCol by WSP, 2019. Adaptado de (ECOPETROL, Dirección de Responsabilidad Integral, 2008)

Para el caso de las amenazas naturales se estableció un análisis de la vulnerabilidad por componente, partiendo de la susceptibilidad o sensibilidad (tomada de la zonificación ambiental).

- **Identificación y análisis de la exposición**

En cuanto al análisis de exposición expresada en función de la probabilidad de ocurrencia de los eventos amenazantes, partiendo de la espacialización de las amenazas naturales, y el análisis de las amenazas antrópicas; y los elementos vulnerables así como asentamientos humanos, infraestructura pública, infraestructura productiva, sitios de importancia cultural y áreas ambientalmente sensibles, entre otros (con base en información de campo y análisis de la información secundaria), se determinó qué tan expuestos podrían estar dichos elementos en caso de manifestarse cada una de las amenazas identificadas. Para esto se utilizaron cinco (5) categorías, desde Exposición Muy Baja hasta Exposición Muy Alta (Tabla 9-21).

**Tabla 9-21 Categorías para el nivel de exposición**

| <b>NIVEL DE EXPOSICION</b> |                    |   |
|----------------------------|--------------------|---|
| <b>CLASIFICACIÓN</b>       | <b>DESCRIPCION</b> |   |
| <b>5</b>                   | <b>Muy Alta</b>    | Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una muy alta probabilidad de ocurrencia |
| <b>4</b>                   | <b>Alta</b>        | Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una alta probabilidad de ocurrencia     |
| <b>3</b>                   | <b>Media</b>       | Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una probabilidad de ocurrencia media.   |
| <b>2</b>                   | <b>Baja</b>        | Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una baja probabilidad de ocurrencia     |
| <b>1</b>                   | <b>Muy Baja</b>    | Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una muy baja probabilidad de ocurrencia |

Fuente: ConCol by WSP, 2019. Adaptado de (REFICAR S.A.S, 2019)

- **Análisis y zonificación del riesgo**

Con base en lo anterior, al ser cruzado la vulnerabilidad con la probabilidad de manifestación de las amenazas (Tabla 9-19) y la potencial exposición de los elementos sensibles a las amenazas se obtiene el nivel de riesgo definido en tres categorías: Alto, Medio y Bajo (Tabla 9-22).

**Tabla 9-22 Criterios para definir el nivel del riesgo del entorno hacia el proyecto**

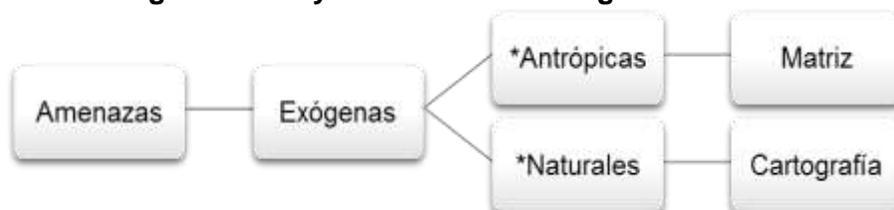
| PROBABILIDAD  |   | VULNERABILIDAD |      |         |      |          | EXPOSICIÓN |          |
|---------------|---|----------------|------|---------|------|----------|------------|----------|
|               |   | Muy Alta       | Alta | Media   | Baja | Muy Baja |            |          |
|               |   | 5              | 4    | 3       | 2    | 1        |            |          |
| Muy Alta      | 5 | 125            | 100  | 75      | 50   | 25       | 5          | Muy Alta |
| Alta          | 4 | 80             | 64   | 48      | 32   | 16       | 4          | Alta     |
| Media         | 3 | 45             | 36   | 27      | 18   | 9        | 3          | Media    |
| Baja          | 2 | 20             | 16   | 12      | 8    | 4        | 2          | Baja     |
| Muy Baja      | 1 | 5              | 4    | 3       | 2    | 1        | 1          | Muy Baja |
| <b>RIESGO</b> |   | A              |      | M       |      | B        |            |          |
| <b>RANGO</b>  |   | 64 - 75        |      | 27 - 50 |      | 1 - 25   |            |          |

Fuente: ConCol by WSP, 2019. Modificado de (ECOPEPETROL, Dirección de Responsabilidad Integral, 2008)

La identificación, análisis y evaluación de riesgos se efectuó de manera cartográfica para las amenazas naturales que se puedan espacializar, generando así un mapa de riesgos (zonificación del riesgo).

En conclusión, al clasificar las amenazas exógenas (naturales y antrópicas), se define la metodología como se evaluará el riesgo, ya sea de manera matricial o de manera cartográfica. Así pues, se establece una evaluación del nivel de riesgo matricial y cartográfico que se determina por la información que se logró obtener como insumo para su evaluación. La Figura 9-8 representa el esquema metodológico para el análisis y evaluación del riesgo.

**Figura 9-8 Metodología análisis y evaluación del riesgo del entorno hacia el proyecto**

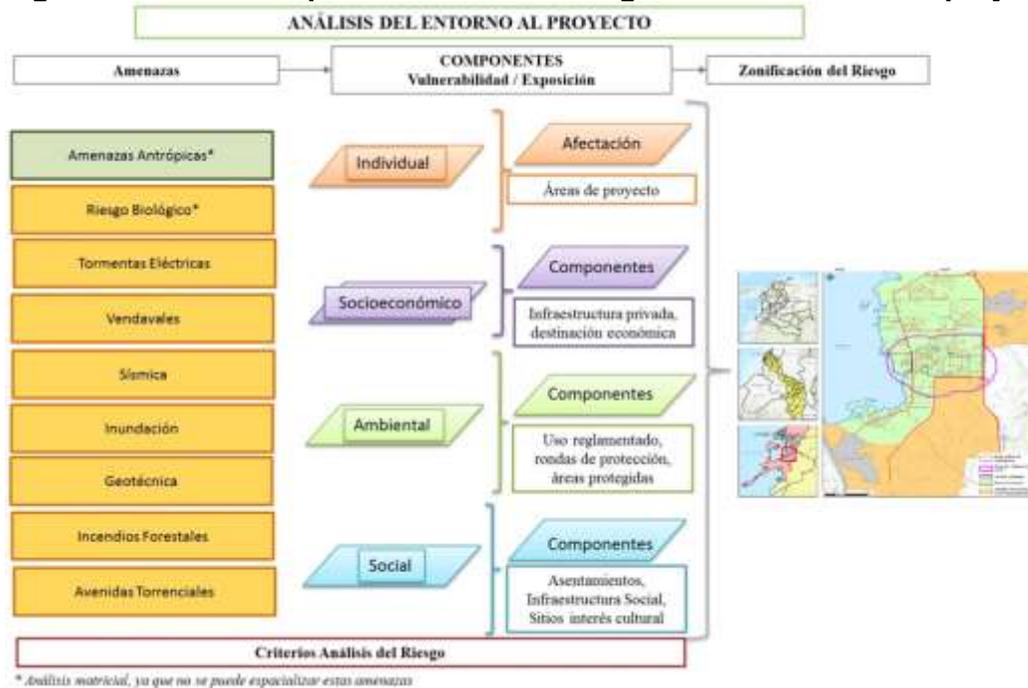


*\*Para el caso de la amenaza natural riesgo biológico, que no se puede espacializar el análisis se desarrollará de manera matricial.*

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

De esta manera, la estructura para el análisis del riesgo del entorno hacia el proyecto para las diferentes amenazas naturales y antrópicas, así como los componentes evaluados dentro de las variables de vulnerabilidad y exposición se resumen en la Figura 9-9.

Figura 9-9 Estructura para el análisis de riesgo del entorno hacia el proyecto



Fuente: ConCol by WSP, 2019

Los resultados se analizaron según los niveles de riesgo que se listan en la Tabla 9-23.

Tabla 9-23 Definición del nivel de riesgo

| NIVEL | INTERPRETACIÓN  |
|-------|---|
| Alto  | Se deberá implementar previamente un tratamiento especial en cuanto al nivel de control (Demostrar control de riesgo).<br>Gerencia involucrada en decisión e investigación de incidentes. |
| Medio | Se deben tomar medidas para reducir el riesgo a niveles razonablemente prácticos, debe demostrarse el control del riesgo.   |
| Bajo  | Discutir y gestionar mejora de los sistemas de control y de calidad establecidos (permisos, ATS, procedimientos, lista de chequeo, responsabilidades y competencias, EPP, etc.).          |

Fuente: ConCol by WSP, 2019. Modificado de (REFICAR S.A.S, 2019)

### 9.1.1.5 Criterios del riesgo

- **Áreas de afectación probables**

Como resultado de la Operación de la Refinería de Cartagena se han realizado análisis y modelaciones con las que se ha establecido la extensión de las afectaciones probables según las actividades y equipos existentes en la configuración actual de la Refinería.

La estimación de consecuencias se realizó mediante un modelamiento usando el software PHAST dando como resultado la identificación puntual de los niveles de afectación para todos los sucesos finales de cada escenario de riesgo identificado, es decir por: radiación

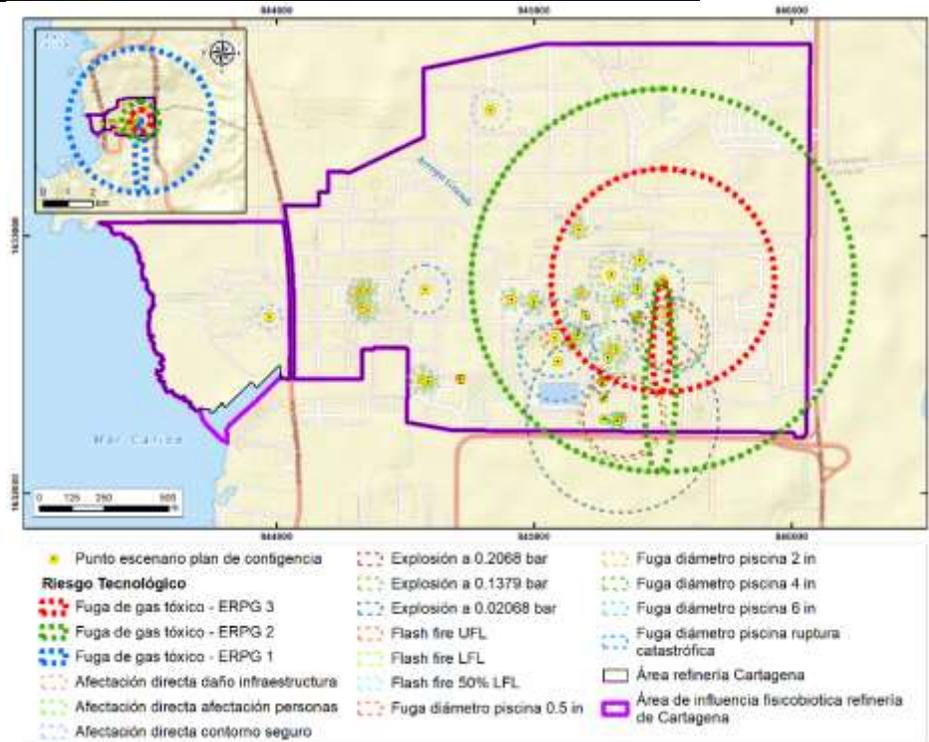
térmica, onda de choque, contorno tóxico por Ácido Fluorhídrico (HF), Cloro, Nitrógeno y Oxígeno.

Con base en la definición ya existente de las áreas de afectación probables desarrollada y actualizada por la operación de la Refinería, se estableció un perímetro de análisis para el presente Plan de Gestión del Riesgo en el que quedarán inmersas las actividades solicitadas en la presente modificación de licencia.

El resultado de la delimitación del área de influencia para el presente plan se puede observar en la Figura 9-10. Esta se constituye, por un lado, a partir de los escenarios de riesgo con origen natural, socionatural y antrópico que están asociados al alcance de la presente modificación de Licencia, desarrollados en el numeral 9.1.2.1, y que espacialmente se relacionan con el área de influencia físico-biótica del proyecto que es la zona, en la que se pueden generar las consecuencias ante la materialización de un evento amenazante según el origen antes señalado dada las actividades planteadas en la modificación de licencia.

De otro lado, se relaciona con los escenarios de riesgo tecnológico producto de la operación actual y proyectada de la Refinería, en la que se ha determinado una envolvente a los contornos de afectación asociados a los equipos críticos identificados por la operación, siendo el evento de mayor extensión la fuga de gas tóxico de Ácido Fluorhídrico (HF) tal como se describe a lo largo del numeral 9.1.2.3.1.

**Figura 9-10 Delimitación de Áreas de afectación probables**



Fuente: ConCol by WSP, 2019. Modificado de (REFICAR S.A.S, 2019)

Con base en esta definición de área de afectación máxima se presenta a continuación la definición de amenazas y posteriormente se realiza la valoración del riesgo.

- **Identificación y clasificación de las amenazas naturales y antrópicas**

En consideración de que amenaza, según la Ley 1523 de 2012, es un peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales; y de acuerdo al contexto geográfico, social y ambiental del área de estudio de la modificación a la Licencia Ambiental de Refinería de Cartagena., se elaboró una lista de los eventos amenazantes potenciales y se clasificaron de acuerdo al origen de los mismos de la siguiente forma:

**Tabla 9-24 Clasificación de las amenazas**

| Clasificación de las amenazas | Eventos  |
|-------------------------------|--|
| <b>Natural</b>                | Riesgo biológico                                   |
|                               | Amenaza por diapirismo (Vulcanismo)                |
|                               | Amenaza sísmica                                    |
|                               | Amenaza por Tsunami                                |
|                               | Amenaza por aumento crítico del nivel del mar      |
|                               | Amenaza por vendaval                               |
|                               | Amenaza por erosión costera                        |
|                               | Amenaza por nivel ceráunico (Tormentas eléctricas) |
| <b>Socio natural</b>          | Amenaza por avenida torrencial                     |
|                               | Amenaza por inundación                             |
|                               | Amenaza por remoción en masa - Geotecnia           |
|                               | Incendios forestales                               |
| <b>Antrópico</b>              | Delincuencia común                                 |
|                               | Terrorismo   |
|                               | Acciones de protesta social                        |
| <b>Tecnológico</b>            | Incendio   |
|                               | Explosión  |
|                               | Derrame  |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

- **Amenazas de origen externo (naturales)**

Este tipo de amenazas están asociadas con la ocurrencia de fenómenos de la naturaleza como expresión propia de su dinámica.

Como parte de la caracterización ambiental que comprende la línea base del presente Estudio, se describieron en el Capítulo 3 Caracterización de área de influencia del proyecto, numeral 3.2 Medio Abiótico, las amenazas naturales: sísmica, remoción en masa, ceráunica, Tsunami, erosión costera y susceptibilidad a la inundación, todas estas relacionadas con el área de influencia identificada y delimitada para el estudio.

Ahora bien, en cumplimiento de los términos de referencia Hi-Ter-1-07, aplicables para el presente estudio y lo contemplado en el Decreto 2157 de 2017, se identificaron en el presente capítulo, amenazas adicionales de posible ocurrencia en un escenario de máxima criticidad o de operación en contingencia, con el objetivo de lograr una identificación final de los riesgos potenciales a los que se expone la Refinería de Cartagena en su operación actual y proyectada.

Como amenazas adicionales a las relacionadas en la línea base del presente estudio, se encuentran: Riesgo Biológico, diapirismo (volcánica), vendavales y aumento crítico del mar.

### **Riesgo Biológico**

La amenaza biológica hace referencia a la probabilidad de que el personal contratado para el desarrollo del proyecto sufra daños como consecuencia del encuentro y/o contacto con plantas y animales ponzoñosos y/o venenosos o cualquier agente biológico presente en el área de la Refinería de Cartagena.

En el área de influencia del proyecto, se reporta la presencia probable de invertebrados y vertebrados que pueden ocasionar este tipo de accidentes. Dentro del grupo de invertebrados, se incluyen a las arañas, escorpiones, ácaros, garrapatas, ciempiés, milpiés e insectos que pueden picar e inyectar veneno por medio de estructuras bucales a través de determinadas partes de su boca o con un aguijón.

Sin embargo, este tipo de accidentes presenta muy baja frecuencia, de acuerdo a los datos acumulados durante el año 2018 reportados por el Instituto Nacional de Salud en su boletín semanal correspondiente a la semana 26 (Instituto Nacional de Salud, 2018). Por ejemplo, en cuanto a las enfermedades que tienen como vector alguna especie de insecto, el mayor porcentaje de reportes para la ciudad de Cartagena estuvo relacionado al Dengue, con 40 casos, que representan el 0.2% del total casos a nivel nacional. De igual forma, se reportaron 502 casos con agentes relacionados a transmisores de rabia en la ciudad de Cartagena, que corresponde al 0.7% del total a nivel nacional; aquí se debe tener en cuenta que se incluyen animales domésticos. En cuanto a accidentes ofídicos, en la ciudad de Cartagena fueron reportados el 0.3% del total nacional, en lo que va del año, porcentaje que corresponde a 7 individuos lesionados. En comparación con otras ciudades de la región, como Barranquilla o Santa Marta, Cartagena es la que presenta la menor incidencia de este tipo de accidentes, si se tiene en cuenta que en estas ciudades se registraron 12 y 22 accidentes, respetivamente (Instituto Nacional de Salud, 2018).

Se debe tener en cuenta que este tipo de riesgo se incrementa sobre todo en zonas rurales, donde la interacción del personal con áreas naturales o seminaturales es constante. Sin embargo, teniendo en cuenta que el proyecto se encuentra en una región tropical, se debe considerar la siguiente información con el fin de reducir al mínimo la probabilidad de accidentes. En líneas generales, se recomienda que solo el personal calificado manipule especímenes faunísticos, sin importar que puedan pertenecer o no a aquellos grupos que se consideran como amenazas, ya que la reacción de un animal al contacto humano puede ocasionar cualquier tipo de accidente.

**Tabla 9-25 Descripción de algunos grupos de invertebrados que pueden causar accidentes biológicos**

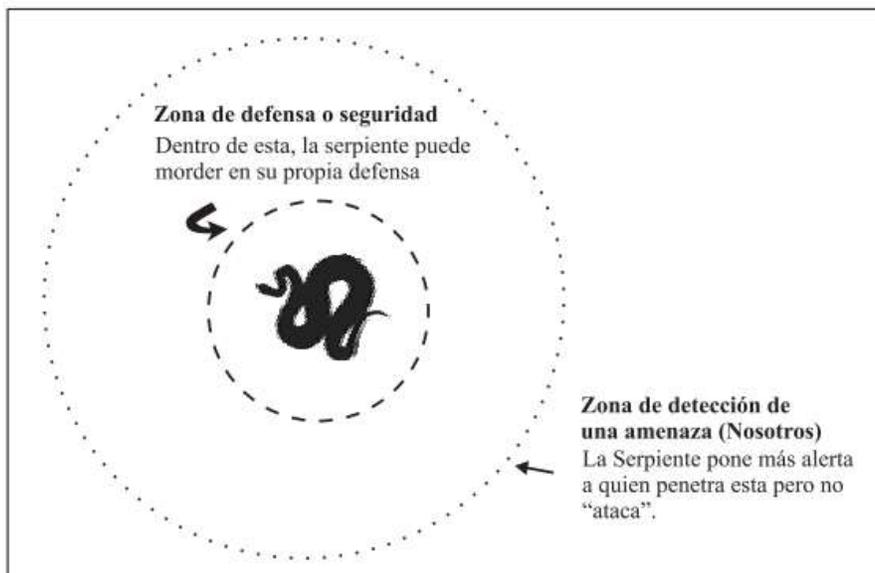
| Grupo de invertebrados | Descripción  |
|------------------------|--|
| Arañas                 | Casi todas las especies se consideran venenosas. Sin embargo, la picadura de la mayoría de las arañas es generalmente inofensiva para el hombre y sólo en algunos casos pueden causar reacciones alérgicas.  |
| Escorpiones            | La mayoría de los escorpiones son relativamente inofensivos. En general, los únicos síntomas de sus picaduras son dolor e inflamación, mayor sensibilidad y calor en el lugar de la picadura.  |
| Ciempiés               | Algunos de los ciempiés de mayor tamaño pueden picar y producir gran dolor, además de hinchazón y enrojecimiento alrededor de la picadura.   |
| Milpiés                | Los milpiés no pican, pero pueden secretar una toxina irritante para la piel y, en algunos casos graves, dañar el tejido   |
| Garrapatas             | Las garrapatas transmiten diversas enfermedades y algunas son venenosas  |
| Ácaros                 | La infestación por ácaros tiene efectos muy variables sobre los tejidos que producen la picadura. En el caso de la escabiosis o sarna, que es una enfermedad cutánea causada por el ácaro parásito <i>Sarcoptes scabiei</i> , generan erupciones pruriginosas y picazón  |
| Himenópteros           | Las abejas, avispas, avispones y hormigas pueden picar, y algunas especies pueden incluso dejar su aguijón en la piel. Las picaduras de himenópteros generalmente producen dolor y reacciones cutáneas como enrojecimiento, hinchazón y picor en el área afectada. Sin embargo, una picadura puede provocar la muerte a causa de una reacción anafiláctica en personas alérgicas.  |
| Otros insectos         | Entre los insectos que pican y a veces succionan sangre se encuentran los mosquitos, tábanos (orden Diptera), las pulgas (orden Siphonaptera), los piojos (Phthiraptera), las chinches y algunas especies de chinches de agua (orden Hemiptera) Las picaduras de estos insectos pueden resultar irritantes debido a los componentes de su saliva. Producen diversas reacciones, desde pequeños bultos a grandes llagas (úlceras) con inflamación y dolor. Las reacciones más graves se producen en los alérgicos o en los que contraen una infección tras ser picados. Para los alérgicos, estas picaduras pueden resultar mortales. Cabe mencionar que algunas especies de dípteros (familia: Culicidae), son transmisores de patógenos de una persona (o animal) infectada a otra y ocasionan enfermedades graves en el ser humano, como por ejemplo el Dengue, Chikungunya, Zyka o la fiebre amarilla (transmitidos por el mosquito <i>Aedes aegypti</i> ). |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

En cuanto a los vertebrados, se reporta la presencia potencial de serpientes en el área de trabajo. Si bien se considera que el riesgo de envenenamiento por mordedura de serpiente es menor, debido a que solo el 17% de las especies registradas para el país son venenosas, a su vez, más de la mitad de las que se consideran venenosas carecen de mecanismos eficientes para causar envenenamiento, además de ser menos frecuentes (Lynch, 2012).

La mayoría de la población cuenta con cierta predisposición negativa hacia las serpientes, bien sea por su apariencia o por las diferentes historias que mitifican a este grupo faunístico. No obstante, no todas las serpientes son agresivas, pero si pueden detectar a otros animales a la distancia por lo que adoptan una posición de defensa mucho tiempo antes de que puedan ser detectadas por los seres humanos. Por lo tanto se considera prudente reconocer las zonas que se muestran en la Figura 9-11, donde se reconoce una primera zona en la cual podemos evitar cualquier ataque y probablemente el animal se retire por sus propios medios y una segunda zona que no se debería invadir ya que la serpiente reaccionara de forma instintiva o intencional, como método de defensa.

**Figura 9-11 Zonas de seguridad y detección amenaza por picadura de serpientes**



Fuente: Tomado de Lynch (2012) pagina 440.

Dentro de las familias de serpientes con gran interés en problemas de salud pública se encuentra Viperidae y Elapidae, ya que en ellas se agrupan todas las serpientes venenosas presentes en el país. No obstante, se debe tener en cuenta que algunas de estas se consideran tranquilas mientras otras agresivas, dependiendo en la mayoría de los casos de la presión a la que se vean sometidas. La mayoría de las ocasiones los ataques de las serpientes se deben a una reacción producto de algún tipo de agresión (Lync, 2012). A continuación, se describe con mayor detalle las características de estas familias. (Tabla 9-26):

**Tabla 9-26 Descripción de los grupos de serpientes venenosas que son consideradas amenazas biológicas**

| Familia   | Descripción   |
|-----------|---|
| Viperidae | Los Vipéridos o Víboras verdaderas, son serpientes muy agresivas, que poseen venenos de muy alta toxicidad. Las víboras de potencial presencia en el área de influencia del proyecto es la Boquidorá, mapaná, talla o talla X <i>Bothrops asper</i><br><br>El veneno de estas especies posee una alta concentración de factores |

| Familia  | Descripción   |
|----------|---|
|          | anticoagulantes y mio-necrotizantes, tiene acción proteolítica, coagulante, citotóxica y mio-necrotizante. La sintomatología del envenenamiento es de orden local y sistémico, su gravedad depende de numerosas variables que hacen muy difícil una evaluación inicial del accidente que sea plenamente confiable; deben tenerse en cuenta factores tales como sensibilidad al veneno, sitio de la mordedura y número de mordeduras, vía de penetración, tamaño y especie de la serpiente agresora, cantidad de veneno inoculado, edad y peso del paciente, estado previo de salud, tiempo transcurrido desde el accidente y muchos otros aspectos (Charry, Aspectos biomédicos del accidente bothropico, 2006; Galofre-Ruiz, 2016)   |
| Elapidae | El grupo de las corales con potencial presencia en el área tenemos a la Coral verdadera <i>Micrurus dumerilii</i> y a la Coral Rabo de ají <i>M. mipartitus</i> .<br><br>El veneno de los Elápidos o serpientes de coral verdaderas (género <i>Micrurus</i> ), posee una acción de tipo neurotóxico. Estos venenos poseen neurotoxinas de bajo peso molecular, que se unen fuertemente a los receptores colinérgicos de la placa neuromotora de las fibras musculares, actuando como un “aislante” que bloquea el paso del impulso nervioso al músculo, lo que ocasiona una parálisis flácida que puede conducir a disnea y paro respiratorio. La mayoría de los venenos micrúricos tiene una actividad de bloqueo postsináptico, sin embargo, algunos venenos de corales poseen también actividad de bloqueo presináptico, producto de la acción de fosfolipasas A2 que afectan esta terminal. Es importante recordar que los venenos de las serpientes de coral no producen efectos hemorrágicos, coagulopatías, ni daños locales a piel o a tejidos (Charry, Accidentes por serpientes de coral. Memorias del primer Simposio de Toxinología "Cesar Gómez Villegas", 2006) |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

En consecuencia, basados en los registros de rescate de fauna reportados en los Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA) y las especies asociadas a estos, se infiere un uso recurrente de los espacios seminaturales y artificiales por parte de varias especies de fauna silvestre, reptiles en su mayoría. Si bien, espacios como el Arroyo Grande y su vegetación asociada pueden estar sirviendo como corredores de paso desde o hacia áreas naturales como el Manglar denso alto, la baja calidad de estos espacios podría estar obligando a algunas especies a buscar alimento en áreas de la refinería donde se lleva a cabo la disposición y almacenamiento de residuos, zonas que puedan servirles de protección o refugio como los campamentos, o incluso sus incursiones pueden estar relacionadas con la búsqueda de presas vivas que son comunes en zonas urbanas industriales, como ratones o ranas.

De igual forma, se debe tener en cuenta que los reptiles son animales ectotermos (sangre fría) por lo que dependen de la temperatura del ambiente para alcanzar una temperatura corporal idónea. Por tal motivo, la exposición de estos especímenes en espacios abiertos donde puedan recibir la luz directa del sol permite que alcancen la temperatura óptima para desarrollar sus procesos fisiológicos. Sin embargo, un desplazamiento constante entre lugares de sol y sombra permite regular su temperatura corporal, por lo que también podrían hallarse en estructuras oscuras, que provean sombra, similares a cuevas o madrigueras.

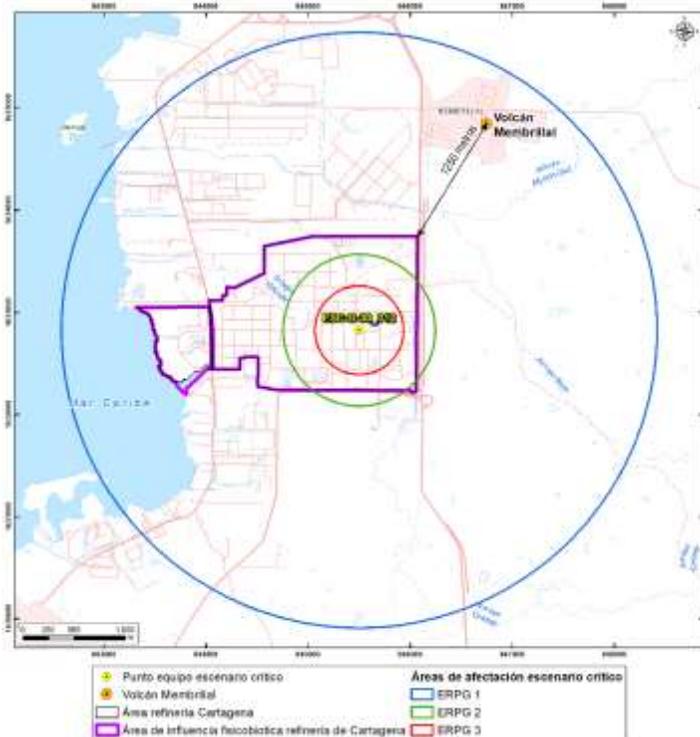
Por ende, las actividades que se desarrollen en espacios artificiales aledaños a zonas seminaturales se deben realizar con la mayor atención, previendo la presencia de reptiles en reposos, en busca de alimento o refugio.

### **Amenaza por diapiirismo**

Las zonas con volcanismo de lodo son susceptibles de afectación ante la ocurrencia de erupciones violentas, debido a uno o varios de los siguientes factores: expulsión de gases inflamables, lanzamientos de bloques, incendios, flujos de lodo, hundimientos, levantamientos y fracturamiento del terreno en los alrededores de los cráteres. El empuje progresivo de la masa ascendente de lodo provoca, igualmente, deformaciones progresivas del relieve y la generación local de movimientos en masa en los flancos de las estructuras, que pueden afectar obras civiles emplazadas en estos sitios.

En cercanías al área de la refinería se encuentra el volcán de lodo de Membrillar que está localizado en jurisdicción del municipio de Turbaco (Bolívar). Este volcán tiene una estructura en forma de domo de 800-1000 m de diámetro y 20 a 25 m de altura. Las laderas son cortas y de formas convexas. Tiene bocas tipo O de 10-30 cm. En la Figura 9-12 se relaciona la distancia del volcán de lodo Membrillar y el vértice más cercano a la Refinería de Cartagena, así como en la Tabla 9-27 se muestran sus características principales.

**Figura 9-12 Distancia volcán de lodo Membrillar**



Fuente: ConCol by WSP, 2019. Modificado de (Servicio Geológico Colombiano, 2017)

**Tabla 9-27 Características volcán de lodo Membrillal**

|  |   |
|--|---|
| <b>Coordenadas Este:</b>   | 846.746   |
| <b>Coordenadas Norte:</b>  | 1.634.849   |
| <b>Plancha:</b>  | 30-I-B  |
| <b>Lugar:</b>  | Barrio Membrillal   |
| <b>Colector:</b>   | J. H. Carvajal  |
| <b>Tipos de arcilla:</b>   | Caolinita, esmectita e illita.  |
| <b>Tipos de gas:</b>   | Aire, 80,64 %; metano (CH <sub>4</sub> ), 18,69 %, y dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), 0,67 %. |
|  |   |

Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2017

### **Amenaza sísmica**

La amenaza por sismicidad se determinó con base en los resultados del Mapa de Amenaza Sísmica (INGEOMINAS & UNAL, 2010), el cual presenta una zonificación de la amenaza sísmica en términos de aceleración horizontal máxima en roca (PGA por sus siglas en inglés), que representa un modelo probabilístico para el movimiento del terreno que podría esperarse por la ocurrencia de sismos en Colombia.

El movimiento del terreno se calcula en términos de aceleración horizontal máxima en roca (PGA), y se estima para probabilidades del 2%, 10% o 50% de ser sobrepasado en un tiempo de 50 años, tiempo estimado de vida útil de una construcción corriente. Estas probabilidades se asocian con la frecuencia de ocurrencia (o periodo de retorno) de los sismos potencialmente destructores: de ocurrencia excepcional (periodo de retorno de 2475 años), frecuentes (periodo de retorno de 475 años) o muy frecuentes (periodo de retorno de 75 años).

Para evaluar la amenaza sísmica en el área de influencia se tiene en cuenta el mapa de Amenaza Sísmica (INGEOMINAS & UNAL, 2010) considerando valores de PGA (cm/s<sup>2</sup>) en un rango desde 0 – 750 PGA, el cual es evaluado en un periodo de retorno de 475 años.

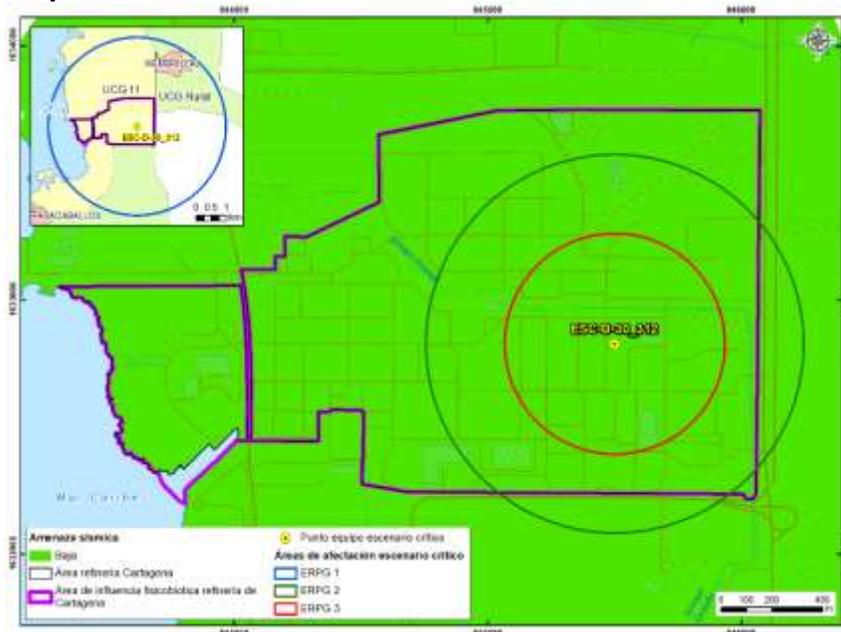
**Tabla 9-28 Intervalos de categorías de sismicidad**

| <b>Unidad Cartográfica de Parámetro</b> | <b>Amenaza</b> |
|---|----------------|
| 50 – 100 cm/s <sup>2</sup>              | Baja           |

Fuente: (INGEOMINAS & UNAL, 2010)

El área caracterizada se encuentra en una sola zona de amenaza, en la cual existe la probabilidad de alcanzar valores de aceleración horizontal máxima en roca entre 50 a 100  $\text{cm/s}^2$ , como se puede observar en la Figura 9-13.

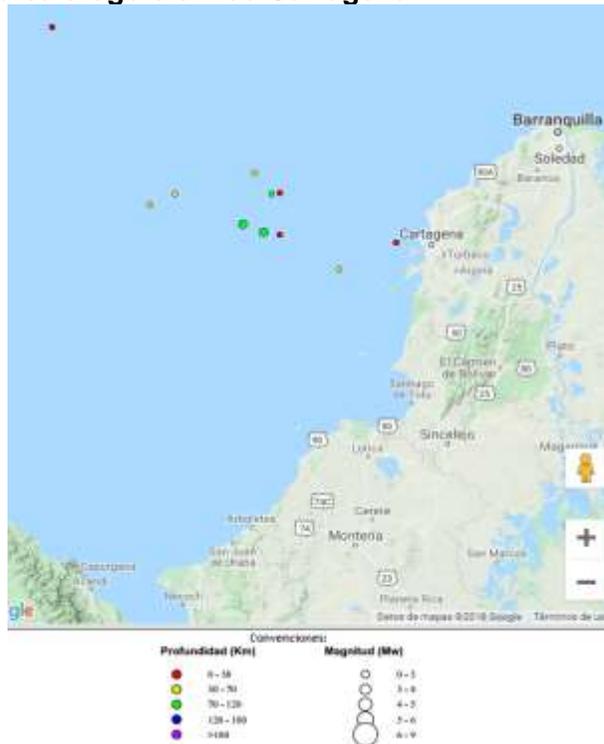
**Figura 9-13 Mapa de amenaza sísmica en el área de influencia**



Fuente: Modificado de INGEOMINAS & UNAL, 2010

A continuación, se presenta el reporte de la consulta del catálogo sísmico para Cartagena en la Figura 9-14 y en la Tabla 9-29.

Figura 9-14 Consulta catálogo sísmico Cartagena



Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2019)

Tabla 9-29 Consulta catálogo sísmico Cartagena

| FECHA      | HORA.UTC | LATITUD (grados) | LONGITUD (grados) | PROFUNDIDAD (Km) | MAGNITUD MI |
|------------|----------|------------------|-------------------|------------------|-------------|
| 2010-07-31 | 08:26:23 | 10.428           | -76.261           | 18.0             | 2.7         |
| 2011-01-24 | 19:58:13 | 10.475           | -76.450           | 78.0             | 3.6         |
| 2011-04-03 | 12:20:19 | 10.432           | -76.336           | 84.0             | 3.2         |
| 2012-04-02 | 05:07:04 | 10.373           | -76.147           | 0.0              | 2.0         |
| 2012-12-24 | 07:25:00 | 10.592           | -76.949           | 32.1             | 2.3         |
| 2012-12-24 | 07:29:03 | 10.648           | -76.814           | 32.1             | 2.3         |
| 2013-11-04 | 22:15:07 | 10.648           | -76.306           | 88.8             | 2.8         |
| 2014-01-17 | 05:31:59 | 10.764           | -76.393           | 31.0             | 2.8         |
| 2015-08-10 | 02:42:38 | 10.384           | -75.648           | 20.8             | 2.0         |
| 2015-10-30 | 23:10:41 | 10.238           | -75.948           | 32.0             | 2.6         |
| 2016-09-22 | 02:17:44 | 10.655           | -76.261           | 16.0             | 2.9         |
| 2017-09-07 | 07:44:35 | 11.553           | -77.467           | 18.8             | 2.3         |

Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2019)

### Amenaza por vendavales

La amenaza relacionada con vientos y vendavales que puede incidir sobre afectaciones a la infraestructura de la Refinería de Cartagena, parte mediante el cálculo de velocidades del viento y el diseño proyectado a partir de tal estimación.

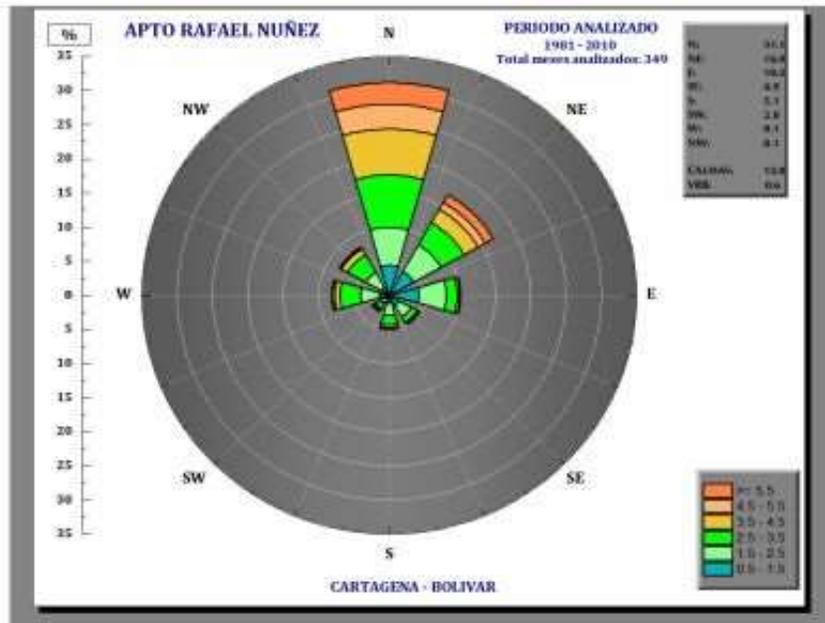
El cálculo de velocidades en el área de influencia se estima de acuerdo a una serie de datos

histórica existente en la base documental del IDEAM mediante la rosa de vientos y como se presenta en las tablas posteriores.

Esta estación se encuentra ubicada en el municipio de Cartagena de Indias en el departamento de Bolívar.

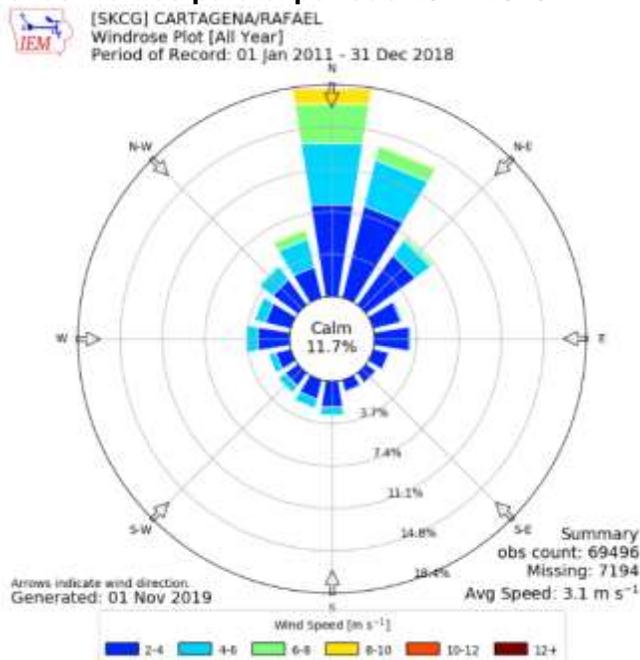
En las Figura 9-15 y Figura 9-16 se presenta la Rosa de Vientos construida a partir del programa de meteorología aeronáutica del IDEAM.

**Figura 9-15 Rosa de los vientos para el periodo 1981-2010**



Fuente: Atlas de viento de Colombia (IDEAM; <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasVientos.html>)

Figura 9-16 Rosa de los vientos para el periodo 2011-2018



Fuente: [https://mesonet.agron.iastate.edu/sites/windrose.phtml?station=SKCG&network=CO\\_ASOS](https://mesonet.agron.iastate.edu/sites/windrose.phtml?station=SKCG&network=CO_ASOS)

Teniendo en cuenta la Figura 9-15 y Figura 9-16, se puede concluir que los vientos provienen del noreste con una velocidad promedio de 7.2 mph (millas por hora).

La Tabla 9-30 presenta las velocidades del viento y la dirección proveniente, de acuerdo con los registros existentes en el IDEAM.

Tabla 9-30 Velocidad y dirección del viento

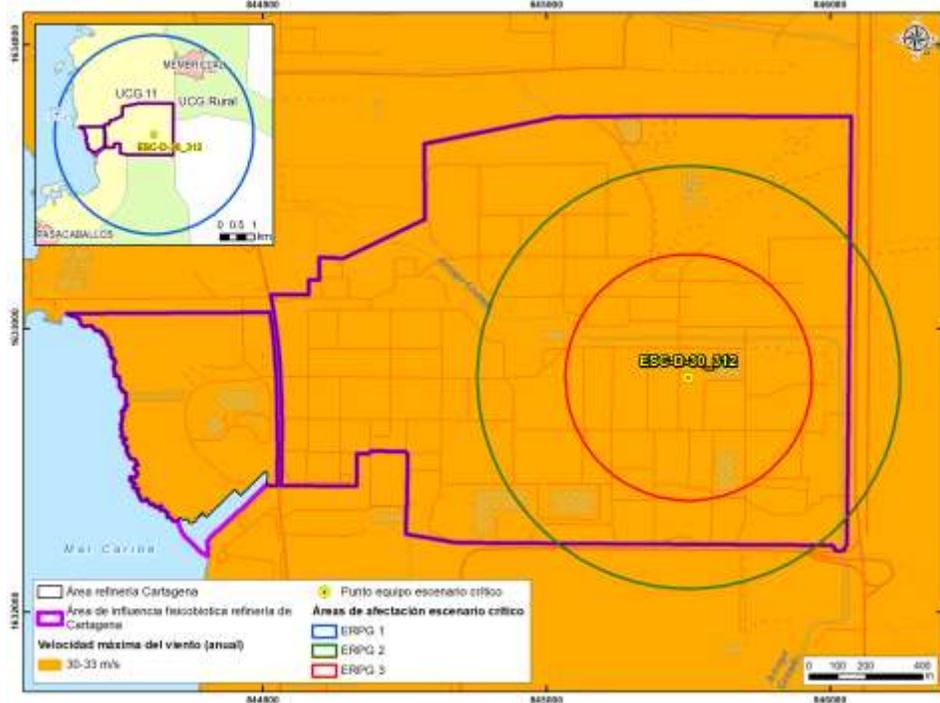
| CÓDIGO   | CATEGORIA | NOMBRE DE LA ESTACIÓN | NOMBRE DE LA CORRIENTE | ELEVACIÓN (m.s.n.m) | COORDENADAS |            |
|----------|-----------|-----------------------|------------------------|---------------------|-------------|------------|
|          |           |                       |                        |                     | LATITUD     | LONGITUD   |
| 14015020 | SP        | Apto Rafael Núñez     | Mar Caribe             | 2                   | 10.44725    | -75.516028 |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

Para la ciudad de Cartagena, durante esta época, que inicia desde el mes de diciembre hasta el mes de marzo, predomina el flujo de los vientos alisios del noreste, que se producen por el descenso del sistema de altas presiones de los azores, las cuales interactúan con la Zona de Convergencia Intertropical.

La época húmeda sobre la ciudad de Cartagena inicia cada año desde el mes de agosto, extendiéndose hasta el mes de noviembre. Durante este lapso las condiciones atmosféricas se ven influenciadas por la disminución de los vientos de manera considerable.

Figura 9-17 Promedio de la velocidad máxima del viento



Fuente: ConCol by WSP, 2019. Tomado del IDEAM, 2018.

De acuerdo con el mapa de promedios de velocidad máxima del viento 7.2 mph (millas por hora) elaborado por el IDEAM en el año 2018.

Según a la información presentada se puede determinar que hay vientos de gran intensidad que representan una fuerza significativa y por ende una amenaza alta; sin embargo, se debe tener en cuenta que a medida que los vientos del Oeste se alejan de la zona costera su velocidad disminuye.

Adicional a ello, en la revisión de información secundaria se establece en la Tabla 9-31 el reporte de eventos relacionados con vendavales ocurridos en el municipio donde se ubica el proyecto.

Tabla 9-31 Eventos de Vendavales según el sistema nacional de gestión del riesgo de desastre

| Fecha del Evento | Departamento | Municipio | Descripción del evento  |
|------------------|--------------|-----------|---|
| 03/07/2017       | Bolívar      | Cartagena | CDGRD Bolívar informa en el municipio de Cartagena en horas de la mañana, se presentó vendaval que afectó viviendas en techos e inundación en el sector histórico de la ciudad, atiende bomberos y CMGRD. |

| Fecha del Evento | Departamento | Municipio | Descripción del evento  |
|------------------|--------------|-----------|---|
| 02/10/2014       | Bolívar      | Cartagena | CMGRD Cartagena informa vendaval presentado el día de hoy donde 79 casas quedaron afectadas en los barrios Nelson Mandela 39 casas, corregimiento pasacaballos 35 casas, la esmeralda 6 casas, Gaitana 1 casa entre otra afectación de techos de viviendas, sin afectaciones humanas. |

Fuente: <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co>

Es importante resaltar que la velocidad del viento para esta zona es típica por corresponder a una zona costera y ante el poco registro de estos eventos catalogados como vendavales en la zona y considerando que el área donde se encuentra ubicada la Refinería de Cartagena corresponde a la zona industrial, esta posee características de infraestructura específicas para la realización de actividades asociadas a la industria de hidrocarburos y que cuenta con diseños y estándares de resistencia de los materiales y de construcción requeridos para la ejecución de actividades señaladas en la descripción de etapas del presente estudio. Así pues, esta amenaza no presenta un riesgo alto o considerable para el área de estudio analizada.

### **Amenaza por erosión costera**

La erosión de una costa ocurre si hay un cambio significativo en la rata de sedimentación de arena, si el porcentaje de arena que deja la costa es mayor del que llega; por otro lado si el aporte es mayor tendremos una zona de acreción en la costa, es importante hacer un cálculo del balance de sedimentos litorales, evaluando las contribuciones y pérdidas para calcular la pérdida o ganancia neta en un compartimiento de una costa; según (INVEMAR, 2009)

En el área de afectación del proyecto no se identificaron zonas de erosión o acreción costera, las zonas de erosión se encuentran relacionadas a la Zona de Bocagrande en el municipio de Cartagena, por lo cual no se incluye esta amenaza en el ejercicio de identificación y evaluación de las amenazas naturales.

### **Amenaza Tsunami**

Los tsunamis hacen referencia a una gran ola que irrumpe en un puerto, se puede definir un tsunami como una serie de olas sucesivas de gran longitud (cientos de kilómetros) y poca altura, con periodos (lapso entre el paso de dos olas sucesivas) en el rango de 5 a 60 minutos o más largos, que son producidas por una perturbación en el océano y propagadas a grandes velocidades en todas las direcciones. Los tsunamis viajan más lento en aguas costeras someras, pero su altura de onda puede aumentar drásticamente. (IDEAM, 2010). En el caribe colombiano no hay evidencia de impacto de tsunami en costas colombianas. Esta falta de datos puede tener, en principio, las siguientes explicaciones:

*“Ninguno de los tsunami ocurridos en el Caribe en épocas históricas llegó a tener efecto notable en poblaciones colombianas, bien sea por la ubicación de la fuente (costado N y E del arco antillano), por las características de propagación regional (batimetría, directividad) o por las condiciones locales (batimetría, forma de costa) de estas poblaciones. Las*

*pequeñas olas de tsunami que hubieren llegado hasta poblaciones costeras colombianas fueron percibidas como una manifestación más de un fenómeno mucho más frecuente en esta región, el “mar de leva” (cuyas causas son meteorológicas e interanuales)”. (Caicedo, H; et al).*

En conclusión, para el área de influencia del proyecto la amenaza de Tsunamis en las zonas costeras es muy baja.

### **Amenaza por aumento crítico del nivel del mar**

Las variaciones del nivel del mar que pueden tener lugar en un sitio determinado se asocian con las condiciones meteorológicas existentes, ya que estas pueden modificar la altura del mar positiva o negativamente. Normalmente, las fluctuaciones del viento a corto plazo, del orden de horas, no afectan la elevación del nivel del mar, pero si los vientos soplan en la misma dirección durante un período considerable (un día o más) pueden provocar cambios significativos en el nivel. Estas variaciones pueden dar origen a inundaciones costeras, como en el caso de los huracanes, mar de leva, entre otros.

El fenómeno conocido como "Mar de Leva", consiste en el aumento anormal de la altura del oleaje, aumento que es ocasionado por el efecto de fricción entre la superficie del mar y la masa de aire atmosférico en movimiento en forma de viento, el cual es intensificado con el paso de sistemas atmosféricos de mal tiempo (bajas presiones) que empujan las aguas oceánicas hacia la costa causando oleaje fuerte. El tamaño de las olas formadas depende de la velocidad y el tiempo que persista la misma velocidad de viento.

El mar de leva se refiere a un sistema de olas que se transporta lejos de la zona donde fueron generadas. Se llama también mar tendida por su aspecto regular, la longitud de la onda es superior a su altura y muestra crestas redondeadas que no rompen en alta mar, sino que lo hacen al llegar a tierra, por no estar influenciadas por el viento local. Puede presentarse mar de leva de 2 metros, con velocidad del viento 0 m/s. Normalmente es producido por el reducto de un temporal pasado o de una zona muy alejada. A un lugar puede llegar mar de fondo desde lugares distantes de donde sopla el viento. En ocasiones, puede llegar la mar de fondo originada por una perturbación ciclónica mucho antes de que llegue la borrasca.

En Colombia el fenómeno afecta la costa caribe colombiana. Es típico de la época seca o de vientos (diciembre - abril), históricamente el mar de leva en la costa Caribe muestra que casi siempre se presenta en enero y febrero y en algunas ocasiones se extiende a Marzo. Su duración es de aproximadamente 48 horas siendo su inicio más intenso que su final, pero su fuerza se ve reforzada por la acción de los vientos alisios que por la época soplan del norte - noreste. Se calcula que el fenómeno puede repetirse hasta cuatro veces en un solo mes y afecta a toda la costa del mar caribe colombiano.

A continuación, se presenta en la Tabla 9-32 los eventos reportados de subidas de nivel de mar en cercanías al área de influencia del proyecto.

**Tabla 9-32 Registro de subidas de nivel de mar reportadas cerca al área de estudio.**

| Fecha      | Fuentes    | Observaciones de causa |
|------------|------------|------------------------|
| 06/11/1939 | BDOD-00164 | -                      |

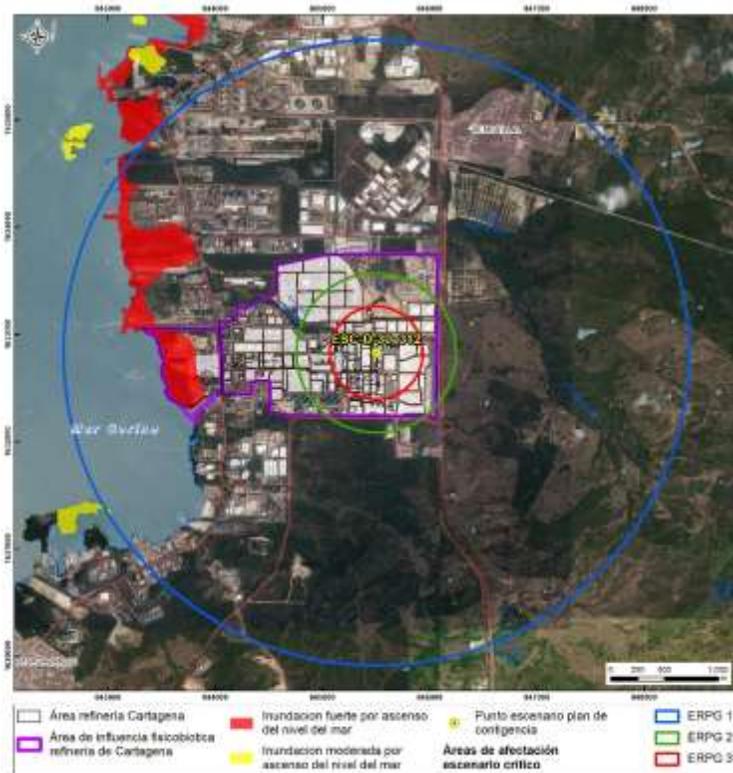
| Fecha      | Fuentes                                   | Observaciones de causa                              |
|------------|---|---|
| 05/11/1966 | BDOD-20052                                | -   |
| 12/02/1973 | EL TIEMPO 1973-02-13 P.2A                 | -   |
| 15/03/1978 | BDOD-30000                                | -   |
| 01/03/1984 | EL TIEMPO 1984-03-02                      | -   |
| 03/03/1986 | EL TIEMPO 1986-03-04                      | -   |
| 07/01/1987 | EL TIEMPO 1987-01-08                      | Mar de leva   |
| 09/02/1987 | EL TIEMPO 1987-02-10 P.1y3A               | Mar de leva   |
| 02/11/1987 | EL TIEMPO 1987-11-04 P.8A                 | -   |
| 03/11/1987 | BDOD-60515                                | -   |
| 25/02/1989 | EL TIEMPO 1989-02-26 PAG 10B              | Mar de leva   |
| 08/11/1990 | EL TIEMPO                                 | Fuerte invierno                                     |
| 01/02/1993 | EL TIEMPO                                 | -   |
| 15/03/1993 | EL TIEMPO                                 | Originada por el coletazo de la tormenta del siglo. |
| 11/01/1996 | EL TIEMPO 1996-01-17. P. 6B               | -   |
| 14/01/1996 | EL TIEMPO 1996-01-16                      | Mar de leva   |
| 18/01/2000 | EL TIEMPO 00-01-19                        | Mar de Leva   |
| 19/01/2002 | EL PAIS 2002-01-20                        | Mar de Leva   |
| 03/12/2003 | EL TIEMPO 2003/12/06                      | -   |
| 22/11/2006 | DPAD-EL TIEMPO 2006/11/25                 | -   |
| 15/12/2008 | El Tiempo                                 | -   |
| 12/02/2010 | El Tiempo, Viernes 13 de febrero de 2010, | -   |

Fuente: DesInventar, 2019

En el área de influencia de la refinería se puede observar que este fenómeno puede ocurrir en las áreas más proximales al mar, y puede ocasionar inundaciones fuertes por ascenso del nivel del mar afectando; en menor medida se encuentra esta como una amenaza moderada por la inundación intermedia por ascenso del nivel del mar, según INVEMAR, 2014.

En la Figura 9-18 se observa que según la información cartográfica disponible en el sistema cartográfico MIDAS de la ciudad de Cartagena las inundaciones fuertes por ascenso del nivel del mar según los reportes de Invemar al 2014, dentro de la Refinería la Unidad 143 de tratamiento de aguas residuales es la única que podría verse afectada por el aumento del nivel de mar.

Figura 9-18 Mapa de amenazas por inundaciones debido al aumento del nivel del mar



Fuente: (Alcaldía Mayor de Cartagena, 2018)

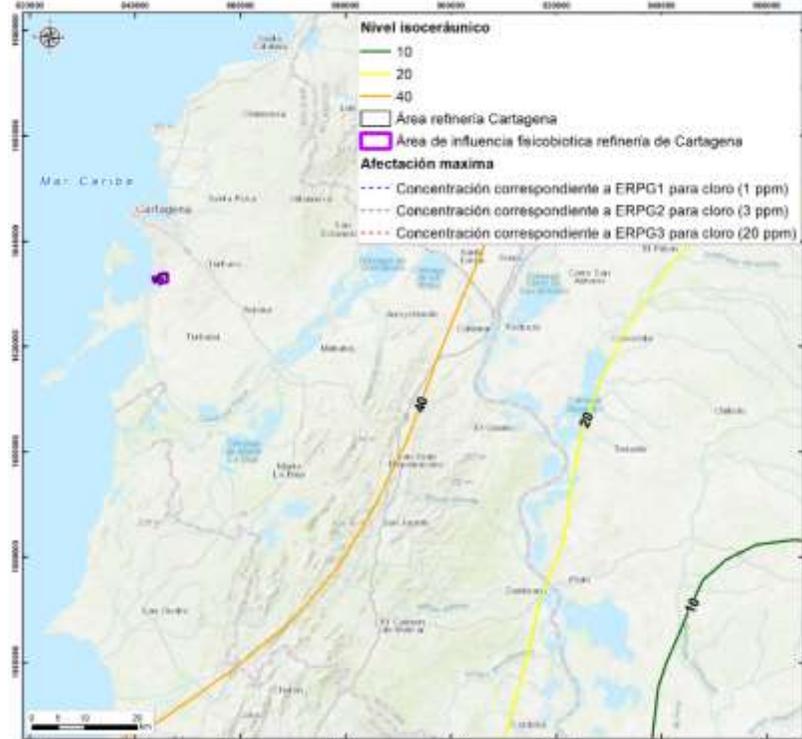
## Amenaza por Nivel Cerámico

### Tormentas eléctricas

Se caracteriza por una o varias descargas bruscas de electricidad atmosférica que se manifiestan por un destello breve e intenso, el relámpago, y por un ruido seco o un retumbo sordo, el trueno., generalmente acompañados de lluvia fuerte (Ministerio de educación y ciencia, dirección general de renovación pedagógica, pág. 165). Una forma de valorar la amenaza por tormentas eléctricas es a través de mapas isocerámicos que se construyen con los niveles cerámicos.

El Nivel Cerámico (NC) se define como el número de días al año en los cuales es oído por lo menos un trueno, y el valor máximo que se puede presentar es 365. Para la evaluación de la actividad de rayos en el área de estudio, se representa el NC mediante curvas de distribución de probabilidad acumulada. Este nivel posee en Colombia la distribución espacio—temporal presentada en el mapa de niveles cerámicos de la Figura 9-19.

**Figura 9-19 Amenaza Cerámica en el área de influencia de la refinería de Cartagena**



Fuente: HIMAT- UN, 1990

Según el mapa de niveles isocerámicos de Colombia elaborado en convenio entre el HIMAT y la Universidad Nacional, en el año de 1990, se puede interpretar que para el área de afectación del proyecto, se presenta un nivel isocerámico estimado de 40 días de tormentas al año; es decir, cada 8 días un (1) rayo durante los meses de mayor precipitación (mayo a octubre), ofreciendo una amenaza baja al Proyecto. Sin embargo, cualquier descarga eléctrica por rayo, independiente de su frecuencia en la zona, tiene una posibilidad alta de impactar las áreas operativas.

De acuerdo con lo anterior y los criterios de la Tabla 9-33, la probabilidad de amenaza por tormentas eléctricas, según el Nivel Cerámico es Muy Baja.

**Tabla 9-33 Probabilidad de amenaza de tormenta eléctrica con base en el nivel cerámico**

| Rango de NC (días/año) | Probabilidad |
|------------------------|--------------|
| ≤ 60                   | Muy baja     |
| 61-120                 | Baja         |
| 121-180                | Media        |
| 181-240                | Alta         |
| ≥ 241                  | Muy alta     |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

## Densidad de descargas a tierra

Es el número de rayos a tierra por kilómetro cuadrado al año, se determina por mediciones directas y ecuaciones en función del nivel ceráunico. Para determinar la densidad de descargas a tierra se tienen en cuenta la siguiente ecuación:

$$DDT = 0,0017NC^{1,56}$$

Dónde:

DDT: Densidad de rayos a tierra (descargas/Km<sup>2</sup>-año)

NC: Nivel Ceráunico (días/año)

**Tabla 9-34 Valores de densidad de rayos en el AI**

| Municipios del AI   | Nivel Ceráunico | DDT   |
|---------------------|-----------------|-------|
| Cartagena de Indias | 40 días         | 0.536 |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

Al aplicar la fórmula para el área de influencia se tomó valores de nivel Ceráunico de 40 días/año. En la Tabla 1.5 se establece que el municipio de Cartagena de Indias presenta valores de densidad de rayos por km<sup>2</sup> con un valor de 0.536 descargas/km<sup>2</sup>-año.

Teniendo en cuenta lo anterior, la probabilidad de amenaza según el nivel de densidad de las descargas eléctricas es muy baja de acuerdo con los rangos presentados en la Tabla 9-35 y el reporte para el área de influencia (Tabla 9-34).

**Tabla 9-35 Probabilidad de la amenaza según la DDT**

| Rango de DDT (descargas/km <sup>2</sup> -año) | Probabilidad |
|---|--------------|
| ≤ 9   | Muy baja     |
| 10-18   | Baja         |
| 19-27   | Media        |
| 28-36   | Alta         |
| ≥ 45  | Muy alta     |

Fuente: GIICO1. Adaptado ConCol, 2018

Dado lo anterior para el proyecto de modificación de licencia de la Refinería de Cartagena, la probabilidad de amenaza por tormenta eléctrica es muy baja, sin embargo las implicaciones que puede tener la ocurrencia de tormentas eléctricas van desde daños físicos debidos a efectos mecánicos, térmicos, químicos y explosivos, hasta fallos de los sistemas eléctricos y electrónicos debidos a efectos electromagnéticos y heridas en los seres vivos debido a las tensiones de contacto y de paso

Dado que la refinería cuenta con una Subestación eléctrica para el funcionamiento de sus instalaciones y a pesar de que la misma cuenta con polos a tierra que permiten aislar y

<sup>1</sup> GESTIÓN DE INFORMACIÓN, INGENIERÍA Y CONOCIMIENTO S.A. GIICO. Protección de edificaciones [diapositivas]. Medellín: GIICO, 2009. 158 diapositivas.

direccionar los flujos de corriente asociados a las descargas en la tierra, los fallos permanentes en los sistemas eléctricos y electrónicos pueden presentarse. Lo anterior a causa del impulso electromagnético de un rayo (IEMR), el cual puede ser transmitido a través de los cables de conexión de los aparatos, estructuras, líneas de energía eléctrica entrantes a la refinería.

- **Amenazas de origen externo (Socionaturales)**

Las amenazas socio-naturales corresponden a eventos físicos, fenómeno y/o actividades humanas potencialmente perjudiciales, que puede causar la muerte, lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental.

### **Avenida torrencial**

Según la guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000 elaborada por el servicio geológico colombiano del año 2017 y adaptando la definición presentada en la Metodología para la Evaluación del Riesgo en los POMCAS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & UNAL, 2013), las avenidas torrenciales son procesos tipo flujo que incluyen eventos generados sobre ríos y quebradas de alta montaña y en cuencas con características geomorfológicas que favorecen una alta acumulación de sedimentos sobre el cauce, cambios drásticos en el gradiente del afluente, alta densidad de drenaje y eventos de precipitación. Sus daños a la población y a la infraestructura son de magnitud mayor, al igual que el tiempo necesario para recuperación de las cuencas después de un desastre ocasionado por este fenómeno.

Las avenidas torrenciales son un tipo de movimiento en masa que se desplazan generalmente por los cauces de las quebradas, llegando a transportar volúmenes importantes de sedimentos y escombros, con velocidades peligrosas para los habitantes e infraestructura ubicados en las zonas de acumulación, de cuencas de montaña susceptibles de presentar este tipo de fenómenos.

De acuerdo a la definición anterior y teniendo en cuenta que la pendiente de la corriente está en relación directa con la velocidad del flujo y los fenómenos de socavación y sedimentación, ya sean procesos de erosión lateral o de fondo, como también en las migraciones que se dan dentro del cauce, lo que es un indicativo de las características hidráulicas de las corrientes y de los sedimentos a ser transportados o depositados. La naturaleza de la sedimentación fluvial y las características morfológicas de las geoformas resultantes dependen de los siguientes factores:

- i. Régimen hidrológico, o sea lo concerniente a las velocidades, cantidades y dirección de flujo de agua.
- ii. La carga de sedimentos de la corriente, que está controlada por la pendiente, la velocidad y el suministro de sedimentos.

En el área de afectación del proyecto el régimen de lluvia se divide en dos épocas, durante el año se presenta una temporada seca y una temporada de lluvias. La temporada seca se extiende de diciembre a abril en donde en estos meses llueve menos de 5 día al mes. En

los meses de mayo a noviembre las lluvias son más frecuentes y en promedio llueve entre 10 y 15 días por mes. El mes más lluvioso es octubre, cuando llueve alrededor de 16 días y el volumen caído es mucho mayor a los demás meses.

Adicional a ello la dinámica fluvial de los cauces presentes en el área de afectación, está condicionada por la intervención realizada a los mismos, el cauce del Arroyo Grande, está catalogado como un depósito aluvial, este está conformado por sedimentos formando niveles de poco espesor de rocas poco consolidadas de granulometría variada, a partir de cantos y sedimentos arrastrados desde la parte alta del río, erosionados de las unidades más antiguas.

En general la zona no presenta zonas con altas pendientes, ni relieves pronunciados, y presenta un patrón de drenaje de dendrítico a subdendrítico.

Dentro de la zona no se evidencia la presencia de ríos o quebradas de alta montaña y no se identifican cuencas con características geomorfológicas que favorecen una alta acumulación de sedimentos. Además, las precipitaciones no presentan valores tan altos, pues el mes más lluvioso alcanza los 214 mm, valor que en comparación con el régimen hidrológico de algunas zonas de Colombia es considerado entre medio y mínimo.

Con base en el análisis anterior no se evidencia amenaza por avenidas torrenciales pues la característica de la zona no posee las características que conlleven a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

### **Amenaza por inundación**

Las inundaciones, definidas como “1) el desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua”, o 2) “la acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas” WMO, 2012 – citado en (IDEAM, 2015) y sus características como ocurrencia, espacialidad, permanencia e intensidad de las inundaciones corresponden esencialmente a la relación entre las características hidrometeorológicas y las geomorfológicas.

Las inundaciones se producen principalmente por el aumento de caudales con desborde del cauce normal de los cuerpos de agua, estas tienden a ocurrir en época de invierno y afecta especialmente las zonas de bajas topográficas y planicies, de acuerdo a los análisis realizados de los caudales máximos y medios, el periodo comprendido entre los meses de octubre a diciembre, se caracterizan por el aumento del nivel del agua.

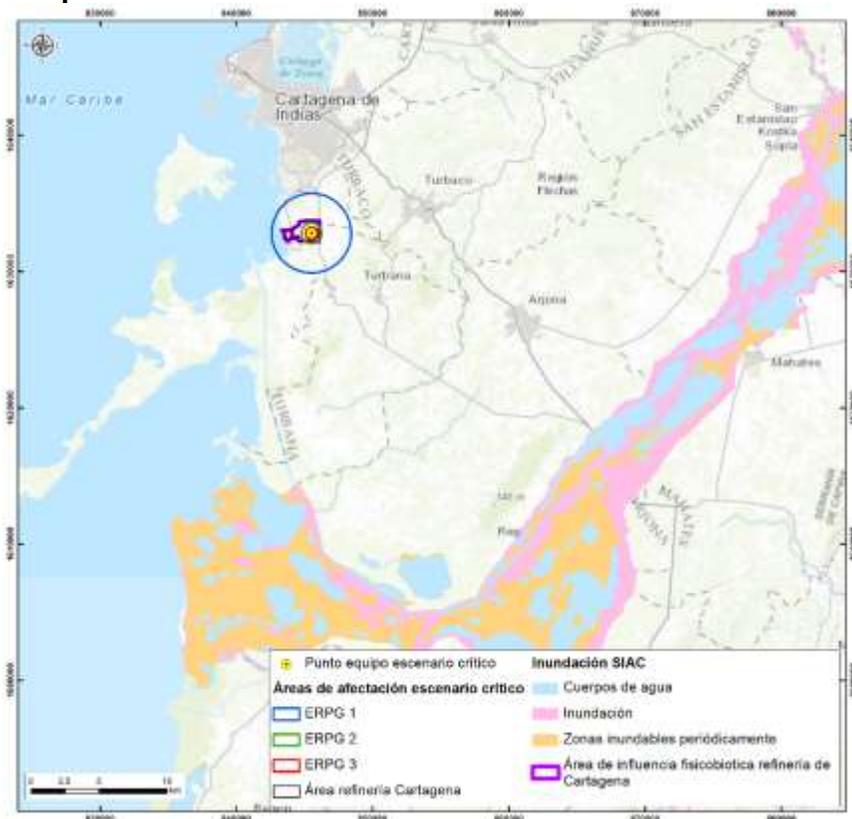
El estudio referente a nivel nacional y de mayor relevancia fue realizado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, para evaluar la susceptibilidad a inundación en todo el territorio nacional a escala 1:100.000. Para esto, el instituto tomó como línea base los meses de octubre y diciembre de 2001 (condiciones meteorológicas normales) para realizar los análisis espaciales, acompañados de fotointerpretación para zonificar el territorio nacional en zonas inundables periódicamente (por recurrencia de eventos), zonas inundadas (cota alcanzada durante el fenómeno de la Niña 2010 – 2011) y zonas susceptibles a inundación (extraídas con base en el análisis de sistemas morfológicos del territorio nacional en el año 2010 (IDEAM 2012).

Para establecer la relación espacio temporal asociada a áreas inundables por la dinámica fluvial de las corrientes, se realizó un análisis basado en la cartografía del sistema de información ambiental de Colombia-SIAC, donde se muestran para el país las siguientes categorías.

- i. Zonas susceptibles de inundación
- ii. Zonas inundables periódicamente
- iii. Zonas de cuerpos de agua
- iv. Zonas de inundación evento niña (2010 – 2011)
- v. Zonas no inundables

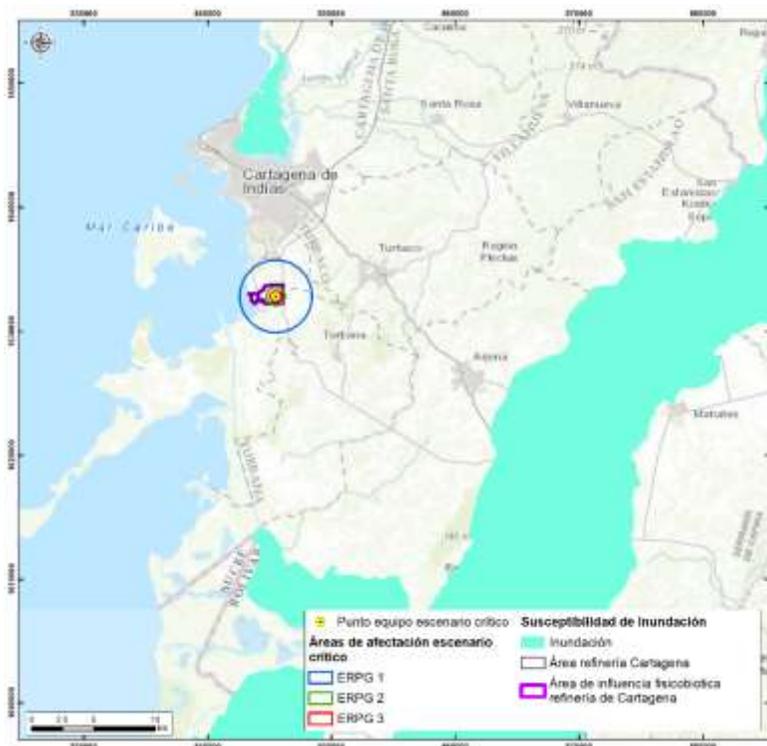
De acuerdo con la información oficial, en la Figura 9-20 se presenta la relación de los distintos criterios definidos por el SIAC con respecto al área de afectación y su debida especialización.

**Figura 9-20 Relación espacial de las inundaciones (Fenómeno de la Niña 2010-2011) según SIAC respecto al AI**



Fuente: IDEAM, 2012

Figura 9-21 Relación espacial de la susceptibilidad a inundaciones según el SIAC respecto al AI



Fuente: IDEAM, 2012

Como se evidencia en la Figura 9-21, no se evidencia susceptibilidad a inundaciones para el área de afectación, esto de acuerdo a la fuerte intervención que presenta la zona, la cual posee sistemas de alcantarillado y obras que permiten dar manejo a periodos de alta pluviosidad reteniendo la capacidad hidráulica de los drenajes.

Sin embargo, de acuerdo con IDEAM 2012, en lo referido a los aspectos de hidrología e hidráulica del arroyo grande, el cual atraviesa la refinería de Cartagena, se reportan eventos de inundación por desbordamiento en zonas donde el arroyo no se encuentra canalizado o donde las obras existentes presentan deficiencias. Con el fin de mitigar el riesgo de inundación por desbordamiento del arroyo Grande se han propuesto acciones estructurales, las cuales básicamente consisten en: ampliar y profundizar la sección del arroyo, y remplazar box culvert, puentes o pontones existente sobre el cauce del arroyo, y dado que estas acciones requieren intervenciones en zonas que no son propiedad de Ecopetrol, se puede determinar la construcción de diques para las zonas inundables, en caso de que no se realice ninguna intervención sobre el propio cauce del arroyo Grande en su tramo aguas abajo.

### Régimen Hidrológico

El Régimen Hidrológico de las fuentes está asociado a una descripción probabilística de la variabilidad de los caudales medios, máximos y mínimos de las corrientes superficiales, en

concordancia con las lluvias durante el año hidrológico y sus factores reguladores como la cobertura vegetal, los aportes de las aguas subterráneas y el tipo de suelos (Caicedo, 2008).

En general el régimen de lluvia, durante el año, presenta una temporada seca y una temporada de lluvias. La temporada seca se extiende de diciembre a abril. En estos meses llueve menos de 5 días al mes. En los meses de mayo a noviembre las lluvias son más frecuentes y en promedio llueve entre 10 y 15 días por mes. El mes más lluvioso es octubre, cuando llueve alrededor de 16 días y el volumen caído es mucho mayor a los demás meses

En cuanto a los caudales encontrados para el área, el análisis da como resultado una tendencia al déficit de agua en el suelo, ya que en la mayoría del año se denota un déficit constante, por lo cual los meses en donde existiría mayor probabilidad de inundaciones por desbordamientos serían en los meses de octubre y noviembre, los cuales reportan un periodo de equilibrio es decir meses donde no hay déficit ni exceso.

### **Análisis de temporalidad**

De acuerdo a la Tabla 9-36 en donde se presentan diferentes imágenes para diferentes años tomadas de Google Earth, se evidencia que en el tiempo se han ejecutado obras de irrigación, avenamiento y defensa contra las inundaciones.

En la imagen del 2005 se muestra que la parte sureste del área de la refinería se encuentra una zona de encharcamiento producto de la dinámica del Arroyo que atraviesa la Refinería.

En la imagen del 2009 y 2011 se observa el inicio de las obras para la canalización del arroyo y la mitigación de las inundaciones por el desborde del drenaje en predios de la refinería

En las imágenes del 2012 al 2017 no se evidencian cambios significativos en el área. Se observa, el funcionamiento de las obras de rectificación y adecuación del arroyo. En este caso la amenaza de inundación por desbordamientos depende de la profundidad, ancho y pendiente del canal y dado el reporte de las bajas precipitaciones en la zona, la amenaza por inundaciones sería baja.

**Tabla 9-36 Analisis multitemporal del área del proyecto**



Imagen del 2005



Imagen del 2009



Imagen del 2011



Imagen del 2012



Imagen del 2013



Imagen del 2014



Imagen del 2015



Imagen del 2016



Imagen del 2017

Fuente: ConCol by WSP, 2019

## Susceptibilidad a inundación

Teniendo en cuenta la cartografía SIAC, el cual es un insumo oficial importante, que lleva a una primera visualización de los escenarios de inundabilidad en el área. Esta cartografía presenta escalas muy gruesas (1:100.000 – 1:500.000) que no permiten detallar la particularidad del área de estudio y arroja valores bajos de las zonas susceptibles de inundación y las zonas inundables, respectivamente. Por lo cual para el análisis del área del proyecto se tomó la capa de unidades geomorfológicas escala 1:10.000.

Además se tomó como referencia la guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación del IDEAM, marzo 2018, donde se parte de la información a escala nacional de los sistemas morfogénicos del territorio colombiano, y donde se establece que para las zonas en que se cuente con información geomorfológica a escala más detallada, como es el caso, se pueden utilizar criterios similares de selección de unidades que presentan procesos de inundación y desborde en llanuras sometidas a régimen fluvial (IDEAM, 2018).

Así mismos se tuvieron en cuenta los recorridos de campo, antecedentes de la zona y temporalidad de esta. Los antecedentes y características generales como la inclinación del terreno y el tipo de clima son de importancia para el análisis de susceptibilidad. El clima para el área de afectación es cálido – seco, según Caldas Lang y el nivel de precipitación media mensual varía desde 14.5 a 247.1mm, con una temperatura promedio de 27.8°C. Adicionalmente en su mayoría el área de influencia presenta pendientes menores al doce por ciento (<12%), esta condición puede incrementar el grado de susceptibilidad a inundación. Sin embargo, para determinar el grado de susceptibilidad también se tuvieron en cuenta las obras de arte presentes en la zona.

Resultado del análisis de las condiciones de la zona y desde el punto de vista geomorfológico, el área con mayor susceptibilidad a inundarse es aquella asociada a la unidad geomorfológica, llanuras con vegetación halófila- Mpv y Cauces aluviales Fca, debido a la morfogénesis de esta unidad:

- i. Planos y llanuras con vegetación halófila- Mpv: Se originan por acción de los depósitos de manglar al occidente del área de influencia, son depósitos que están constituidos por arenas finas, limos y lodos, limitados por playas hacia el continente y el mar en la parte occidental, en esta geoforma se pueden desarrollar movimientos en masa, como erosión en los límites costeros debido a los oleajes.
- ii. Cauces Aluviales-Fca: Tipo de relieve plano, que ha sido formado a partir de la sobre excavación de corrientes perennes sobre los depósitos cuaternarios y formaciones geológicas del Neógeno. Se consideran áreas que presentan una alta susceptibilidad a eventos de inundación.

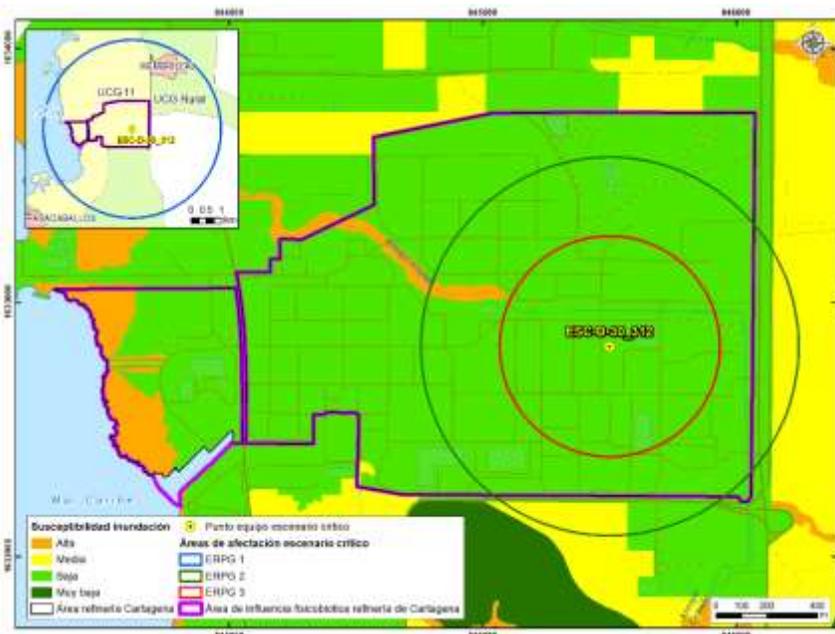
En tiempos de lluvias, los desbordamientos de las corrientes pueden deberse no solo a los cambios de precipitación, sino también a los grandes volúmenes de material sólido arrastrado o en suspensión en sus aguas, lo cual disminuye la capacidad de su cauce. Este evento puede manifestarse en la unidad de Cauces aluviales Fca, donde la carga de material sólido y la falta de obras hidráulicas hacen que el río inunde con frecuencia importantes áreas.

De otro lado se evidencia que el área con mediana susceptibilidad a inundarse es aquella asociada a la unidad geomorfológica Llanuras costeras-Mllc, la cual esta dada por las características litológicas, tectónicas y de relieve, en esta geofoma se pueden desarrollar movimientos en masa, como erosión laminar. Esta condición perturba las condiciones de infiltración aumentando los riesgos por inundación, encharcamiento y procesos erosivos por escorrentía. El encharcamiento se produce en suelos compactados y en terrenos con buena porosidad pero que presentan capas impermeables en profundidad, generalmente horizontes ricos en arcillas; igualmente ocurre en suelos con buena permeabilidad pero que permanecen muy húmedos por el aporte frecuente de agua superficial. En resumen, el encharcamiento se produce en terrenos mal drenados debido a la compactación o a la presencia de horizontes poco permeables, y los que reciben altas precipitaciones. Como es lógico el encharcamiento se agrava en zonas deprimidas de relieve como hondonadas o vaguadas por acumulación de aguas circundantes.

Seguidamente las áreas con baja susceptibilidad a inundarse las unidades geomorfológicas correspondientes a Canal Artificial Aca y Construcciones Industriales- Ar. En estas áreas existe la presencia de obras y sistemas de alcantarillado los cuales están para la retención de la capacidad hidráulica de los drenajes presentes en la zona y el manejo y transporte de aguas lluvias ante eventos de altas precipitaciones.

- i. Canal Artificial Aca: Canales construidos por dragado y para la rectificación de cauces actuales para facilitar la navegación y alejarlos de las áreas industriales.
- ii. Construcciones Industriales- Ar: Tipo de relieve plano, hechos técnica o artesanalmente con relleno de escombros en terrenos anegadizos para la construcción de zonas industriales

**Figura 9-22 Distribución de susceptibilidad de las áreas de inundación del área de influencia**



Fuente: Concol by WSP, 2016

Como se evidencia en la Figura 9-22, la susceptibilidad a inundaciones es alta para la zona costera y los drenajes que no se encuentran intervenidos dentro del área de influencia. Para el área de la refinería la amenaza es alta puntualmente para el muelle roll on roll off, el cual se encuentra ubicado sobre la zona costera.

El área de la refinería presenta una calificación baja, esto debido a la fuerte intervención que presenta la zona, la cual posee sistemas de alcantarillado y obras que permiten dar manejo a periodos de alta pluviosidad reteniendo la capacidad hidráulica de los drenajes. Además, según los análisis realizados con respecto a los caudales medios y máximos, el periodo en el que las cuencas que rodean el área de estudio presentan un caudal considerable comprenden únicamente los meses de octubre y noviembre, representando un periodo pluviométrico corto.

### ***Factor detonante: Precipitación***

En las zonas con susceptibilidad a inundación por desbordamientos de corrientes dadas por las características geomorfológicas e hidrológicas del terreno, las cuales determinan las diferencias en cuanto al grado de la susceptibilidad a las inundaciones, ya sea por desborde de caños y ríos o por eventos de precipitación; teniendo en cuenta que el promedio anual de pluviosidad del Área de afectación mayor a 1000 mm (bajo), generando estancamientos ocasionales y estacionales de agua.

Es así, como las inundaciones en el área de afectación del proyecto, obedecen principalmente a periodos de alta pluviosidad entre los meses de septiembre a noviembre, dónde la saturación del suelo y la capacidad hidráulica de los cauces son excedidas.

Para definir la precipitación como factor detonante es necesario conocer la variación de la misma durante un mes y no solamente los totales mensuales, por lo cual de acuerdo al observatorio ambiental de Cartagena de indias a continuación se muestra un análisis de la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año.

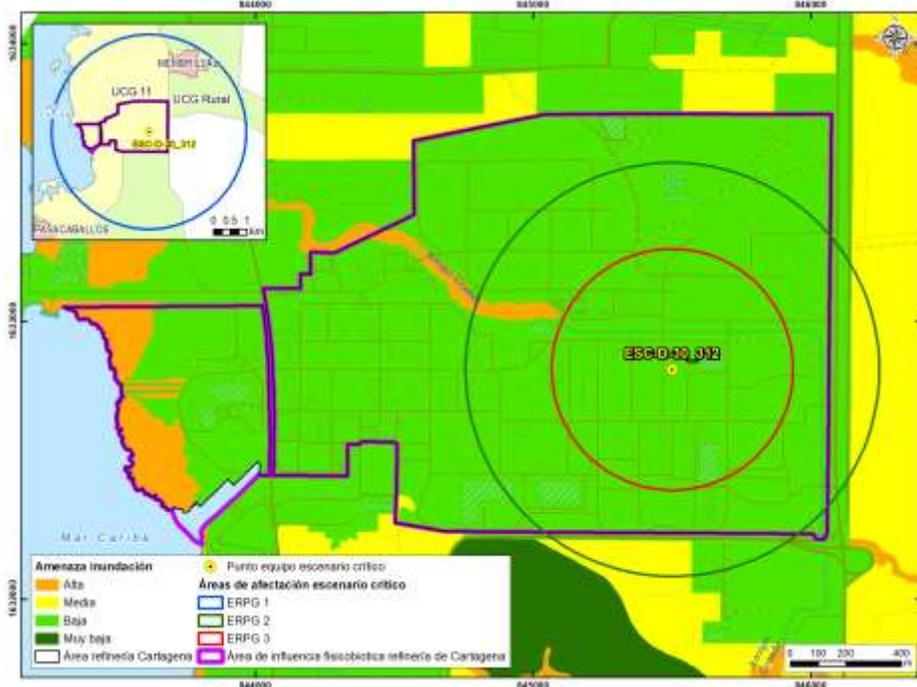
Las temperaturas promedias mensuales presentan una época donde hay presencia de lluvias (entre abril y diciembre) con una leve disminución en los meses de junio y julio debido al Veranillo de San Juan. El clima de Cartagena presenta dos épocas principales y una de transición; la época húmeda o época de lluvias (desde mayo hasta noviembre); la época seca, donde típicamente no hay registros de precipitación (inicia en diciembre y finaliza en abril); y por último, una época de transición donde se presentan lluvias esporádicas y altas temperaturas (junio y julio) conocida como el Veranillo de San Juan. Desde el mes de mayo hasta septiembre, y noviembre, se observaron registros similares de los valores medios de precipitación total mensual, cercanos a 100 mm. El valor máximo de precipitación total mensual se observó en octubre del 2007 (613 mm). Adicionalmente, en este mismo mes se observó el mayor valor promedio cercano a 220 mm. Seguido de octubre, el mes que registró el valor máximo (580,9 mm en el año 2010) y el mayor valor promedio (138,9 mm) de precipitación total fue noviembre. En los meses de transición, el promedio de las precipitaciones mensuales esta alrededor de los 100 mm y un máximo de precipitación total en julio del 2010 con 382,5. mm.

### Definición de la amenaza

De acuerdo con lo anterior se puede observar que los meses donde la precipitación tiene mayor probabilidad de actuar como detonante de las inundaciones son los meses de octubre y noviembre. Sin embargo, estas inundaciones se consideran de tipo lentas, debido a la baja pendiente, poca energía, y baja permanencia de agua.

De acuerdo con la geomorfología del área la espacialidad de las inundaciones puede extenderse sobre la unidad geomorfológica denominada como Cauces aluviales Fca, las cuales se desarrollan a lo largo del arroyo Grande, involucrando sectores de la unidad llanuras con vegetación halófila- Mpv las cuales corresponden a las áreas que se ubican sobre la bahía de Cartagena. De esta manera se obtiene, a partir de la susceptibilidad y el factor detonante, la espacialización de la amenaza por inundación como se refleja en la Figura 9-23 y la Tabla 9-37.

**Figura 9-23 Distribución de la amenaza de inundación en el área de influencia**



Fuente: Concol by WSP, 2019

**Tabla 9-37 Categorías para amenaza por inundación**

| Categoría            | Área (Ha)     | Porcentaje     |
|----------------------|---------------|----------------|
| Mar                  | 2,35          | 0,78%          |
| Baja                 | 283,59        | 93,70%         |
| Media                | 0,37          | 0,12%          |
| Alta                 | 16,33         | 5,40%          |
| <b>Total general</b> | <b>302,64</b> | <b>100,00%</b> |

Fuente: Concol by WSP, 2019

Adicional a ello, en la revisión de información secundaria por parte del consultor, se establece el reporte de eventos relacionados con inundaciones ocurridas en el municipio donde se ubica el proyecto.

**Tabla 9-38 Eventos de inundaciones según el sistema nacional de gestión del riesgo de desastre**

| Fecha del Evento | Descripción del evento   |
|------------------|--|
| 3/07/2017        | CDGRD Bolívar informa en el municipio de Cartagena en horas de la mañana, se presentó vendaval que afectó viviendas en techos e inundación en el sector histórico de la ciudad, atiende bomberos y CMGRD.  |
| 26/10/2014       | La lluvia sobre Cartagena en horas de la noche provocó emergencias en diferentes sectores, algunos barrios sin luz, daños en viviendas, árboles caídos y dos autos que se fueron a un canal arrastrado por la corriente, uno en el barrio el socorro y otro el barrio el campestre, son las afectaciones registradas al momento no lesionados u otro, en seguimiento   |
| 14/10/2014       | Tormenta en Cartagena causa inundaciones y afectaciones en la energía se reportan barrios de la zona suroriental de la ciudad y algunos sectores del centro histórico de Cartagena sin energía un fuerte aguacero comenzó a eso de las 3 de la madrugada y solo sobre las 5 han calmado las precipitaciones. En zonas como el mercado de Bazurto, la avenida pedro de Heredia y la calle de la media luna en la ciudad amurallada registran inundaciones por las lluvias.  |
| 01/11/2013       | Se presentó por un fuerte aguacero que se registró en la tarde de este jueves y que dejó varios sectores de la ciudad inundados y con varias vías principales colapsadas. manga (cerca al peaje), avenida del lago, centro (sector india catalina), transversal 54 (sector el amparo), son algunos de los puntos en los que se registraron trancones, al momento no se registran viviendas afectadas.  |
| 16/10/2013       | Reporta fuertes lluvias por más de dos horas lo que ocasiono inundación dejando 1 persona fallecida y 1 persona lesionada, luego de que dos vehículos fueran arrastrados por un arroyo en el suroccidente de la ciudad, en el barrio el socorro, en el sector conocido como foco rojo, en donde las fuertes corrientes arrastraron a un taxi, de placas uaq-217 de Cartagena, en el que se transportaba el conductor con un pasajero. El comandante del cuerpo de bomberos de Cartagena, Aníbal guerrero, confirmó que el conductor quedó atrapado dentro del vehículo, mientras que el pasajero logró ser rescatado por la comunidad. Reporta CMGRD |
| 07/10/2013       | Reporta seccional bolívar la recuperación de un niño en una cuneta, tras lluvias torrenciales, corregimiento: arroyo de piedra, 15 familias afectadas  |
| 18/06/2013       | CDGRD Bolívar, informa, en la ciudad de Cartagena inundaciones por escorrentía de aguas lluvias en el barrio el Pozón en horas de la noche, situación en desarrollo.   |

Fuente: UNGRD, 2019

### **Amenaza por Fenómenos de remoción en masa (Geotécnica)**

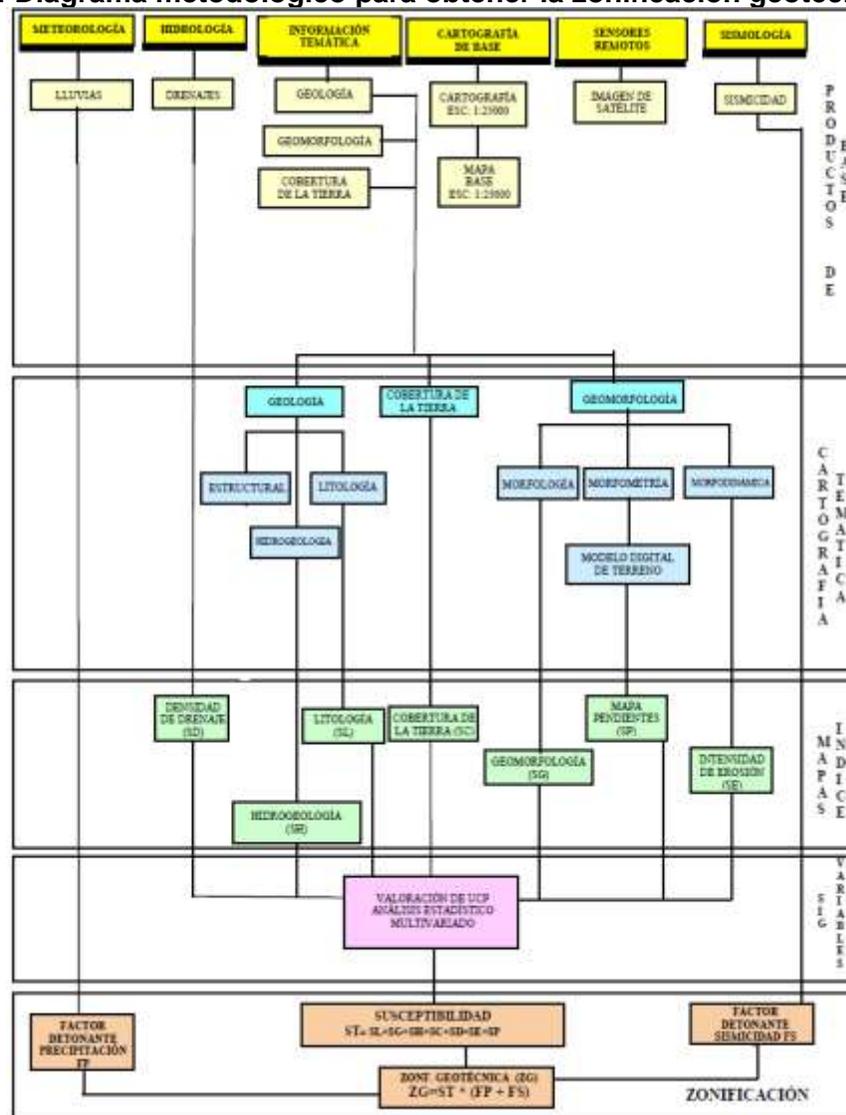
Esta amenaza natural se encuentra asociada a los fenómenos erosivos y de remoción en masa, consisten en la separación, traslado y sedimentación de materiales que conforman el suelo y roca, ocasionados por diferentes agentes como son el agua, viento, clima y fuerza de gravedad. De los agentes geomorfológicos erosivos, el agua es el más importante en la zona de estudio y es el responsable de la erosión pluvial y fluvial. El proceso de erosión pluvial se inicia por la acción de las gotas de lluvia sobre un suelo desprovisto de vegetación que provoca la disgregación de las partículas que lo conforman y luego por escorrentía se remueve este material.

Con base en la interacción de los factores intrínsecos y los factores detonantes que intervienen en la generación de los procesos de remoción en masa y procesos erosivos, se

establece la amenaza relativa del terreno caracterizada donde se realizó una zonificación con variables físicas para identificar zonas de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, la mayor parte del área caracterizada se encuentra en amenaza baja y áreas asociadas a los cauces del río presentan amenazas moderadas como el caso del Arroyo Grande.

La zonificación geotécnica se establece en cinco categorías, las cuales reflejan la conjugación de las variables incorporadas al análisis, incluyendo los factores intrínsecos de precipitación y sismicidad. (Ver Figura 9-24)

Figura 9-24 Diagrama metodológico para obtener la zonificación geotécnica



Fuente: Modificado de (Vargas, 1999)

Para el análisis de las variables geoambientales, se estableció un criterio semicuantitativo, donde se asignó a cada unidad de parámetro un valor de susceptibilidad de 1 a 5, como se presenta en la Tabla 9-39.

**Tabla 9-39 Categoría y valores de susceptibilidad para el análisis de las variables**

| Categoría de Susceptibilidad | Peso |
|------------------------------|------|
| Muy Baja                     | 1    |
| Baja                         | 2    |
| Moderada                     | 3    |
| Alta                         | 4    |
| Muy Alta                     | 5    |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

Teniendo en cuenta el conocimiento y las características de cada unidad de parámetro respecto a su grado de influencia o "calificación" en la inestabilidad del terreno se procedió a la calificación de cada unidad cartográfica de parámetro (UCP) como se muestra en la modelación de variables.

### Modelación de variables

#### *Litología o Geología (SL)*

Para el caso de las zonas de estudio, se asignó el valor de susceptibilidad muy alta (5) a los depósitos aluviales recientes (Qalr), Alta (4) a los depósitos no consolidados como los depósitos de playa (Qpm) a las rocas de la Formación Bayunca (Ngb) y a los depósitos de manglar (Qmm), se les da una calificación de 2 a los depósitos de llanura costera (Qfl). No se calificaron unidades litológicas de susceptibilidad muy baja. La Tabla 9-40 presenta las calificaciones dadas a las diferentes unidades litológicas.

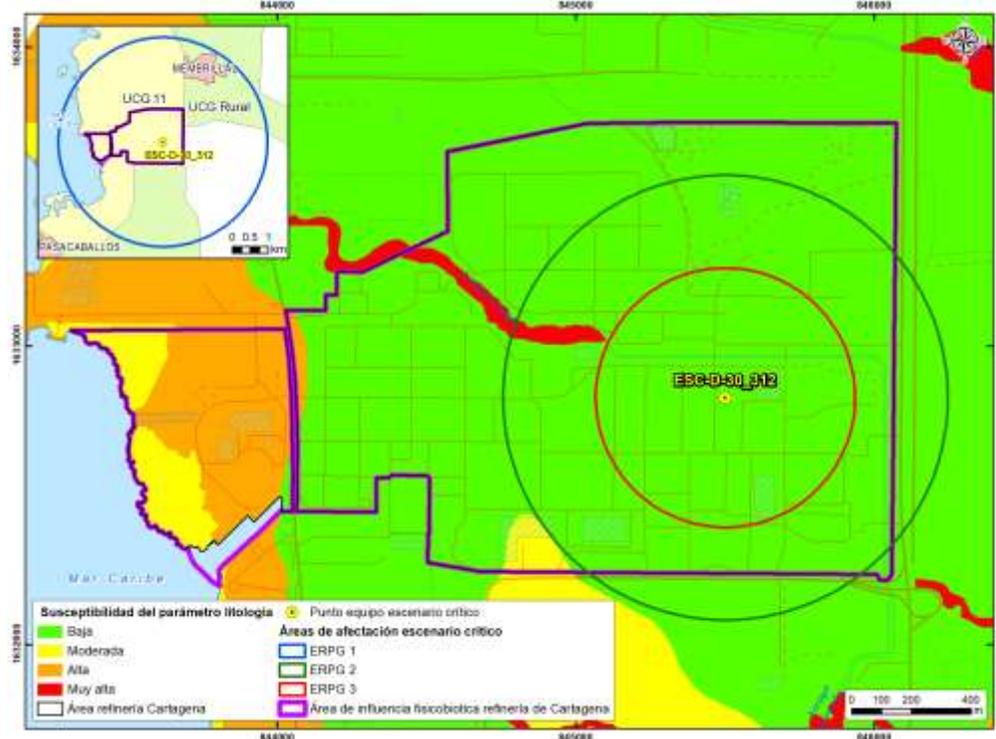
**Tabla 9-40 Valores de susceptibilidad por Litología**

| EON         | Era       | Periodo     | Serie    | Unidad geológica              | Símbolo | Peso |
|-------------|-----------|-------------|----------|-------------------------------|---------|------|
| Fanerozoico | Cenozoico | Cuaternario | Holoceno | Depósitos aluviales recientes | Qalr    | 5    |
|             |           |             |          | Depósitos de Manglar          | Qmm     | 3    |
|             |           |             |          | Depósitos de Playa            | Qpm     | 4    |
|             |           |             |          | Depósitos de Llanura Costera  | Qfl     | 2    |
|             |           | Neógeno     | Mioceno  | Formación Bayunca             | Ngb     | 3    |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

En la Figura 9-25 se presenta el mapa de susceptibilidad para el área de influencia de acuerdo con la sectorización por litología.

Figura 9-25 Mapa de susceptibilidad por litología



Fuente: ConCol by WSP, 2019

### Geomorfología (SG)

La remoción en masa incluye de forma integral un conjunto de factores adicionales que favorecen su generación, los cuales están relacionados con la naturaleza de los materiales, clima y vegetación; no son tenidos en cuenta para esta calificación de susceptibilidad desde esta perspectiva, pero implícitamente son evaluados desde otras temáticas que entran en concurso para la zonificación.

Con base en lo anterior y considerando los dos factores caracterizados en las unidades geomorfológicas (pendiente del terreno y erosión), se estableció la susceptibilidad del área de influencia del proyecto frente a los procesos de remoción en masa. En la siguiente Tabla, se presenta las calificaciones dadas a las diferentes unidades geomorfológicas.

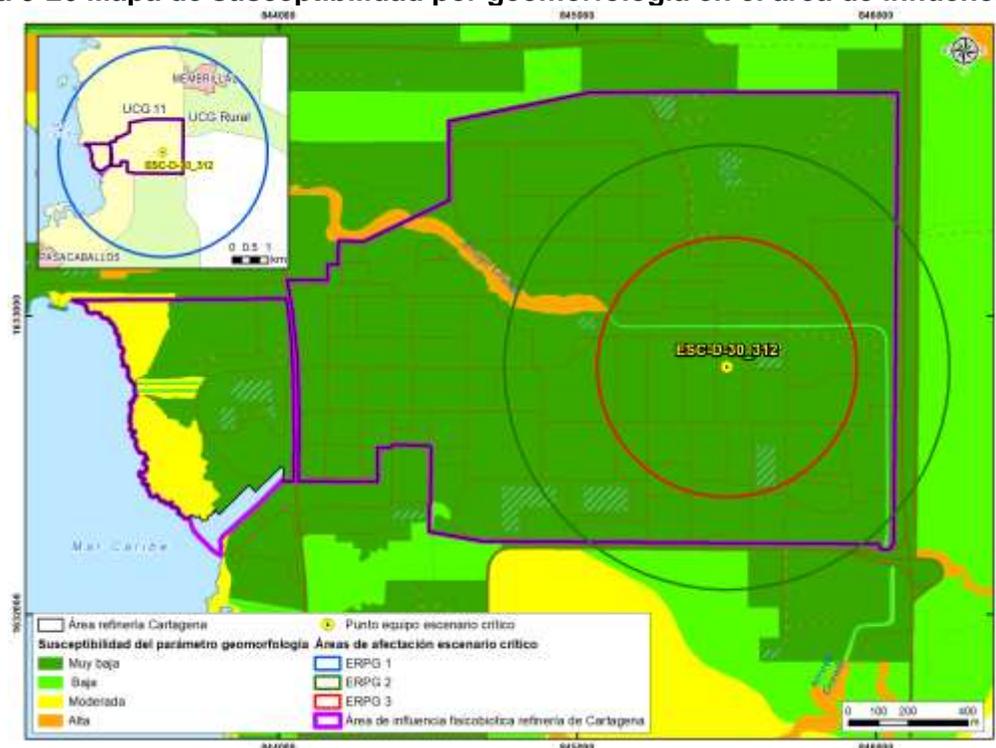
**Tabla 9-41 Valores de susceptibilidad por geomorfología.**

| Geomorfo-estructura    | Provincia        | Región            | Unidad                                    | Sub-unidad  | Símbolo | Peso |
|------------------------|------------------|-------------------|---|---|---------|------|
| OROGÉNICO COSTERO      | CINTURON DE SINÚ | Antropogénico (A) | Canal                                     | Canal Artificial  | Aca     | 2    |
|                        |                  |                   | Planos y llenos antrópicos                | Planos y llenos antrópicos para construcciones industriales | Ar      | 1    |
|                        |                  |                   | Llanuras costeras                         | Llanuras costeras   | Mllc    | 2    |
|                        |                  |                   | Planos y llanuras con vegetación halófila | Planos y llanuras con vegetación halófila (Manglares)       | Mvp     | 3    |
|                        |                  | Fluvial (F)       | Cauce Aluvial                             | Cauce Aluvial   | Fca     | 4    |
| PLATAFORMA CONTINENTAL | MAR CARIBE       | N/A               | N/A                                       | N/A   | N/A     | N/A  |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

En la Figura 9-26 se presenta el mapa de susceptibilidad para el área de influencia de acuerdo con la sectorización por geomorfología.

**Figura 9-26 Mapa de susceptibilidad por geomorfología en el área de influencia.**



Fuente: ConCol by WSP, 2019

### Hidrogeología (SH)

Las diferentes unidades hidrogeológicas se agrupan conformando unidades litológicas de acuerdo con su productividad, capacidad para almacenar y transmitir aguas subterráneas y valorar la posible afectación del recurso hídrico subterráneo, frente a las actividades que se deriven de la operación de la Refinería de Cartagena. De acuerdo con la clasificación de las unidades litológicas frente al comportamiento hidrogeológico, se consideran de los siguientes tipos para el área de influencia:

**Acuíferos:** Unidad geológica que permite el almacenamiento y circulación del agua dadas sus condiciones de permeabilidad suficientes para generar acumulaciones significativas del recurso hídrico, los acuíferos más comunes son las arenas y gravas (materiales no consolidados), (Sanchez, 2014). Para el área de afectación tenemos los Depósitos Aluviales recientes (Qalr).

**Acuitardos:** Unidad geológica que conteniendo apreciables cantidades de agua la transmiten muy lentamente, por lo que no son aptos para el emplazamiento de captaciones de aguas subterráneas, sin embargo, bajo condiciones especiales permiten una recarga vertical de otros acuíferos, que puede llegar a ser muy importante. En el área de influencia son de gran extensión está constituido por: Depósitos de Playa (Qmp), depósitos de llanura costera (Qfl), depósitos de manglar (Qmm) y la Formación Bayunca (Ngb). (Sanchez, 2014). En la Tabla 9-42 se presenta las calificaciones dadas a las diferentes unidades hidrogeológicas.

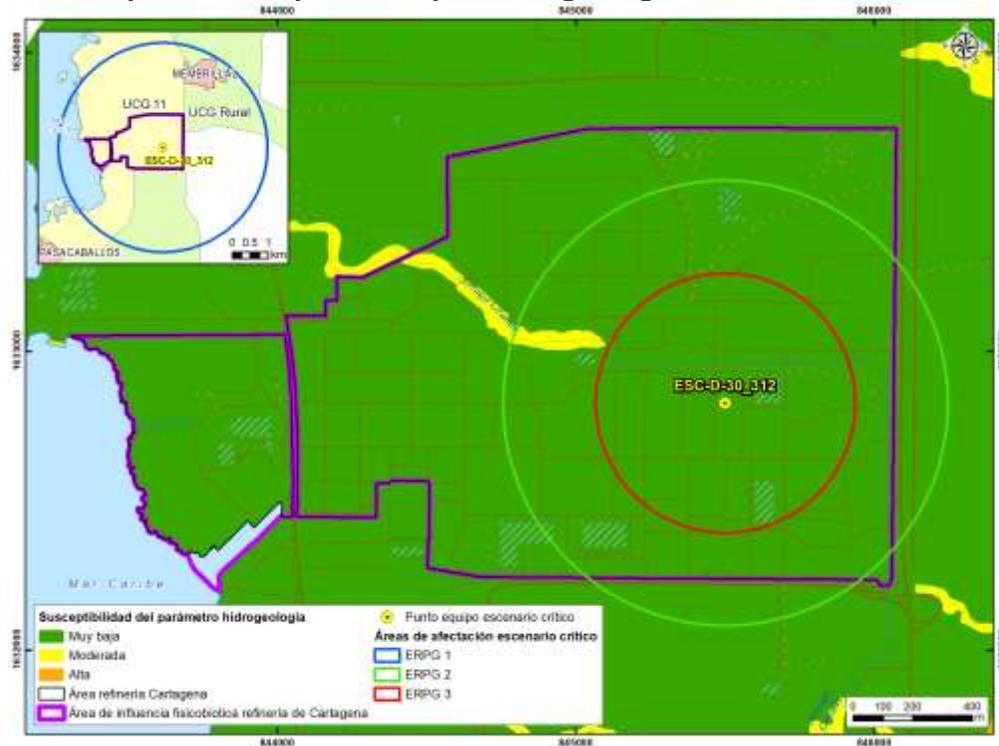
**Tabla 9-42 Valores de susceptibilidad por Hidrogeología.**

| <b>Sistemas acuíferos presentes en la zona del Estudio de impacto ambiental para la modificación a la licencia ambiental de REFICAR S.A</b> |  |                                      |             |
|---|--|--------------------------------------|-------------|
| <b>Sistema de Acuífero</b>  |  | <b>Unidades Hidrogeológicas</b>      | <b>Peso</b> |
| Sedimentos y rocas con flujo intergranular  |  |                                      |             |
| A1  | Acuíferos de Baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m         | Depósitos Aluviales recientes (Qalr) | 3           |
| Sedimentos y rocas con limitados recursos de agua subterránea   |  |                                      |             |
| C1  | Acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio < de 0.05 l/s/m. | Depósitos de Llanura Costera (Qfl)   | 1           |
|   |  | Depósitos de Playa ( Qmp)            | 1           |
|   |  | Depósitos de Manglar (Qmm)           | 1           |
|   |  | Formación Bayunca (Ngb)              | 1           |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

En la Figura 9-27 se presenta el mapa de susceptibilidad para el área de influencia de acuerdo con la sectorización por hidrogeología.

**Figura 9-27 Mapa de susceptibilidad por hidrogeología en el área de influencia**



Fuente: ConCol by WSP, 2019

### **Cobertura de la tierra (SC)**

Las coberturas vegetales son elementos naturales de protección del suelo contra la erosión; según Roldan (2.005; citado por Lianes, 2.008), la vegetación juega un papel muy importante en el proceso de erosión hídrica, pues controla la energía de las gotas de lluvia, mejora la capacidad de infiltración del suelo y disminuye la escorrentía. Los componentes aéreos como hojas y tallos absorben parte de la energía de las gotas de lluvia, del agua en movimiento y del viento, de esta manera, su efecto es menor que si actuaran directamente sobre el suelo.

De igual forma, los componentes subterráneos, como los sistemas radiculares, contribuyen a la resistencia mecánica del suelo (Morgan, 1997; citado por Lianes, 2008); de este modo, la cantidad y calidad de la cobertura vegetal (protección vertical) disminuye notablemente los procesos erosivos (Marchamalo, 2004; citado por Lianes, 2008). En la Tabla 9-43 se presenta las calificaciones dadas a las diferentes coberturas de la tierra.

**Tabla 9-43 Valores de susceptibilidad por Coberturas de la tierra**

| Nivel 1                          | Nivel 2  | Nivel 3                          | Nivel 4           | Nivel 5                     | Nivel 6            | Símbolo | Peso |
|----------------------------------|--|----------------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|---------|------|
| 1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS  | Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación | Zonas industriales o comerciales |                   |                             |                    | 121     | 1    |
| 3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES | Bosques  | Bosque Denso                     | Bosque Denso Alto | Bosque Denso Alto Inundable | Manglar denso alto | 311122  | 1    |
|                                  |  | Bosque de galería y ripario      |                   |                             |                    | 314     | 1    |
|                                  |  | Plantaciones latifoliadas        |                   |                             |                    | 3152    | 1    |
|                                  | Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva              | Vegetación secundaria baja       |                   |                             |                    | 3232    | 2    |
| 5. SUPERFICIES DE AGUA           | Aguas continentales                                      | Canales                          |                   |                             |                    | 513     | 1    |
|                                  | Aguas marítimas  | Mares y océanos                  |                   |                             |                    | 522     | N/A  |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

Figura 9-28 Mapa de susceptibilidad por cobertura de tierra en el área de influencia



Fuente: ConCol by WSP, 2019

### Densidad de drenajes (SD)

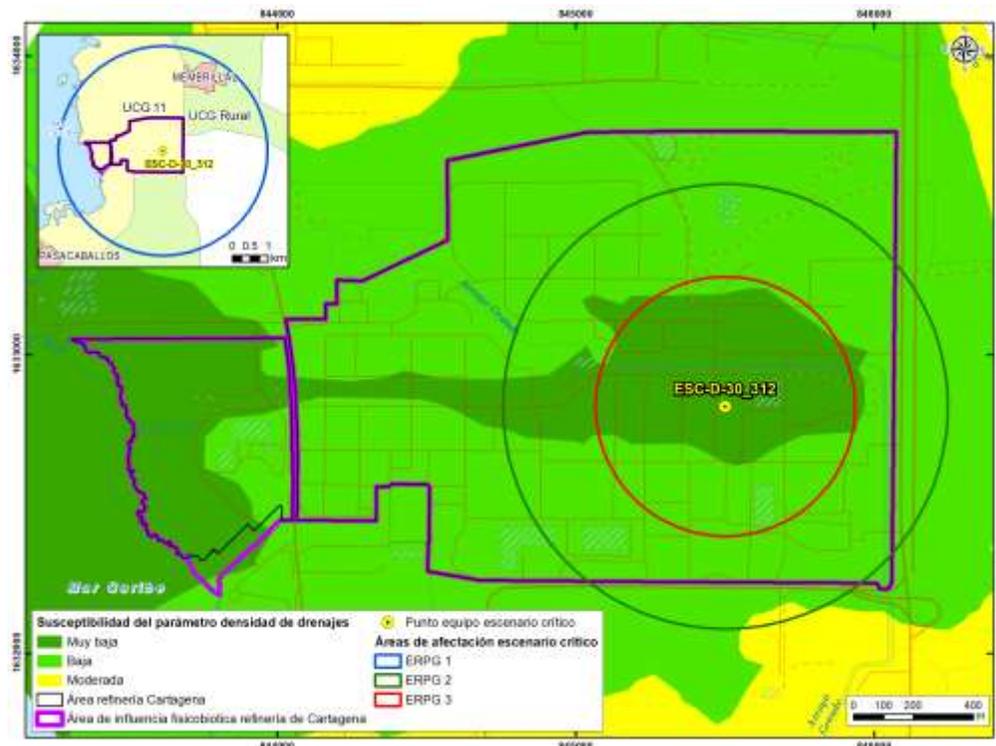
Para el presente estudio, se determinó la densidad de drenaje, a partir de los drenajes identificados en la cartografía escala 1:10.000. En la Tabla 9-44 se presenta la clasificación de valores de esta variable, basado en el análisis de 1.283 unidades hidrográficas, de órdenes cuatro a ocho, localizadas en Colombia. (Londoño, 2001).

Tabla 9-44 Ponderación de drenajes según su tipo

| Rango de densidad | Susceptibilidad a producir FRM | Peso |
|-------------------|--------------------------------|------|
| < 1,5             | Muy Baja                       | 1    |
| 1,5 - 3           | Baja                           | 2    |
| 3 - 4,5           | Media                          | 3    |
| 4,5 - 6           | Alta                           | 4    |
| > 6               | Muy Alta                       | 5    |

Fuente: Datos calculados a partir de la Cartografía base escala 1: 10.000 Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2015), Modelo de Elevación Digital (DEM ASTER, 2012).

Figura 9-29 Mapa de susceptibilidad por densidad de drenajes en el área de influencia



Fuente: ConCol by WSP, 2019

### Densidad de fallas (SF)

El estado de fracturación de las rocas depende de la presencia y magnitud de las fallas geológicas, fracturas y sistemas de diaclasamiento; las cuales permiten en los macizos rocosos el desarrollo de procesos de meteorización de las rocas, y desarrollo de zonas de debilidad de estas, que las hacen más susceptibles a fallamiento e inestabilización del terreno. Para la calificación en el análisis de susceptibilidad se consideraron los rasgos estructurales que afectan la zona de estudio reportados en la cartografía de INGEOMINAS, ahora SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC).

En la Tabla 9-45 se muestra las calificaciones dadas a los respectivos tipos de fallas.

Tabla 9-45 Ponderación de fallas según su tipo

| Tipo de fallas     | Ponderación |
|--------------------|-------------|
| Falla Mamonal      | 2           |
| Falla Pasacaballos | 2           |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

Posteriormente, mediante el procesamiento de la información en SIG se hizo el cálculo de la densidad de fallas por unidad de área (Km/Km<sup>2</sup>), estableciendo un radio de influencia de 1 km. El resultado de esta operación permitió clasificar cada punto del mapa dentro de cinco

categorías de la siguiente manera.

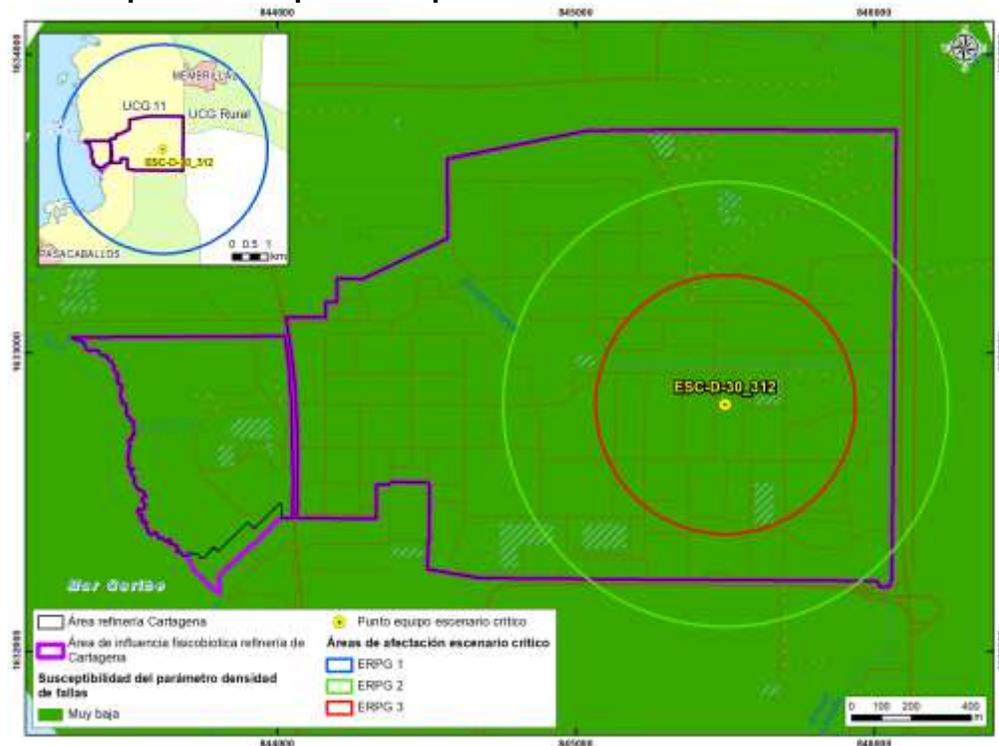
**Tabla 9-46 Valores de susceptibilidad por densidad de fallas**

| Unidad Cartográfica de Parámetro (UCP) (Km/Km <sup>2</sup> ) | Peso |
|--|------|
| < 0,9  | 1    |
| 0,9 - 2,4  | 2    |
| 2,4 - 3,3  | 3    |
| 3,3 - 4,0  | 4    |
| > 4  | 5    |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

En la Figura 9-30 se presenta el mapa de susceptibilidad para el área de influencia de acuerdo con la sectorización por densidad de fallas.

**Figura 9-30 Mapa de susceptibilidad por densidad de fallas área de influencia**



Fuente: ConCol by WSP, 2019

### **Pendientes (SP)**

El grado de inclinación de las laderas naturales, favorece o disminuye la resistencia al corte de los diferentes materiales que conforman los taludes sobre el área de influencia del proyecto. Se establecieron cinco categorías, donde a las pendientes escarpadas y muy escarpadas se les asignó el peso más alto, mientras que a los terrenos ligeramente planos y planos se les asignó el peso más bajo, ver Tabla 9-47.

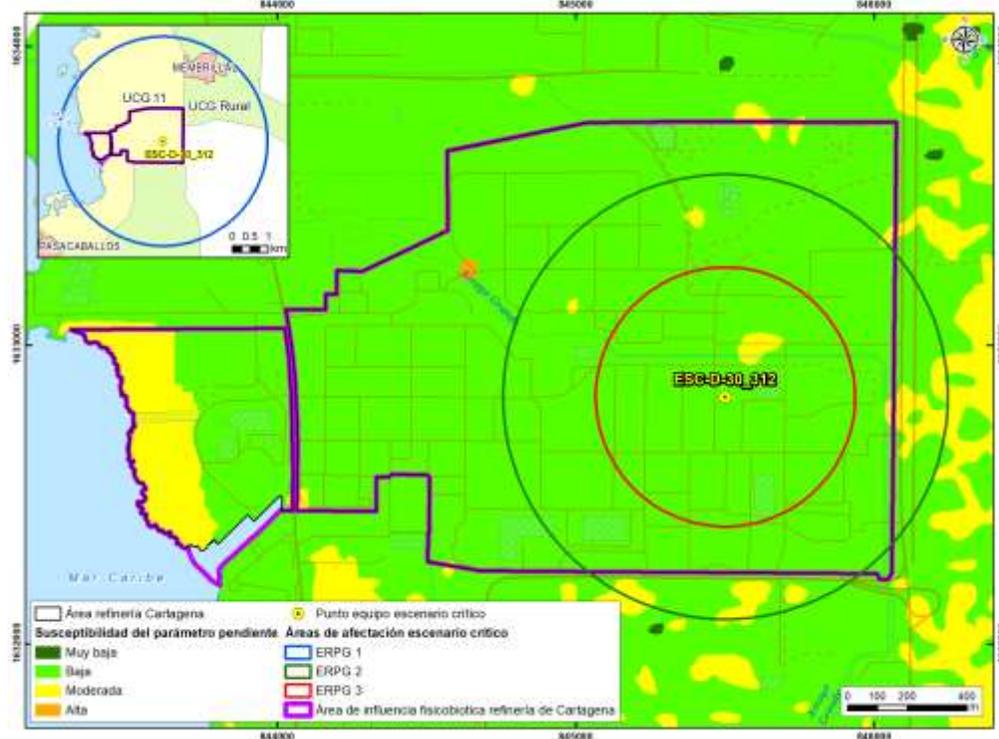
**Tabla 9-47 Valores de susceptibilidad por pendientes**

| Unidad Cartográfica de Parámetro |  | Peso |
|----------------------------------|--|------|
| 1 - 3%                           | Plano a Ligeramente Plano                        | 1    |
| 3 - 7%                           | Ligeramente Inclinado                            | 2    |
| 7 - 12%                          | Moderadamente Inclinado                          | 3    |
| 12 - 25%                         | Fuertemente Inclinado                            | 3    |
| 25 - 50%                         | Ligeramente Escarpado o Ligeramente Empinado     | 4    |
| 50 - 75%                         | Moderadamente escarpada o moderadamente empinada | 4    |
| 75 - 100%                        | Fuertemente escarpada o fuertemente empinada     | 5    |
| > 100%                           | Totalmente escarpada                             | 5    |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

En la Figura 9-31 se presenta el mapa de susceptibilidad para el área de influencia de acuerdo con la sectorización por pendientes

**Figura 9-31 Mapa de susceptibilidad por pendientes área de influencia**



Fuente: ConCol by WSP, 2019

### **Procesos morfodinámicos (SE)**

Mediante la interpretación de imágenes de satélite y la visita de campo realizado en el área de influencia del proyecto, se realizó la cartografía de procesos erosivos y procesos de remoción en masa.

Cabe destacar que todos los procesos identificados fueron la base de la creación de este mapa base, el cual sirvió para realizar el ajuste y materialización de la zonificación

geotécnica.

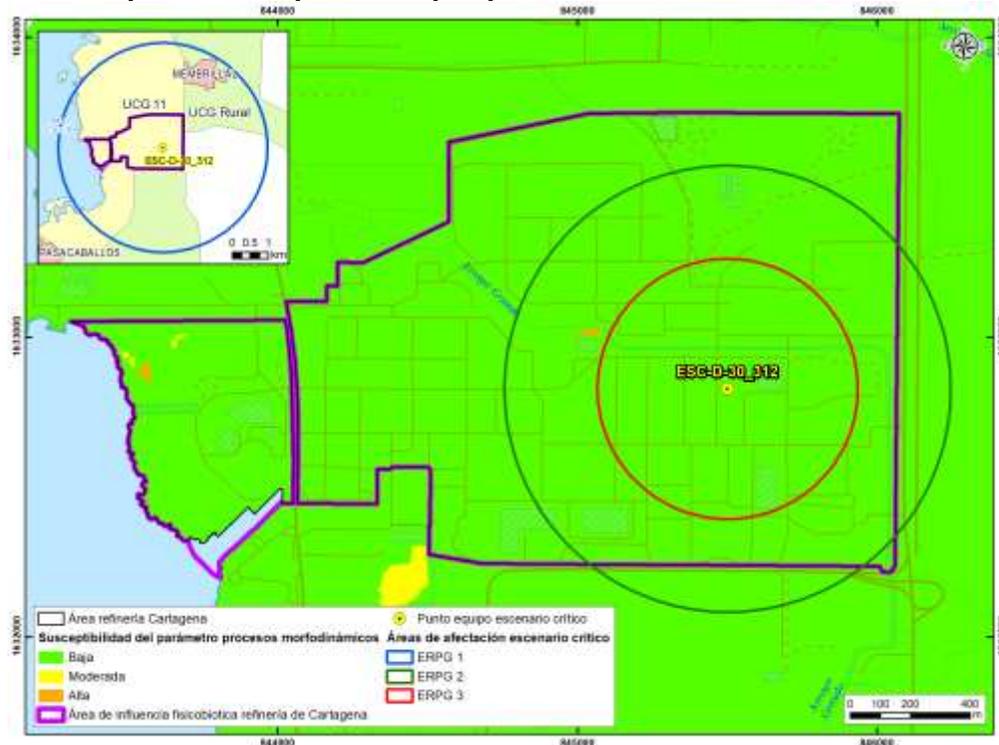
Los procesos erosivos de mayor afectación en el área de influencia del proyecto corresponden a erosión laminar, cárcavas y socavación, que pueden presentarse en grado moderado y alto como se presentan en la Tabla 9-48.

**Tabla 9-48 Valores de susceptibilidad por procesos morfodinámicos**

| Unidad cartográfica de parámetro (UCP) | Peso |
|--|------|
| Baja                                   | 2    |
| Moderada                               | 3    |
| Alta                                   | 4    |

Fuente: Concol by WSP, 2019

**Figura 9-32 Mapa de susceptibilidad por procesos morfodinámicos**



Fuente: Concol by WSP, 2019

### Susceptibilidad a los procesos de remoción en masa

Durante el proceso de evaluación de la amenaza por procesos erosivos y de remoción en masa, se elaboró un mapa de susceptibilidad general del terreno mediante un análisis estadístico multivariado (Sistema de Evaluación Numérica), en el cual son sumados digitalmente los ocho mapas de susceptibilidad (Superposición de Mapas e Integración Espacial de Información), que representan los factores intrínsecos que condicionan la generación y reactivación de estos procesos. Este procedimiento se realizó utilizando el SIG ArcGis10, así:

$$ST = SL + SG + SH + SC + SD + SF + SP + SE$$

Dónde:

ST = Susceptibilidad del terreno a los procesos erosivos y de remoción en masa.

SL = Susceptibilidad del parámetro litología.

SG = Susceptibilidad del parámetro geomorfología.

SH = Susceptibilidad del parámetro hidrogeología.

SC = Susceptibilidad del parámetro cobertura de la tierra.

SD = Susceptibilidad del parámetro densidad de drenajes.

SF = Susceptibilidad del parámetro densidad de fallas.

SP = Susceptibilidad del parámetro pendiente.

SE = Susceptibilidad del parámetro intensidad de erosión.

Teniendo en cuenta que existen ocho variables de análisis, los valores sumatorios varían entre 14 y 28, por lo cual se establecen los siguientes intervalos para la categorización del mapa de susceptibilidad general del terreno a los procesos erosivos y de remoción en masa, como se muestra a continuación en la Tabla 9-49.

**Tabla 9-49 Intervalos para categorizar la susceptibilidad general del terreno**

| Intervalos | Peso | Categorías de susceptibilidad |
|------------|------|-------------------------------|
| <16        | 1    | Muy Baja                      |
| 16-20      | 2    | Baja                          |
| 21-24      | 3    | Moderada                      |
| 25-26      | 4    | Alta                          |
| >26        | 5    | Muy Alta                      |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

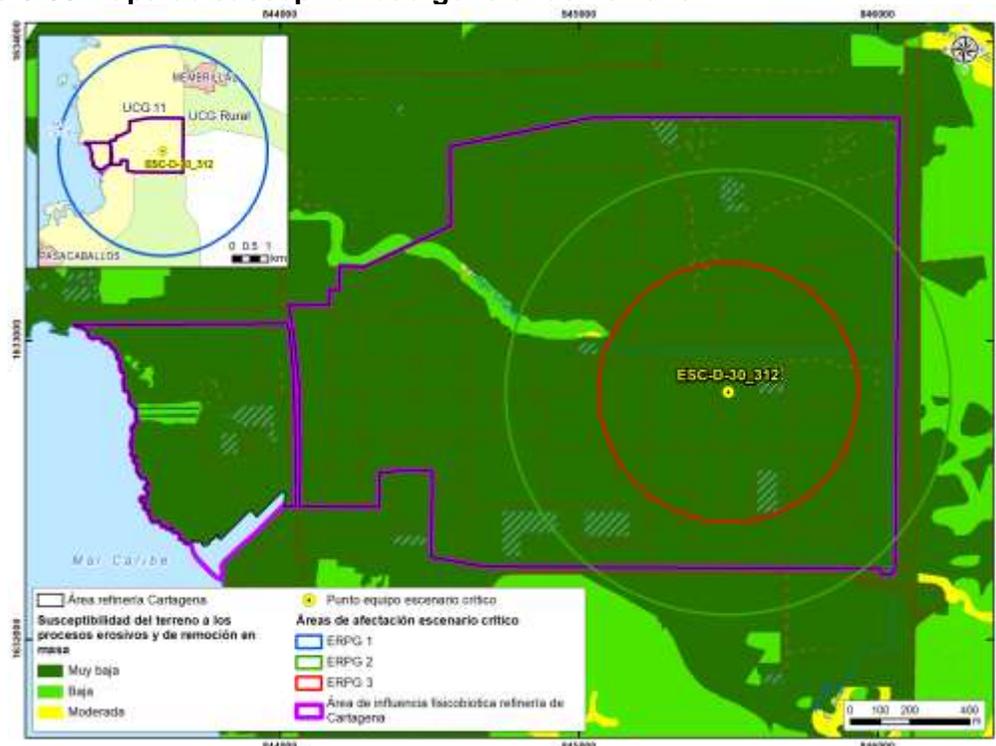
En la Figura 9-33 y la Tabla 9-50 se presenta el mapa de susceptibilidad general del terreno a procesos erosivos y de remoción en masa.

**Tabla 9-50 Áreas de susceptibilidad general del terreno a los procesos erosivos y de remoción en masa.**

| Intervalos | Categorías de susceptibilidad | Área (ha) | Área%   |
|------------|-------------------------------|-----------|---------|
| <16        | Muy Baja                      | 295,15    | 97,53%  |
| 16-20      | Baja                          | 4,95      | 1,63%   |
| 21-24      | Moderada                      | 0,19      | 0,06%   |
| Mar Caribe |                               | 2,35      | 0,78%   |
| Área total |                               | 302,64    | 100,00% |

Fuente: Concol by WSP, 2019

Figura 9-33 Mapa de susceptibilidad general del terreno



Fuente: ConCol by WSP, 2019

### Factores detonantes

Los factores detonantes que se contemplaron en la ejecución del modelo son precipitación y sismicidad.

### Precipitación (FP)

La precipitación, principalmente en periodos invernales, se define por su intensidad, duración y distribución espacial. La relación lluvia-deslizamiento varía de un sitio a otro dependiendo de las condiciones locales de la zona, como la humedad, el tipo y uso del suelo, y topografía, entre otros. El factor de precipitación se asignó de acuerdo con los valores del mapa de distribución de la precipitación. Como se muestra en la Tabla 9-51.

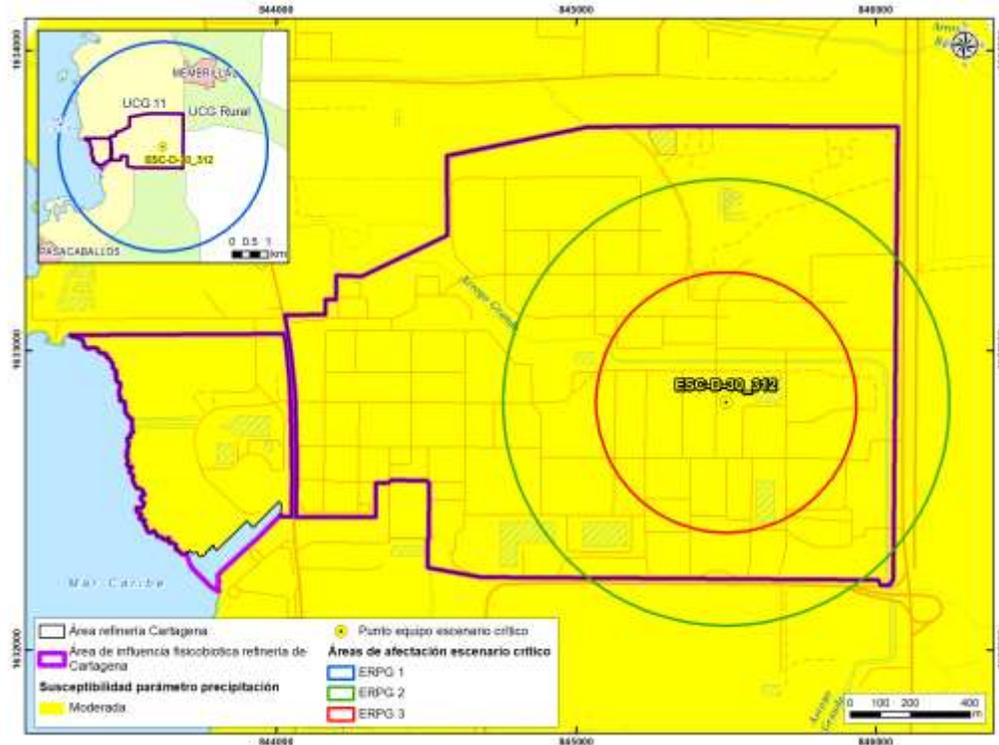
Tabla 9-51 Intervalos de categorías de precipitación

| Unidad Cartográfica de Parámetro | Categoría de susceptibilidad | Peso |
|----------------------------------|------------------------------|------|
| < 500 mm/año                     | Muy Baja                     | 1    |
| 501 – 1000                       | Baja                         | 2    |
| 1001 – 2000                      | Media                        | 3    |
| 2001 – 3000                      | Alta                         | 4    |
| >3001                            | Muy Alta                     | 5    |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

En la Figura 9-34 se presenta el mapa de factor detonante por precipitación.

**Figura 9-34 Mapa factor detonante por precipitación**



Fuente: ConCol by WSP, 2019

### **Sismicidad (FS)**

El factor detonante por sismicidad se determinó con base en los resultados del Mapa de Amenaza Sísmica (INGEOMINAS & UNAL, 2010), el cual presenta una zonificación de la amenaza sísmica en términos de aceleración horizontal máxima en roca (PGA por sus siglas en inglés), que representa un modelo probabilístico para el movimiento del terreno que podría esperarse por la ocurrencia de sismos en Colombia.

El Mapa de Amenaza Sísmica (INGEOMINAS & UNAL, 2010), considera valores de PGA ( $\text{cm/s}^2$ ) en un rango desde 0 – 750 PGA, el área de influencia se encuentra en el rango de 50 – 100  $\text{cm/s}^2$ , en su totalidad, en la Tabla 9-28 se observa el peso que se les da para evaluar la susceptibilidad a la sismicidad. En la Figura 9-13, mapa de amenaza sísmica en el área de influencia, se observa la distribución espacial del factor detonante por sismicidad.

### **Zonificación Geotécnica (ZG)**

Con base en la interacción de los factores intrínsecos y los factores desencadenantes o detonantes que intervienen en la generación de los fenómenos de remoción en masa, se establece la amenaza relativa del terreno. Para la elaboración del mapa de amenaza relativa se emplearon como factores detonantes la precipitación y la amenaza sísmica,

empleando el siguiente algoritmo:

$$ZG=ST * (FP + FS)$$

Dónde:

ZG = Zonificación Geotécnica (Amenaza relativa del terreno por procesos de remoción en masa).

ST = Susceptibilidad total del terreno a los procesos de remoción en masa.

FP = Factor detonante por precipitación.

FS = Factor detonante por sismicidad.

La zonificación geotécnica del área de estudio se dividió en cinco categorías de amenazas, como se muestra en la Tabla 9-52, que van desde muy alta a muy baja (IA, IB, II IIA y IIB) y corresponden a la agrupación metodológica de zonas homogéneas de los factores de ponderación evaluados.

**Tabla 9-52 Categorías de amenaza relativa del terreno**

| Rangos de Valores | Categoría de Amenaza |      | Estabilidad Geotécnica |
|-------------------|----------------------|------|------------------------|
| < 12              | Muy Baja             | IIIB | Muy Alta               |
| 12 – 15           | Baja                 | IIIA | Alta                   |
| 16 – 20           | Moderada             | II   | Moderada               |
| 21 – 25           | Alta                 | IB   | Baja                   |
| > 25              | Muy Alta             | IA   | Muy Baja               |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

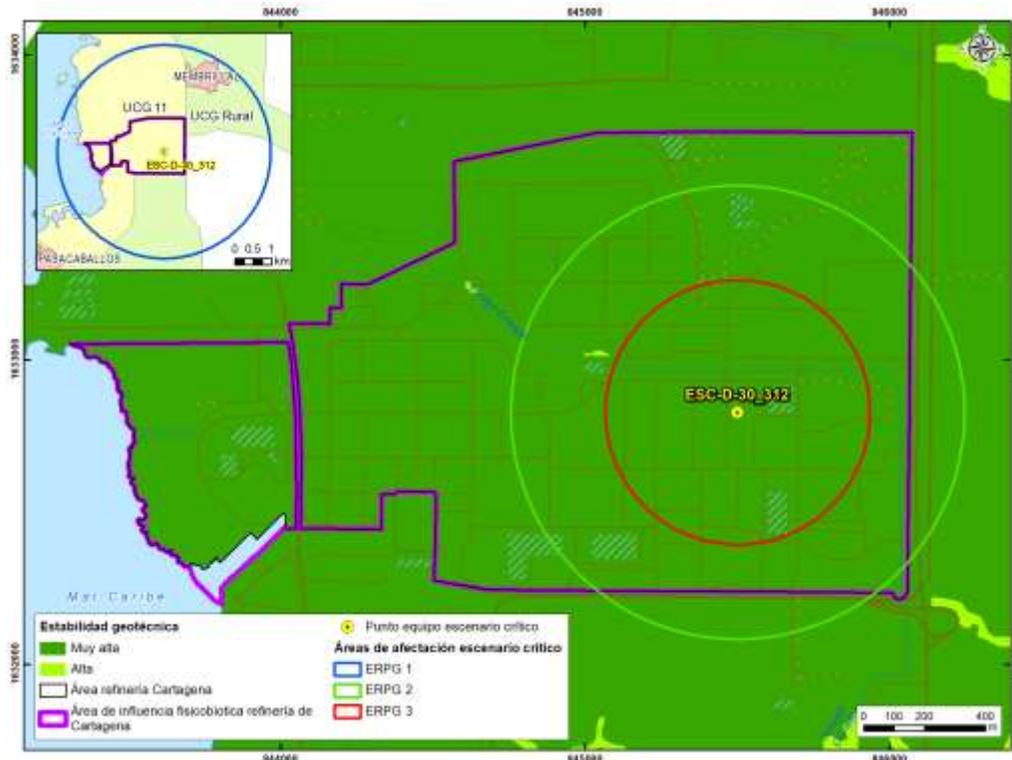
En la Tabla 9-53 se muestra un resumen de las características de las áreas resultantes en la clasificación de amenazas por procesos de remoción en masa en el área de influencia.

**Tabla 9-53 Leyenda del mapa de zonificación geotécnica del área de influencia**

| Unidad     | Categoría amenaza | Estabilidad geotécnica | Descripción   | Área has | Área % |
|------------|-------------------|------------------------|---|----------|--------|
| IIIA       | Baja              | Alta                   | Son zonas en donde las condiciones del terreno no presentan mayores riesgos de generación de PRM y procesos erosivos. Se caracterizan por un predominio de depósitos aluviales, Las pendientes presentes en las zonas son los rangos de 7 -12% y de 3 – 7%. La sismicidad en esta zona se caracteriza por estar entre los rangos de 50 - 100 PGA, el factor de precipitación es moderado en toda el área. | 0,19     | 0,06   |
| IIIB       | Muy baja          | Muy alta               | Son zonas donde no se presentan PRM ni procesos erosivos, presenta pendientes entre 1 y 3º, La sismicidad en esta zona se caracteriza por estar entre los rangos de 50 - 100 PGA, el factor de precipitación es moderado en toda el área.   | 300,10   | 99,16  |
| Mar Caribe |                   |                        |   | 2,35     | 0,78   |
| Área total |                   |                        |   | 302,64   | 100    |

Fuente: ConCol by WSP, 2019

Figura 9-35 Mapa de amenaza geotécnica por remoción en masa en el área de influencia



Fuente: ConCol by WSP, 2019

### **Amenaza por incendio forestal**

De acuerdo con la metodología descrita en el Capítulo 1. Generalidades, se evalúa la amenaza por incendios forestales teniendo en cuenta el porcentaje de la inclinación de pendientes, el tipo de coberturas presentes, la temperatura y precipitación anual y el número de incendios forestales anteriormente presentados en la ciudad de Cartagena.

### **Análisis de amenazas por la susceptibilidad de la vegetación**

Para realizar este análisis es necesario dividir la amenaza en tres factores, tales como: tipo de combustibles, duración de los combustibles y la carga total de los combustibles (Tabla 9-54, Tabla 9-55 y Tabla 9-56).

### **Amenazas por tipo de combustible**

La amenaza por tipo de combustible se refiere a la clasificación de la cobertura según el predominio de árboles, arbustos, hierbas, pastos, áreas no combustibles, entre otras, las coberturas que corresponden a hierbas y pasto presentan un mayor grado de amenaza que los árboles y arbustos. En la Tabla 9-54 se presentan algunas de las coberturas que predominan en el AII de los campos de Casabe y Peñas Blancas.

**Tabla 9-54 Tipo de combustible predominante para las coberturas del área de influencia de la Refinería de Cartagena**

| Cobertura                        | Tipo de combustible predominante |
|----------------------------------|----------------------------------|
| Zonas industriales o comerciales | No combustible                   |
| Manglar denso alto               | Arboles                          |
| Bosque de galería y ripario      | Arboles                          |
| vegetación secundaria baja       | Arboles/Arbustos                 |
| Canales                          | No combustible                   |
| Mares y océanos                  | No combustible                   |

Fuente: IDEAM, 2011.

### Susceptibilidad por duración de los combustibles

La amenaza por duración del combustible hace referencia al tiempo en que se demora en consumir un tipo de cobertura, entre menor es el tiempo, mayor es la amenaza. En la Tabla 9-55 se asocia el tipo de cobertura con el tiempo en que se demora en consumirse.

**Tabla 9-55 Duración del combustible predominante para las coberturas del área de influencia de la refinería de Cartagena**

| Cobertura                             | Duración combustible predominante |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Zonas industriales o comerciales      | No combustible                    |
| Manglar denso alto                    | 100 horas                         |
| Bosque de galería y ripario           | 100 horas                         |
| Vegetación secundaria o en transición | 10 horas                          |
| Canales                               | No combustible                    |
| Mares y océanos                       | No combustible                    |

Fuente: IDEAM, 2011.

### Susceptibilidad por carga total del combustible

La amenaza por la carga total del combustible se refiere al contenido de biomasa de cada cobertura donde, entre mayor sea la biomasa, mayor es el nivel de amenaza. En la Tabla 9-56 se observa la carga total de combustible de las principales coberturas en el área de influencia de la Refinería de Cartagena.

**Tabla 9-56 Carga total del combustible para las coberturas del área de influencia de la Refinería de Cartagena**

| Cobertura                        | Carga total (biomasa) combustible |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Zonas industriales o comerciales | No combustible                    |
| Manglar denso alto               | Muy alta (más de 100 ton/ha)      |
| Bosque de galería y ripario      | Muy alta (más de 100 ton/ha)      |
| Vegetación secundaria baja       | Moderada (50-100 ton/ha)          |
| Canales                          | No combustible                    |

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Cobertura</b> | <b>Carga total (biomasa) combustible</b> |
| Mares y océanos  | No combustible                           |

Fuente: IDEAM, 2011.

Después de evaluar las tres amenazas por separado, tenemos que la susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales, corresponde a la sumatoria de las amenazas por tipo de combustible, duración del combustible y la carga total de combustibles; de tal manera que:

$$SUSC = CAL(TC) + CAL(DC) + CAL(CT)$$

Donde,

SUSC: Susceptibilidad de la vegetación (susceptibilidad bruta)

CAL(TC): Calificación por tipo de combustible

CAL(DC): Calificación de la duración de los combustibles

CAL(CT): Calificación de la carga total de combustibles

Así pues, para poder llegar a categorizarlos y clasificarlos adecuadamente, se requiere normalizar las variables y los factores, se agrupan bajo una distribución de frecuencias en 5 rangos representados en la Tabla 9-57, generando el tamaño de cada rango a partir de la amplitud de los valores generados.

**Tabla 9-57 Categorías por rangos de susceptibilidad**

| Calificación | Categoría |
|--------------|-----------|
| 1            | Muy baja  |
| 2            | Baja      |
| 3            | Moderada  |
| 4            | Alta      |
| 5            | Muy alta  |

Fuente: IDEAM, 2011.

En la Tabla 9-58 se observa el resultado de la sumatoria de los mapas en el cual se ha identificado tres (3) grados de amenaza por susceptibilidad de la vegetación debido a la diversidad de coberturas encontradas en el AI de la Refinería de Cartagena.

**Tabla 9-58 Susceptibilidad la vegetación a incendios forestales en el área de influencia**

| Categoría | Área (ha) | %     |
|-----------|-----------|-------|
| Muy baja  | 278,63    | 92,07 |
| Alta      | 24,01     | 7,93  |

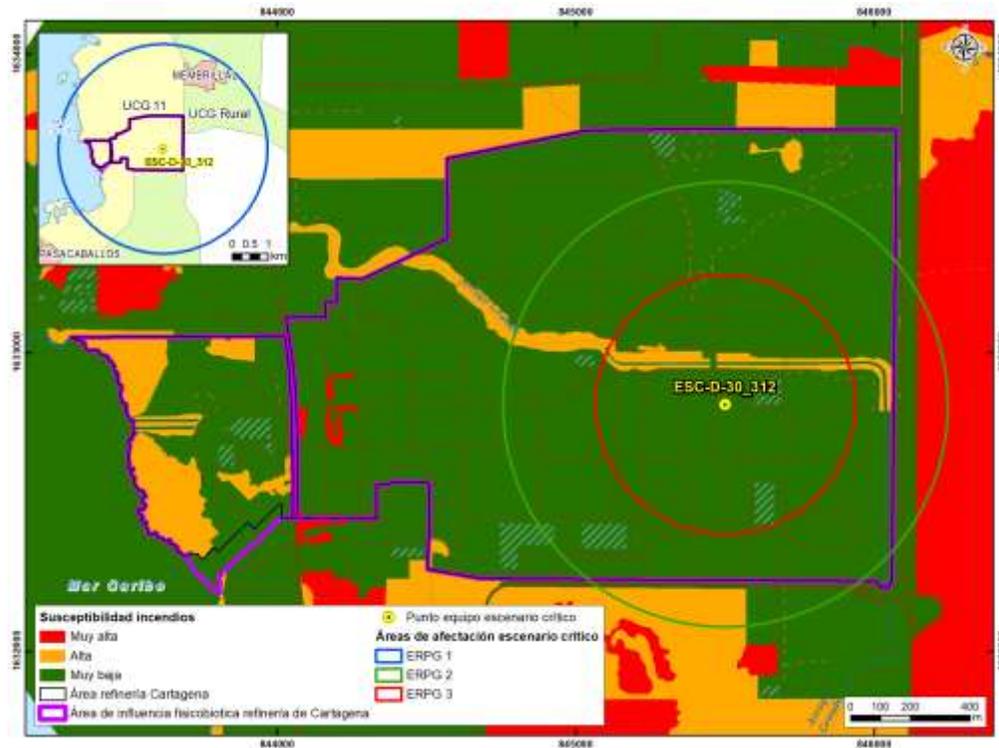
Fuente: ConCol by WSP, 2019.

Teniendo en cuenta lo anterior, se tiene que el área de estudio presenta en su mayoría una susceptibilidad Muy baja a incendios forestales con 92,07% del área de influencia representado en su mayoría por zonas industriales o comerciales (No combustible), mares y océanos, canales; seguido de susceptibilidad Alta con el 7,93% del área, representado por las coberturas de vegetación secundaria baja (Arboles/Arbustos), manglar denso alto y

bosque de galería y/o ripario.

A continuación, se observa la Figura 9-36 de susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales del AI de la Refinería de Cartagena.

**Figura 9-36 Mapa de Susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales en el área de influencia**



Fuente: ConCol by WSP, 2019.

### Cálculo de la amenaza total por incendios forestales

Para este análisis se integran los factores climáticos, pendiente, accesibilidad, frecuencia histórica de incendios y la susceptibilidad de la cobertura vegetal para el área de estudio, se procede a reclasificar la amenaza total por incendios forestales teniendo como referencia, los lineamientos establecidos en el protocolo del IDEAM.

A continuación, se describen los valores obtenidos para cada factor en las cinco categorías propuestas en el protocolo.

#### i. Análisis de amenaza por temperatura

Para el área de interés, la temperatura media anual oscila entre 26,7 y 28,3°C, que categoriza la amenaza como Muy Alta.

#### ii. Análisis de la amenaza por precipitación

Para el área de interés, la precipitación media anual oscila entre los 954.4 mm y 1391.93 mm anuales para el área de estudio; que categoriza en la amenaza como Alta.

iii. Análisis de amenaza por pendiente

Las pendientes del área de estudio se encuentren mayormente en una inclinación de 3 – 7 % con terrenos ligeramente planos y ligeramente inclinados que categoriza la amenaza entre Muy baja y baja.

iv. Análisis de amenaza por accesibilidad

La amenaza de incendios por densidad vial es más alta a medida que las áreas poblacionales son más cercanas a las vías debido a que aumenta la probabilidad de que la población pueda llegar a las áreas forestales y genera focos de incendio, evaluando el área de interés se categorizaron áreas con amenaza, Moderada, Alta y Muy alta.

v. Análisis de amenaza por frecuencia de incendios forestales

En este ítem, se tienen en cuenta las áreas con presencia histórica de incendios forestales con el fin de generar el índice de frecuencia, en el área de estudio de la ciudad de Cartagena no se han registrado incendios forestales, por tal motivo esta amenaza se califica con un rango de amenaza Muy bajo.

Después de evaluar cada amenaza por separado, se obtiene que la amenaza de la vegetación a incendios forestales corresponde a la sumatoria de las amenazas susceptibilidad de la vegetación, precipitación, temperatura, pendientes, frecuencia y accesibilidad; de tal manera que la ecuación será:

$$\text{Amenaza} = \text{Susceptibilidad de la vegetación} \times (0,17) + \text{Precipitación} \times (0,25) + \text{Temperatura} \times (0,25) + \text{Pendientes} \times (0,03) + \text{Frecuencia} \times (0,05) + \text{Accesibilidad} \times (0,03)$$

En la Tabla 9-59 se observa el resultado del algebra de mapas en el cual se ha identificado tres (3) grados de amenaza en el AI de la Refinería de Cartagena.

**Tabla 9-59 Grados de amenaza total por incendios forestales en el área de influencia**

| Categoría | Área (ha) | %     |
|-----------|-----------|-------|
| Muy baja  | 278,63    | 92,07 |
| Alta      | 24,01     | 7,93  |

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

Según el análisis realizado, se encontró que la metodología aplicada arrojó tres rangos de amenaza total por incendios forestales para el área de influencia de la refinería de Cartagena, correspondientes a: zonas de amenaza Muy baja con el 92,07% del área total debido a que la mayoría del área está representada por cuerpos de agua y terrenos antrópicos o artificializados los cuales son los más cercanos al factor de accesibilidad y las probabilidades de propagación del fuego disminuye considerablemente en este tipo de zonas; seguido se hallaron áreas de amenaza alta con un 7,93% del área total, constituidas

por terrenos de pendiente ligeramente plana e inclinada con presencia de arbustos y árboles.

A continuación, se describen en la Tabla 9.41 las áreas operativas y coberturas que comprenden las categorías de amenaza nombradas anteriormente.

**Tabla 9-60 Distribución de grados de amenaza sobre áreas operativas de la Refinería**

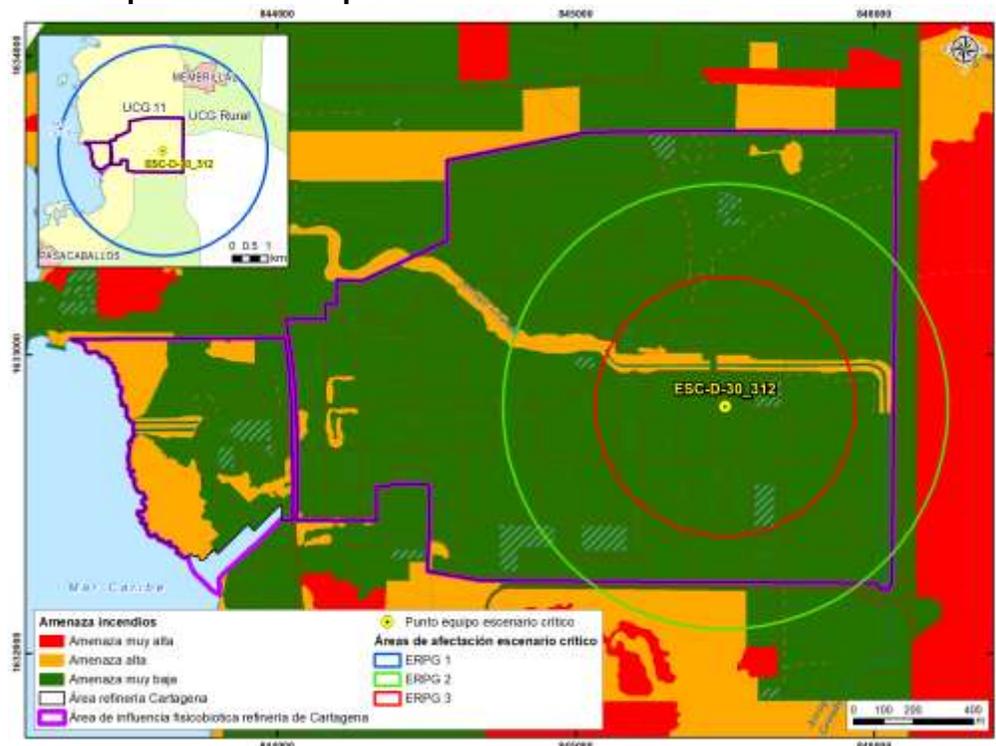
| AMENAZA  | COBERTURAS                       | ÁREAS OPERATIVAS  |
|----------|----------------------------------|---|
| Muy baja | Canales                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas de servicios</li> <li>• Áreas auxiliares</li> <li>• Departamento de Destilación de Crudos PDC</li> <li>• Departamento de refinación de fondos PFO</li> <li>• Departamento de Craqueo Catalítico PCQ</li> <li>• Departamento de Hidrocraqueo PHA</li> <li>• Departamento de Alquiliación PDA</li> <li>• Departamento de Hidrotratamiento PHD</li> <li>• Departamento de Servicios Industriales PNI</li> <li>• Departamento de Materias Primas y Productos PMU</li> <li>• Departamento de Gestión Integral del Riesgo PRS</li> <li>• Áreas industriales externas a la refinería</li> </ul> |
|          | Mares y océanos                  |   |
|          | Zonas industriales o comerciales |   |
| Alta     | Vegetación secundaria baja       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas administrativas</li> <li>• Restaurante</li> <li>• U-146 (Área 3000)</li> <li>• U-143</li> <li>• Manglar</li> <li>• vegetación secundaria aledaña a U-143</li> <li>• Franja de bosque del arroyo grande</li> <li>• Vegetación secundaria externa a la Refinería</li> </ul>  |
|          | Bosque de galería y/o ripario    |   |
|          | Manglar denso alto               |   |
|          | Plantación de latifoliadas       |   |

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

En este estudio el mayor factor de amenaza de incendios es enmarcado por la susceptibilidad de la vegetación a incendios debido a que los factores de amenaza de pendiente, frecuencia de incendios y accesibilidad presentan valores muy bajos o poco relevantes a la zonificación; cabe aclarar que el área de estudio es muy puntual y su análisis arroja zonas muy homogéneas donde no se percibe una extensa variabilidad de categorías como el caso de la temperatura y la precipitación que se clasifican en un solo nivel con generando poca incidencia sobre el mapa de zonificación de incendios.

A continuación, se observa la Figura 9-37 de amenaza total por incendios forestales del área de la Refinería de Cartagena.

Figura 9-37 Mapa de amenaza por incendios forestales en el área de influencia



Fuente: ConCol by WSP, 2019.

Según la revisión realizada en el municipio de Cartagena para eventos de incendios forestales reportados en la página DesInventar, se reportan solo siete (7) casos que se relacionan en la Tabla 9-61.

Tabla 9-61 Reporte de eventos por incendios forestales

| Fecha inicio | Fuentes                         | Observaciones de efectos  |
|--------------|---------------------------------|---|
| 11/01/1973   | EL TIEMPO<br>1973-01-13<br>P.6A | Hoy se registró un nuevo incendio forestal en cercanías del aeropuerto internacional de Crespo pero fue sofocado por los bomberos tras una hora de trabajo. Directivos del cuerpo de bomberos exteriorizaron su preocupación por los incendios forestales que con alguna regularidad se están presentando cerca del aeropuerto en donde además del peligro que conlleva para las operaciones aeronáuticas hay temor de que pueda resultar afectado en alguna ocasión el depósito de gasolina para provisión de aviones. |
| 1990-01-00   | EL TIEMPO<br>1990-01-30         | Durante el primer mes del año se registraron aquí 90 incendios forestales según informe presentado por el cuerpo de Bomberos quienes hicieron un llamado a la comunidad porque la mayoría de los incendios se presentaron por la quema de basuras y otros por maldad de inescrupulosos que arrojan fuego entre el pasto seco.   |
| 09/07/2012   | UNGRD                           | Incendio forestal; extinguido; corregimiento: arroyo de piedra; km32; vía al mar; se consumieron 4 hectáreas de vegetación nativa; informo CP Andrés miranda  |
| 15/07/2012   | UNGRD                           | Incendio forestal; extinguido; vía al mar; km: 25; sector arroyo de las canoas; se consumieron 12 hectáreas de: pasto y monte; informo consejo municipal de gestión del riesgo de Cartagena   |

| Fecha inicio | Fuentes | Observaciones de efectos  |
|--------------|---------|---|
| 11/02/2013   | UNGRD   | DCC; Ing. Jesús Roberto Portillo; director seccional; reporta sobre atención de incendio forestal; extinguido; barrio: villa rosita; se consumió: 1 hectárea; las acciones tomadas por la dcc están primeros respondientes; activación emergencia; asegurar el área apoyo a bomberos; primer respondiente JDC Cartagena JDC distrital |
| 24/03/2014   | UNGRD   | El cuerpo de bomberos de Cartagena atiende un incendio forestal que se presenta en el kilómetro 25 de la vía del mar. de acuerdo con los bomberos; el incendio se presenta en unos potreros que quedan en esa zona. -223  |
| 04/04/2015   | UNGRD   | Se presentó un incendio forestal en la zona puerta de hierro; afectando 1 hectárea. -254  |

Fuente: DesInventar, 2019

- **Consolidado de amenazas naturales en el área de estudio**

Con el fin de evaluar el riesgo para el área de estudio establecido para la Refinería de Cartagena, se realizó un consolidado de las amenazas naturales analizadas para el área, debido a que la amenaza por vendavales puede enmascarar las otras amenazas de relevancia como lo son inundación e incendios forestales, se considera oportuno descartar esa amenaza del consolidado de amenazas.

La distribución porcentual y en hectáreas de los niveles de la amenaza total del área de estudio cortado por niveles máximos se presenta en la Tabla 9-62 y se ilustra en la Figura 9-38.

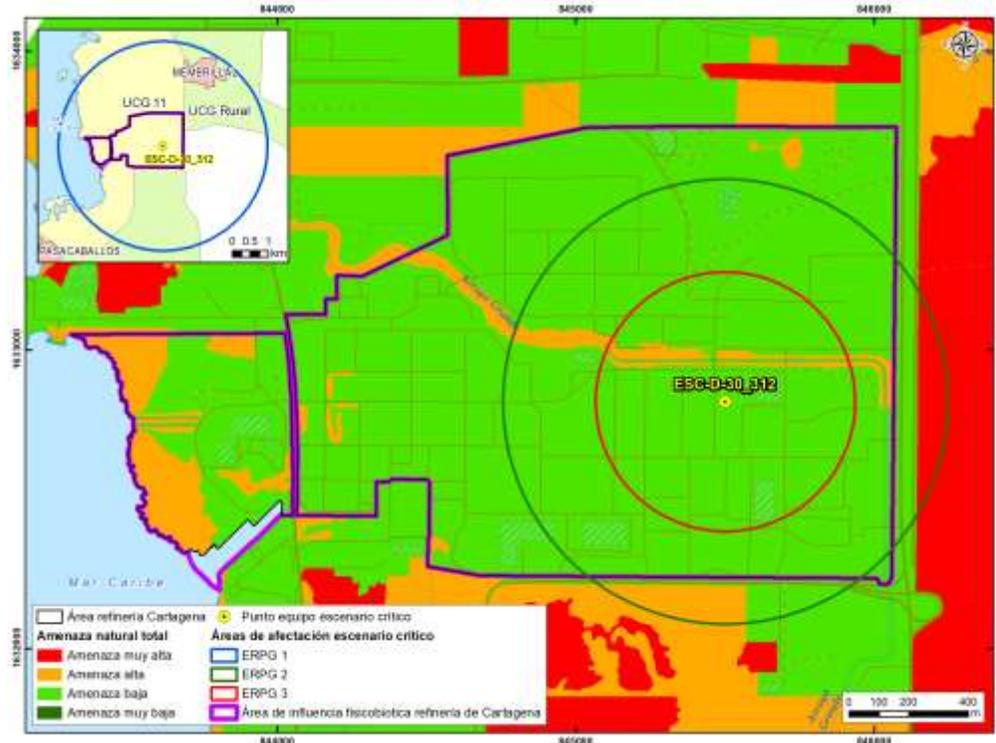
**Tabla 9-62 Distribución de los niveles de la amenaza consolidada**

| Nivel de amenaza     | Área (ha)     | Porcentaje    |
|----------------------|---------------|---------------|
| Muy Baja             | 2,35          | 0,78          |
| Baja                 | 274,97        | 90,86         |
| Alta                 | 25,31         | 8,36          |
| <b>Total general</b> | <b>302,64</b> | <b>100,00</b> |

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

Como se evidencia en el reporte anterior, el 8,36% corresponde a una categoría de amenaza alta y el 90,86% corresponde a amenaza con categoría baja. Estos niveles de amenaza, que son los más críticos, se ven representados por incendios forestales y amenaza por inundación siendo las más relevantes en el área de estudio.

Figura 9-38 Consolidado de amenazas naturales



Fuente: ConCol by WSP, 2019

## Amenazas de origen externo (antrópicas)

### Delincuencia común

Los delincuentes comunes o delincuencia "simple", pueden actuar solos o en pandilla, empero su fin no es más que delinquir con la finalidad de obtener dinero, para repartirlo entre sus miembros, no cuenta con una organización, códigos, estructura, capital financiero, aunque estos actúen en pandillas, no pueden operar como parte de la delincuencia organizada y esto es así porque, es obvio que el delincuente común delinque para obtener dinero robando a transeúntes, automóviles estacionados o sus partes, casa habitación etc., es decir no tiene objetivos claros u específicos, muchas veces en forma desorganizada, esto con el único fin de que lo sustraído ilegalmente sea dividido entre sus miembros.

En el caso de Cartagena, el principal problema con la delincuencia se desprende de las pandillas que hacen presencia en la ciudad; según el Instructivo 002 DIPOL ARPIN, las pandillas se definen como un grupo de personas en el cual existe un liderazgo en función de intereses comunes y particulares, con ideales o filosofía común entre los miembros. Las actividades que ejecutan pueden ir desde reuniones en sectores específicos y protección de territorios, hasta la comisión de actos violentos, contravenciones o delictivos de forma esporádica, que conllevan en algunos casos al inicio o consolidación de una carrera criminal. Pese a lo anterior, si bien en los barrios aledaños a la Refinería de Cartagena no se identifican pandillas activas, estos no son ajenos al accionar de las mismas.

Respecto a los índices de violencia, el Informe Cartagena Cómo Vamos para el 2016 identificó con base en información de la policía nacional que el 58.6% de las muertes que se presentaron fueron por homicidios, el 19.3% por accidentes de tránsito, el 15.9% se dieron de forma no intencional y el 6.1% restante por suicidio. Del total de homicidios, la causa más alta se dio por violencia interpersonal en un 48%, seguido de 21% por hurtos, 19% sicariatos, 12% otras causas, 1% violencia intrafamiliar. Lo anterior se mantuvo en el 2017 donde el año terminó con 249 homicidios asociados a riñas<sup>2</sup>.

### **Terrorismo**

Si bien no existe un consenso acerca de la definición del terrorismo, el mismo se puede diferenciar de la delincuencia por el uso de la violencia de un modo brutal, simplista y directo con una total indiferencia por la vida humana, dirigido especialmente a la población civil.

Si bien Cartagena no ha sido víctima de este flagelo en forma recurrente menos la zona industrial, no se puede desconocer el valor de la Refinería de Cartagena para la ciudad y el país, lo cual, la puede hacer un blanco de este tipo de ataques.

### **Acciones de protesta social**

Como se pudo evidenciar durante el trabajo del presente estudio y en la revisión de bibliografía para la ciudad de Cartagena, la zona industrial se ve afectada eventualmente por este tipo de acciones de hecho tanto de parte de las comunidades aledañas<sup>3</sup> como de los trabajadores de las diferentes empresas sindicalizados<sup>4</sup>, situación que genera retrasos en el ingreso a la jornada laboral (Fotografía 9.1).

#### **Fotografía 9.1 Acciones de protesta social en el área**

**Protesta de comunidades vecinas a la zona industrial de Cartagena**



Fuente: El Espectador, 2015

**Protesta de trabajadores sindicalizados en la zona industrial de Cartagena**



Fuente: El Universal, 2015

- **Probabilidad de ocurrencia de las amenazas endógenas y antrópicas**

<sup>2</sup> <http://www.eluniversal.com.co/sucesos/249-asesinatos-se-registraron-en-cartagena-durante-2017-269230>

<sup>3</sup> <http://www.eluniversal.com.co/cartagena/videoprotesta-en-mamonal-genera-congestion-vehicular-205060>

<sup>4</sup> <http://www.usofrenteobrero.org/index.php/subdirectivas/cartagena/6234-marcha-sindical-en-la-refineria-de-cartagena>

Para la calificación de la probabilidad de ocurrencia de las amenazas identificadas para el proyecto, se utilizaron los conceptos técnicos elaborados en el marco del estudio e información secundaria (cómo el Plan Departamental de Gestión del Riesgo de Bolívar, 2012 y estadísticas de eventos consignadas en el Sistema de inventario de efectos de desastres - *DESINVENTAR*) y se aplicaron las categorías planteadas en la Tabla 9-19. Adicionalmente, se tuvo en cuenta para dicha valoración la información recopilada por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) y la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

A las amenazas antrópicas y la amenaza de riesgo biológico se les asignó un puntaje (Tabla 9-63), que califica la mayor o menor probabilidad de ocurrencia. Entre más alta sea la calificación de la probabilidad, mayor será la posibilidad de que se materialice el evento amenazante y se vean afectados los elementos vulnerables. Para las amenazas naturales se tiene la cartografía presentada con anterioridad donde se reflejan los polígonos con sus diferentes categorías.

**Tabla 9-63 Calificación de la probabilidad de ocurrencia de las amenazas**

| ID | Amenaza                     | Puntos | Grado    | Probabilidad |
|----|-----------------------------|--------|----------|--------------|
| A  | Delincuencia común          | 2      | Baja     | Remoto       |
| B  | Terrorismo                  | 1      | Muy Baja | Improbable   |
| C  | Acciones de protesta social | 3      | Media    | Ocasional    |
| D  | Riesgo biológico            | 2      | Baja     | Remoto       |

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

- **Identificación caracterización, análisis y evaluación de la vulnerabilidad de elementos expuestos**

La información adicional solicitada por ANLA en el marco de la presente modificación de licencia ambiental para la Refinería de Cartagena, establece en el requerimiento 9 lo siguiente: actualizar la identificación de los elementos expuestos, teniendo en cuenta la determinación definitiva de las áreas de afectación por cada escenario de riesgo, dando cumplimiento al literal c4. Del numeral 1.2.1. Del artículo 2.3.1.5.2.1.1 del decreto 2157 de 2017. De acuerdo con lo anterior y atención del requerimiento, a continuación, se presenta el ajuste en la identificación y análisis de los elementos expuestos y de su vulnerabilidad multidimensional.

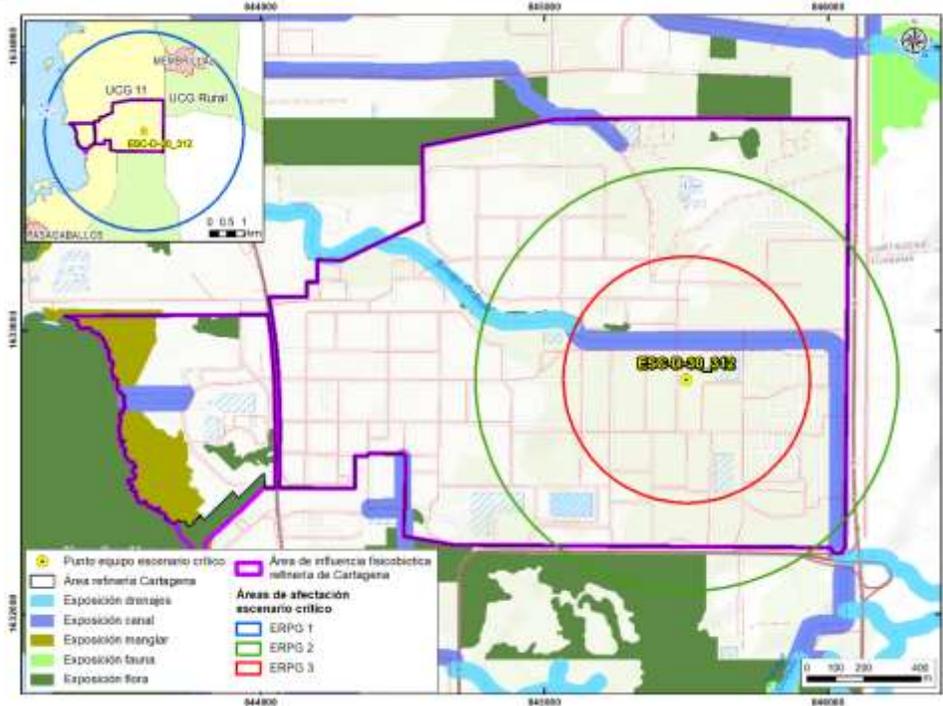
La exposición se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza (Ley 1523 de 2012). La actualización de los elementos identificados para el proyecto (individual, social, socioeconómico y ambiental), se realizó dando prioridad al área de influencia físico-biótica que es donde se expresan espacialmente las amenazas que son del alcance de la presente modificación de licencia.

De forma complementaria se identificaron elementos expuestos, de acuerdo con la información disponible, al cubrimiento geográfico del área de afectación del escenario de riesgo más extenso, que corresponde a la fuga por nube tóxica de Ácido Fluorhídrico, como se puede evidenciar en el numeral 9.1.2.3.1, dando prioridad de ubicación a los elementos

dentro de los contornos de mayores consecuencias, que en el caso de la nube tóxica, corresponde a los rangos de concentración del gas peligroso, en su orden: ERPG 3, ERPG 2 y ERPG 1.

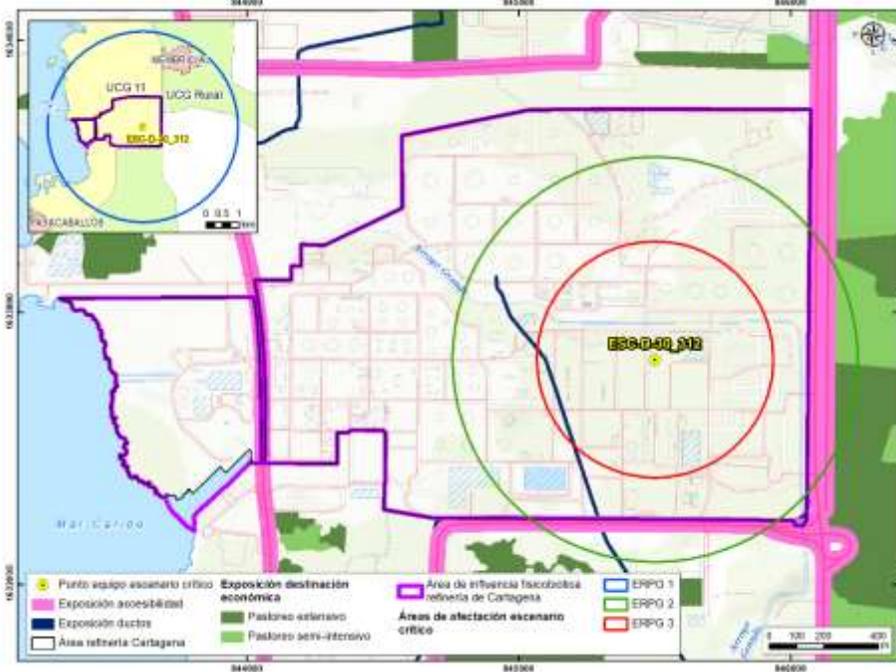
Estos elementos, así mismo, fueron evaluados respecto a su vulnerabilidad, los cuales se muestran de forma clasificada en la Tabla 9-64. Adicionalmente, los componentes de exposición se representan cartográficamente frente a su distribución espacial en el área de estudio del presente Plan de Contingencias, entre la Figura 9-39 y la Figura 9-42.

**Figura 9-39 Exposición ambiental del área de estudio**



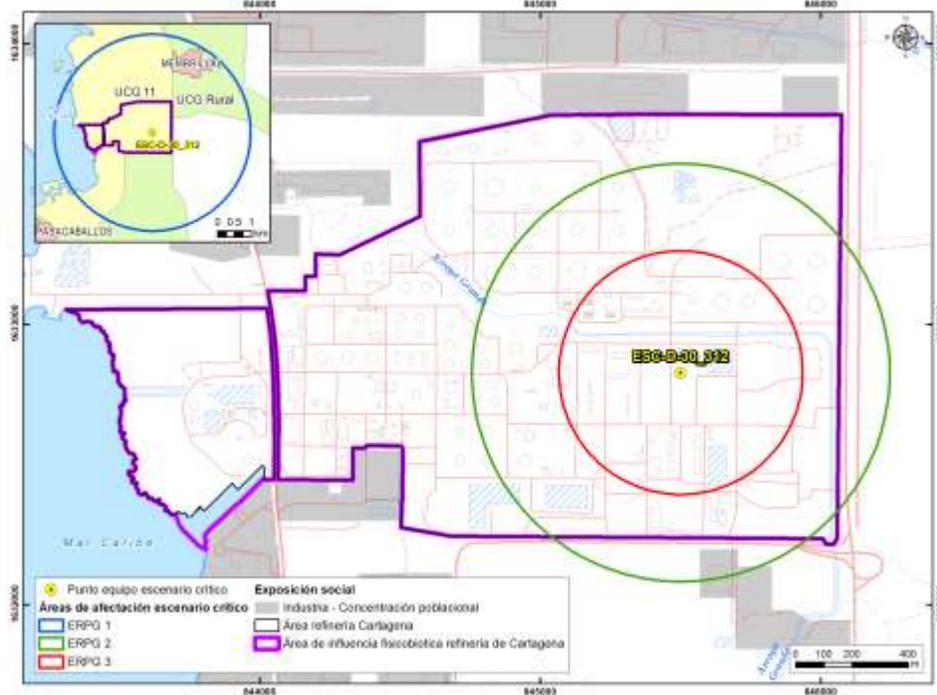
Fuente: ConCol by WSP, 2019.

**Figura 9-40 Exposición socioeconómica del área de estudio**



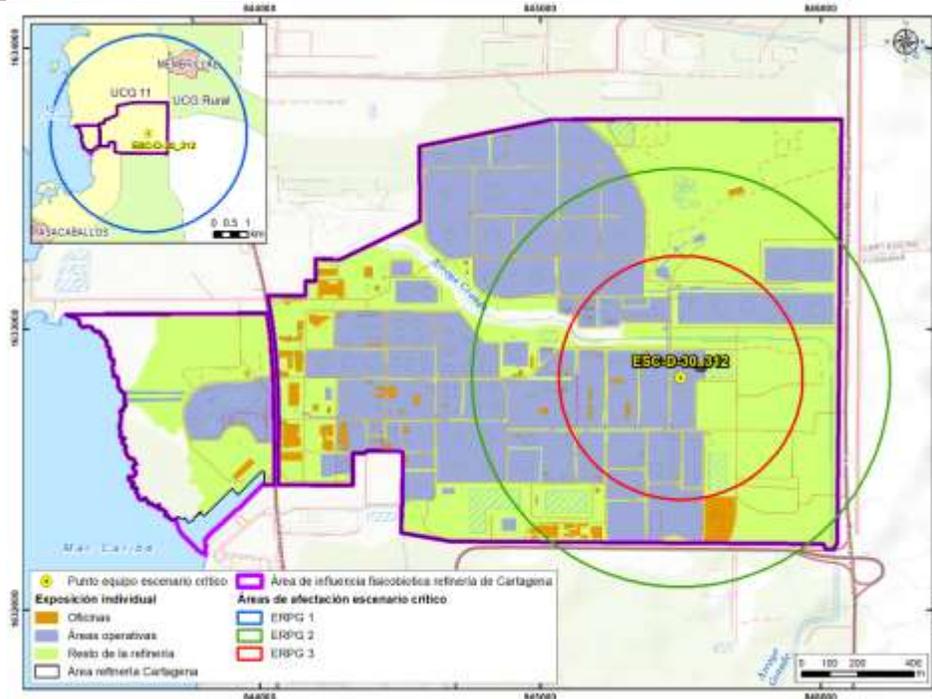
Fuente: ConCol by WSP, 2019.

**Figura 9-41 Exposición social del área de estudio**



Fuente: ConCol by WSP, 2019.

**Figura 9-42 Exposición individual del área de estudio**



Fuente: ConCol by WSP, 2019.

Para desarrollar el análisis de vulnerabilidad se determinó para cada componente expuesto la fragilidad socio ambiental derivada de la zonificación ambiental definida para el proyecto. Esto permite precisar las diferencias en el estado de resiliencia y capacidades que se pueden presentar entre un componente u otro, enmarcados en el área de afectación y los contornos del escenario más crítico. La vulnerabilidad como se ha señalado anteriormente se correlaciona espacialmente con los elementos expuestos en los ámbitos individual (Refinería de Cartagena), ambiental, social y socioeconómico y cultural.

La agrupación y clasificación de los componentes expuestos y vulnerables que se realizó con base en la determinación de la cobertura y uso de la tierra, que corresponde al principal insumo en como la sociedad ha establecido su territorialidad en el contexto geográfico donde se localiza la Refinería de Cartagena y sus probables áreas de afectación por riesgo.

A continuación, en la Tabla 9-64, se listan los elementos y categorías involucradas en el análisis. La calificación de vulnerabilidad se realizó utilizando los criterios de calificación de consecuencias establecidos en la Tabla 9-20 y la sensibilidad socio ambiental de la zona.

**Tabla 9-64 Componentes vulnerables expuestos**

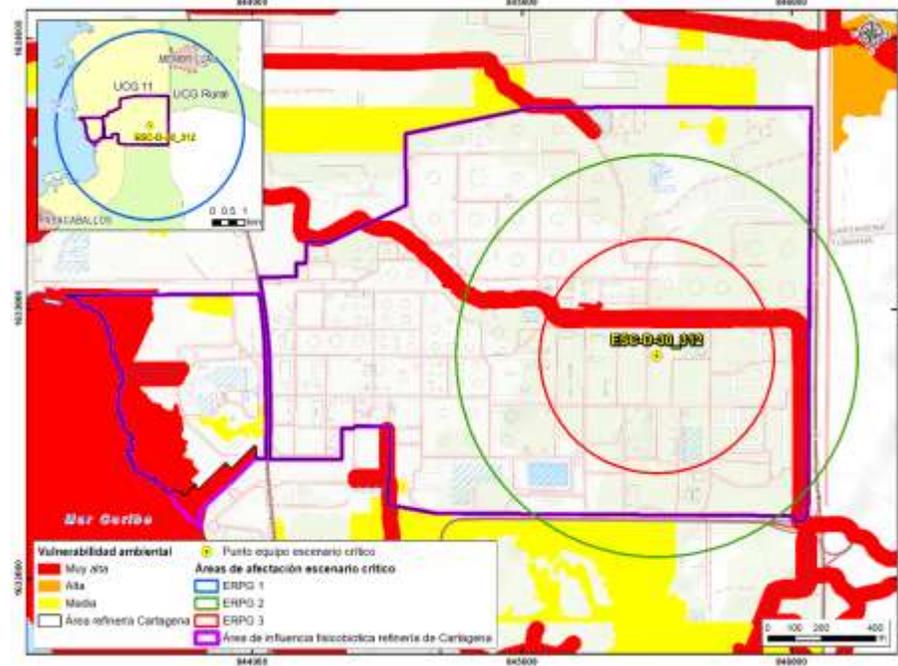
| <b>Componentes</b>                | <b>Descripción - Características</b>           |  | <b>Vulnerabilidad</b> |
|-----------------------------------|--|--|-----------------------|
| <b>Individual<sup>5</sup></b>     | <b>Refinería Cartagena</b>                     | <u>Unidades operativas</u>   | <b>Alta</b>           |
|                                   |  | <u>Oficinas</u>  | <b>Muy alta</b>       |
|                                   |  | <u>Resto de la refinería</u>   | <b>Media</b>          |
| <b>Ambiental</b>                  | <b>Flora Coberturas naturales de la tierra</b> | <u>Manglar denso alto (311122)</u>                                   | <b>Muy alta</b>       |
|                                   |  | <u>Bosque de galería y/o ripario (314)</u>                           | <b>Muy alta</b>       |
|                                   |  | <u>Vegetación secundaria o en transición (3232)</u>                  | <b>Muy alta</b>       |
|                                   |  | <u>Mares y océanos (522)</u>   | <b>Muy alta</b>       |
|                                   | <b>Fauna</b>                                   | <u>Áreas de importancia para la fauna y flora</u>                    | <b>Alta</b>           |
|                                   | <b>Uso Reglamentado</b>                        | <u>Drenajes (30m)</u>  | <b>Muy alta</b>       |
|                                   |  | <u>Canales (30m)</u>   | <b>Muy alta</b>       |
|                                   |  | <u>Laguna (30m)</u>  | <b>Muy alta</b>       |
|                                   |  | <u>Pantano (30m)</u>   | <b>Muy alta</b>       |
|                                   |  | <u>Manglar</u>   | <b>Muy alta</b>       |
| <b>Social</b>                     | <b>Asentamientos</b>                           | <u>Viviendas dispersas</u>   | <b>Alta</b>           |
|                                   |  | <u>Tejido urbano discontinuo Membrilla</u>                           | <b>Alta</b>           |
| <b>Socio económico y cultural</b> | <b>Industrial</b>                              | <u>Industria - Concentración Poblacional (Trabajadores aledaños)</u> | <b>Alta</b>           |
|                                   | <b>Accesibilidad</b>                           | <u>Vías primarias (Primarias - 30m)</u>                              | <b>Baja</b>           |
|                                   | <b>Ductos</b>                                  | <u>ECP-Otros (18" - 7m)</u>  | <b>Alta</b>           |
|                                   | <b>Productivo agropecuario</b>                 | <u>Áreas heterogéneas antropizadas (pastos y plantaciones)</u>       | <b>Media</b>          |

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

Para la identificación de la vulnerabilidad en cada uno de los componentes señalados, en la Figura 9-43 hasta la Figura 9-46, se presentan los resultados cartográficos para el análisis de vulnerabilidad y los polígonos de los componentes expuestos

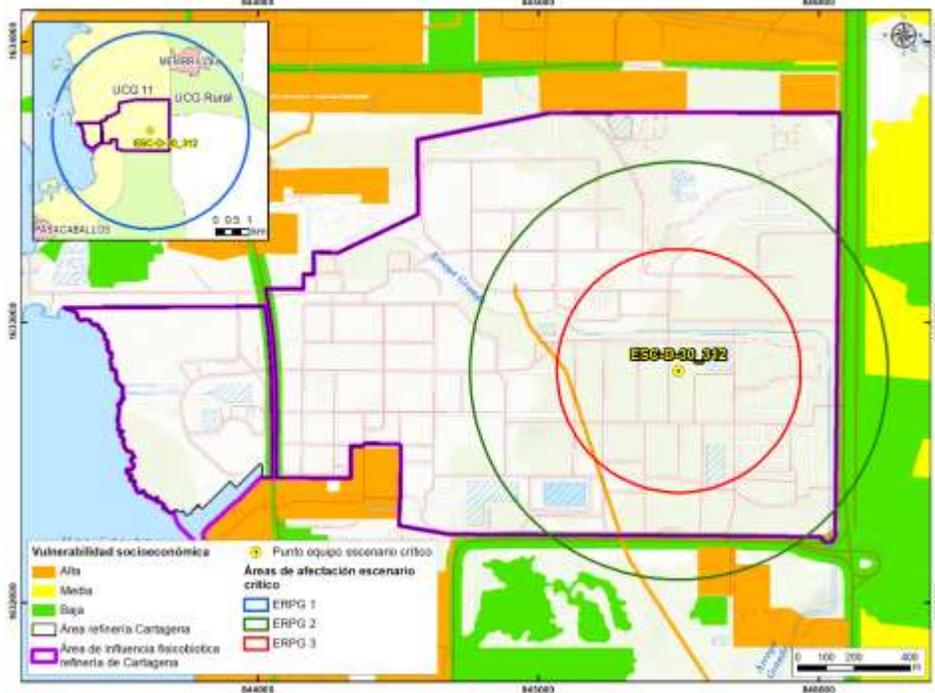
<sup>5</sup> El riesgo individual se refiere al riesgo de fatalidad al cual un individuo se expone anualmente por el hecho de estar situado en una localización determinada en el entorno de una actividad.

**Figura 9-43 Vulnerabilidad ambiental del área de estudio**



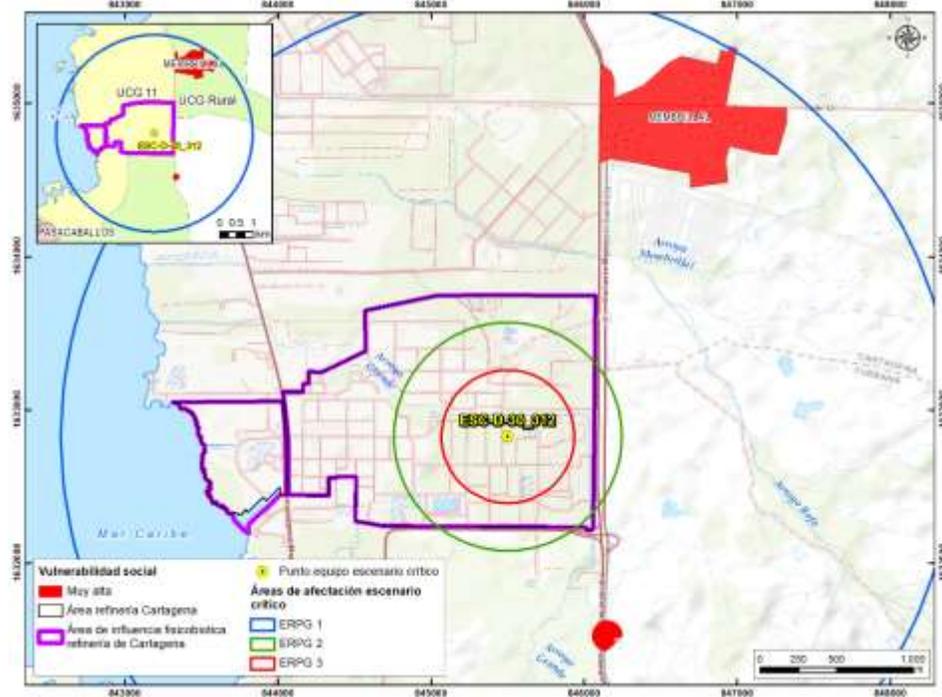
Fuente: ConCol by WSP, 2019.

**Figura 9-44 Vulnerabilidad socioeconómica del área de estudio**



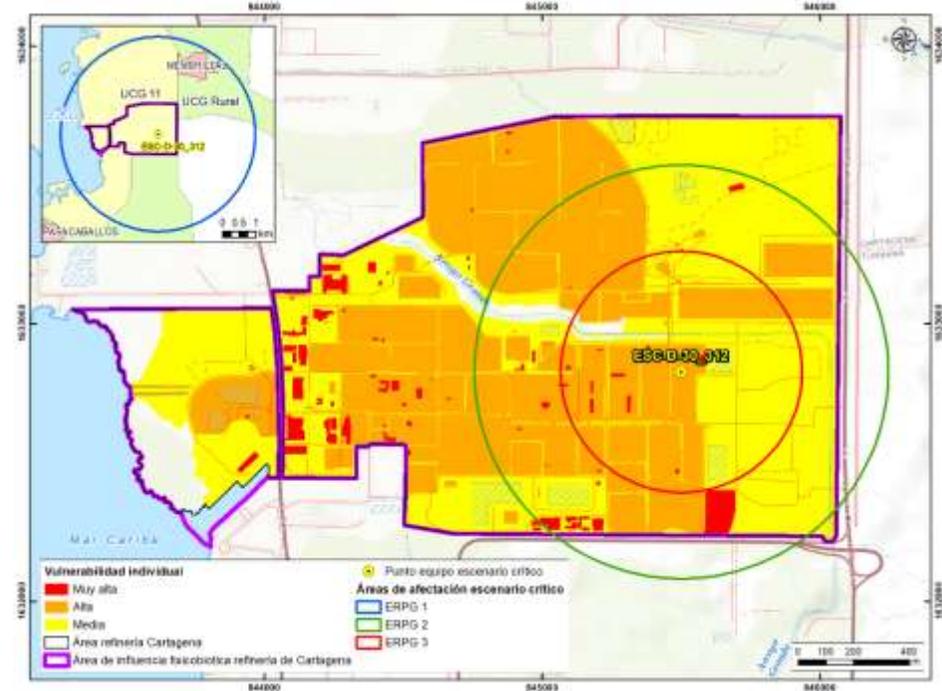
Fuente: ConCol by WSP, 2019.

**Figura 9-45 Vulnerabilidad social del área de estudio**



Fuente: ConCol by WSP, 2019.

**Figura 9-46 Vulnerabilidad individual del área de estudio**



Fuente: ConCol by WSP, 2019.

## 9.1.2 Valoración del Riesgo

### 9.1.2.1 Identificación, caracterización, análisis y evaluación de escenarios del riesgo

De acuerdo a la metodología planteada, las amenazas antrópicas y la amenaza natural correspondiente a Riesgo Biológico identificada, y los elementos vulnerables descritos anteriormente (Tabla 9-64), en la Tabla 9-65 se presentan de forma resaltada en color azul los escenarios de riesgo identificados para las amenazas que no se pueden espacializar cartográficamente.

Cabe resaltar que las actividades a desarrollar, por parte la Refinería de Cartagena, se enmarcan en una etapa operativa global. De esta manera, no se tiene contemplado un análisis que involucre actividades de construcción definiendo un análisis de los posibles escenarios únicamente en la etapa operativa, de adecuación y de mantenimiento el proyecto.

**Tabla 9-65 Escenarios de riesgo identificados para el proyecto para las amenazas no espacializables cartográficamente**

| AMENAZAS |            | COMPONENTES                 |        |                           |           |    |
|----------|------------|-----------------------------|--------|---------------------------|-----------|----|
|          |            | 1                           | 2      | 3                         | 4         |    |
|          |            | Individual                  | Social | Socioeconómico y cultural | Ambiental |    |
| A        | Antrópicas | Delincuencia común          | A1     | A2                        | A3        | A4 |
| B        |            | Terrorismo                  | B1     | B2                        | B3        | B4 |
| C        |            | Acciones de protesta social | C1     | C2                        | C3        | C4 |
| D        | Naturales  | Riesgo biológico            | D1     | D2                        | D3        | D4 |

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

### 9.1.2.2 Análisis del riesgo

Para el análisis del riesgo, se propone hacer una evaluación del riesgo desde el entorno hacia el proyecto y posteriormente desde el proyecto hacia el entorno. De esta manera se puede identificar y analizar los escenarios más críticos y determinar las medidas de atención al riesgo de manera más eficiente y estructurada

#### 9.1.2.2.1 Resultados del análisis de riesgo del entorno hacia el proyecto

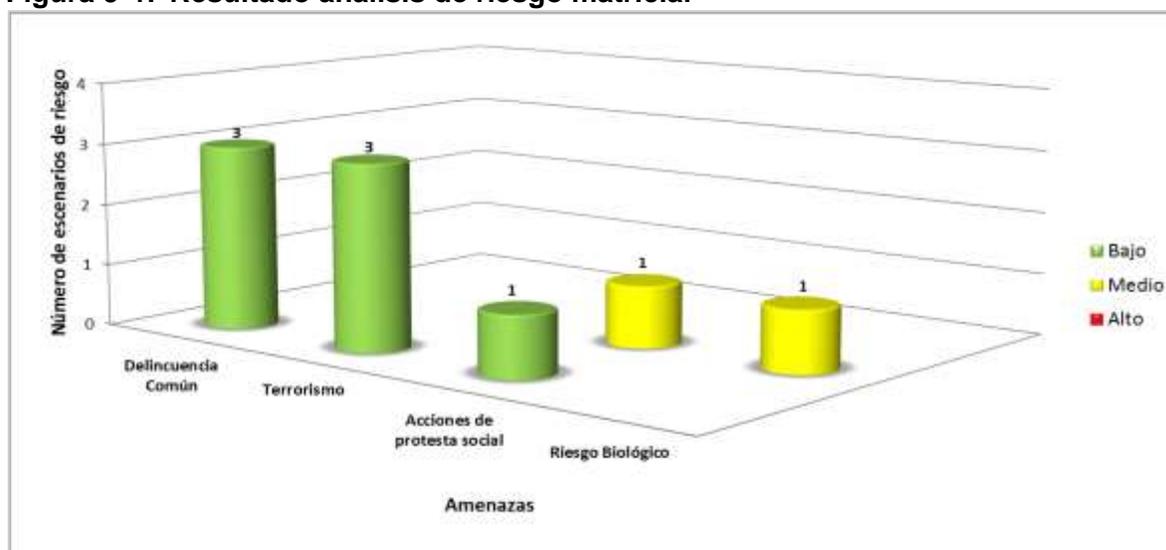
Para el caso del análisis de riesgo evaluado para las amenazas antrópicas y la amenaza de riesgo biológico en la Tabla 9-73 y la Figura 9-47 se presenta el valor de la probabilidad, vulnerabilidad, exposición y evaluación del riesgo para los escenarios identificados en la Tabla 9-66.

Tabla 9-66 Resultados del análisis de riesgo matricial del entorno hacia el proyecto

| AMENAZA                     | PROBABILIDAD | VULNERABILIDAD |        |                |           | EXPOSICIÓN |        |                |           | RIESGO               |                  |                          |                     |
|-----------------------------|--------------|----------------|--------|----------------|-----------|------------|--------|----------------|-----------|----------------------|------------------|--------------------------|---------------------|
|                             |              | Individual     | Social | Socioeconómico | Ambiental | Individual | Social | Socioeconómico | Ambiental | Categoría Individual | Categoría Social | Categoría Socioeconómico | Categoría Ambiental |
| Delincuencia Común          | 2            | 3              | 2      | 2              |           | 3          | 3      | 2              |           | Bajo                 | Bajo             | Bajo                     |                     |
| Terrorismo                  | 1            | 3              | 3      |                | 2         | 1          | 2      |                | 2         | Bajo                 | Bajo             |                          | Bajo                |
| Acciones de protesta social | 3            | 3              | 3      |                |           | 3          | 2      |                |           | Medio                | Bajo             |                          |                     |
| Riesgo Biológico            | 2            | 4              |        |                |           | 4          |        |                |           | Medio                |                  |                          |                     |

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

Figura 9-47 Resultado análisis de riesgo matricial



Fuente: ConCol by WSP, 2019.

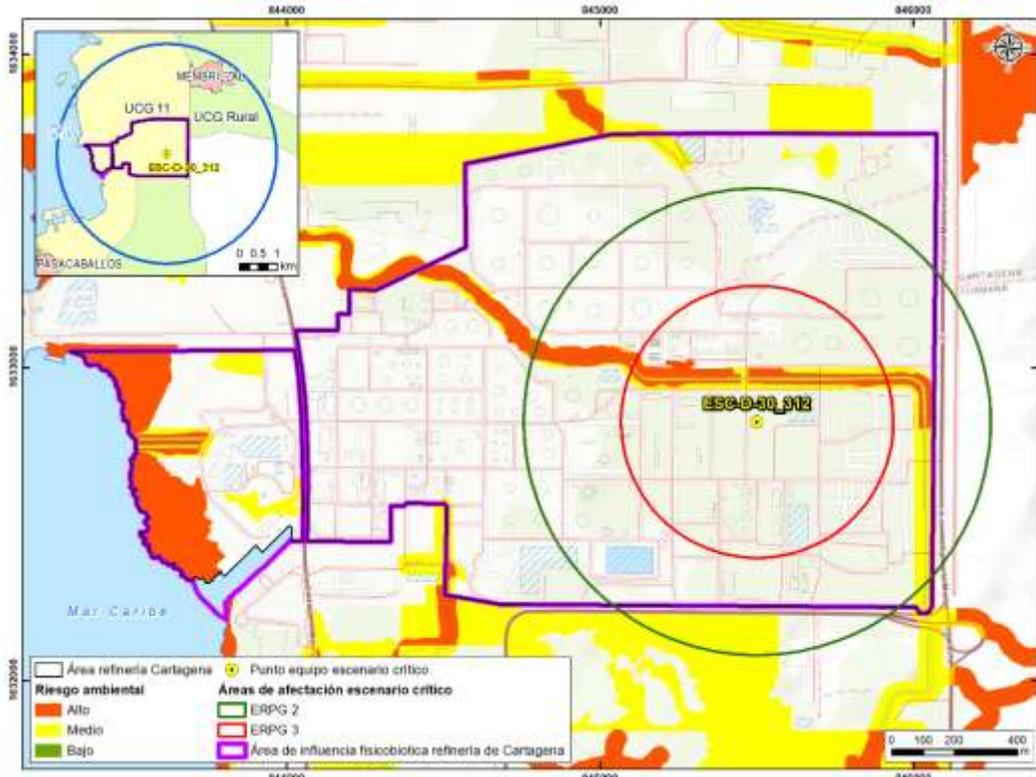
Se observa que la amenaza de riesgo biológico y acciones de protesta social, podrían generar eventos de riesgo medio; principalmente por su potencial de generar lesiones personales sobre el personal que labora en la Refinería de Cartagena; principalmente por la exposición de trabajadores y la vulnerabilidad intrínseca de los mismos a estas amenazas.

Frente a los elementos vulnerables correspondientes a componentes sociales, socioeconómicos y culturales y ambientales no se estiman escenarios de riesgos altos principalmente por la baja probabilidad de manifestación de amenazas que puedan presentar afectaciones que impliquen fatalidades a terceros ajenos al proyecto y afectaciones significativas a asentamientos humanos, la infraestructura pública y la

infraestructura productiva. De igual manera, por encontrarse la Refinería de Cartagena en una zona industrial y bajo una estructura de seguridad amplia y estructurada, permite reducir la exposición de los elementos vulnerables de cada componente reduciendo significativamente la probabilidad de ocurrencia de riesgo.

En cuanto al análisis espacial del riesgo, se obtuvieron la Figura 9-48, Figura 9-49, y la Figura 9-51. El reporte de la extensión superficial para los riesgos por componentes se presenta en la Tabla 9-67 (riesgo ambiental), Tabla 9-68 (riesgo socioeconómico), Tabla 9-69 (riesgo social) y Tabla 9-70 (riesgo individual). Los datos de las áreas y porcentajes que se presentan se asocian al área de influencia definida para la presente Modificación de Licencia Ambiental, dado que el análisis y evaluación del riesgo propio de las actividades a licenciar, incluyendo el riesgo tecnológico a una capacidad de 245 KBPD (numeral 9.1.2.3.1), no sobrepasa el área de la Refinería, y es sobre esta en la que se plantean las acciones y medidas de manejo para reducir y mitigar los riesgos socioambientales y tecnológicos tanto internos como externos.

**Figura 9-48 Zonificación del riesgo ambiental del área de influencia del PGR**



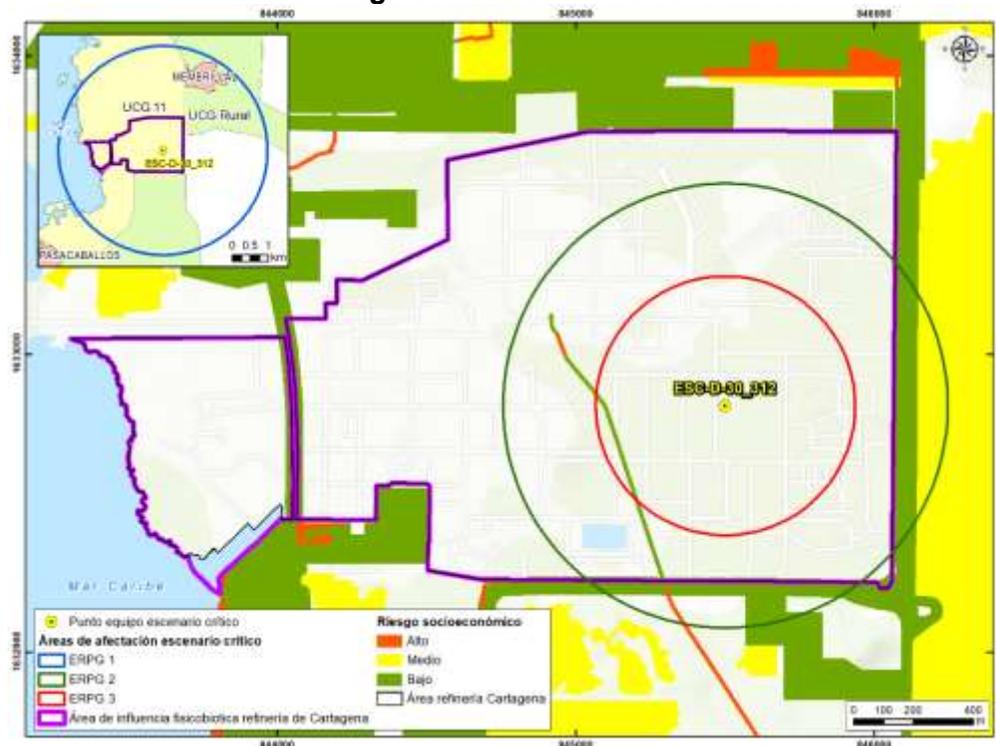
Fuente: ConCol by WSP, 2019.

**Tabla 9-67 Distribución del riesgo ambiental para el área de influencia del PGR**

| CATEGORIA | AREA (Ha) | %      |
|-----------|-----------|--------|
| Bajo      | 267,70    | 88,45  |
| Medio     | 14,23     | 4,70   |
| Alto      | 20,71     | 6,84   |
| Total     | 302,64    | 100,00 |

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

**Figura 9-49 Zonificación del riesgo socioeconómico del área de influencia del PGR**



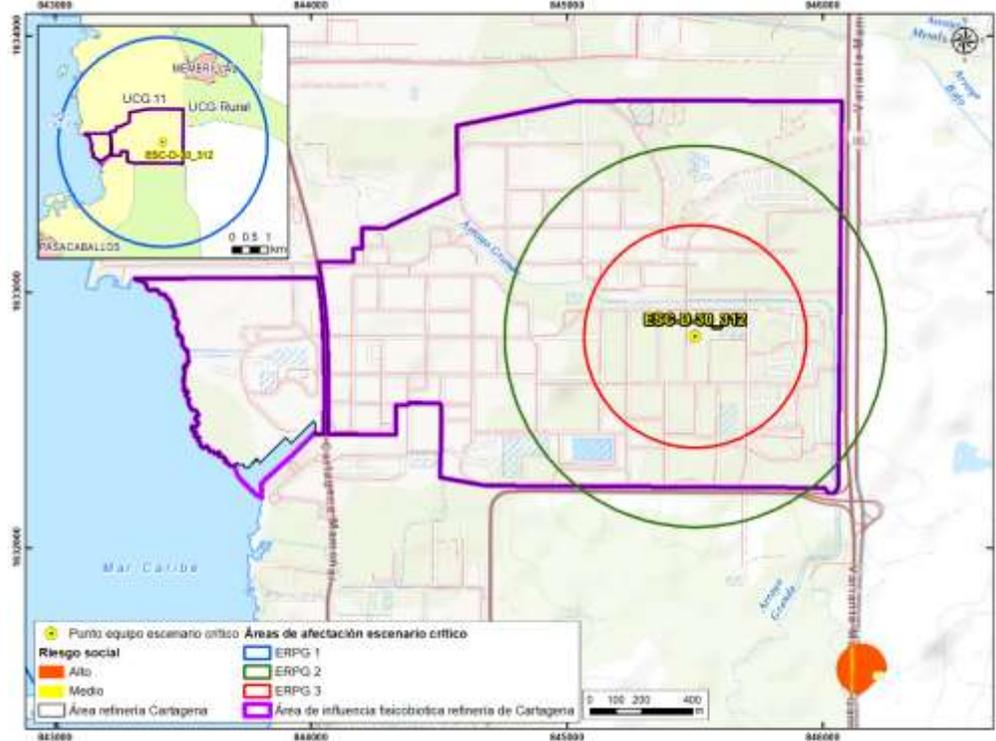
Fuente: ConCol by WSP, 2019.

**Tabla 9-68 Distribución del riesgo socioeconómico para el área de influencia del PGR**

| CATEGORIA | AREA (Ha) | %     |
|-----------|-----------|-------|
| Bajo      | 6,27      | 98,54 |
| Medio     | 0,0       | 0,0   |
| Alto      | 0,093     | 1,46  |
| Total     | 6,37      | 100,0 |

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

Figura 9-50 Zonificación del riesgo social del área de influencia del PGR



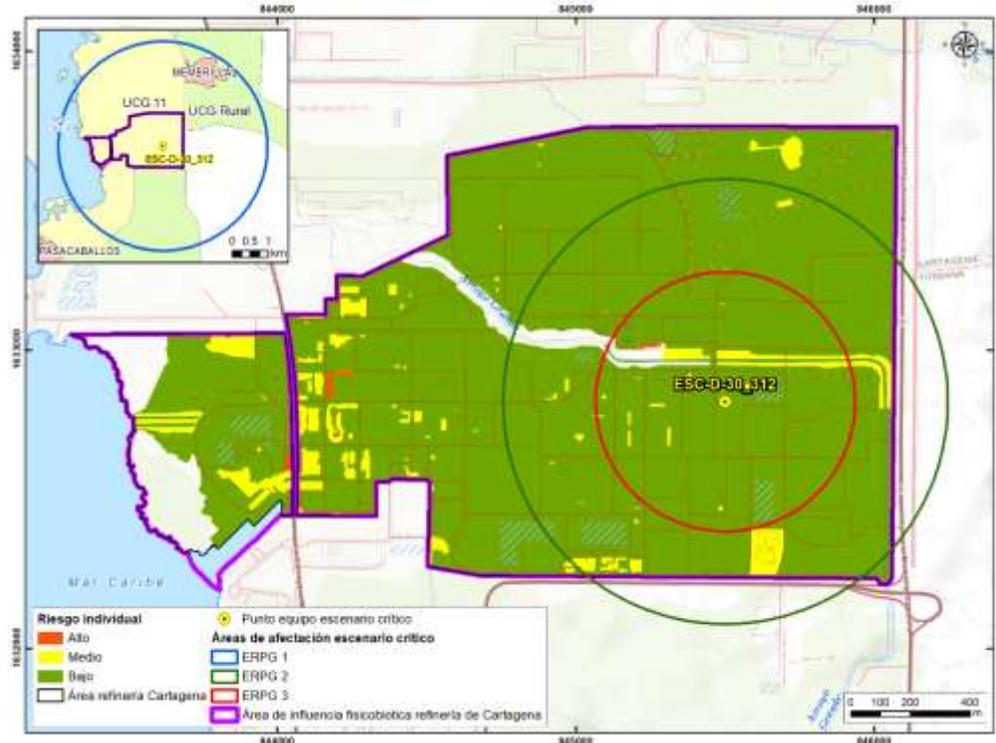
Fuente: ConCol by WSP, 2019.

Tabla 9-69 Distribución del riesgo social para el área de influencia del PGR

| CATEGORIA | AREA (Ha) | %    |
|-----------|-----------|------|
| Bajo      | 0,00      | 0,00 |
| Medio     | 0,00      | 0,00 |
| Alto      | 0,00      | 0,00 |
| Total     | 0,00      | 0,00 |

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

Figura 9-51 Zonificación del riesgo individual del área de influencia del PGR



Fuente: ConCol by WSP, 2019.

Tabla 9-70 Distribución del riesgo individual para el área de influencia del PGR

| CATEGORIA | AREA (Ha) | %      |
|-----------|-----------|--------|
| Bajo      | 267,64    | 94,40  |
| Medio     | 15,41     | 5,44   |
| Alto      | 0,46      | 0,16   |
| Total     | 283,51    | 100,00 |

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

Frente al riesgo individual, en el cual se analizan los riesgos que se puedan presentar sobre el personal y áreas operativas de la Refinería de Cartagena, se observa que el área ya construida de la Refinería de Cartagena presenta un riesgo medio principalmente debido a la amenaza por inundación y a la potencial afectación de la infraestructura en caso de la manifestación de esta. Para el caso del riesgo ambiental se evidencia que predomina el riesgo medio relacionado con los diferentes drenajes presentes en el área, se debe destacar que para el riesgo ambiental se presenta un riesgo alto por incendios forestales que puedan afectar la cobertura aledaña al Arroyo Grande.

Para el riesgo socioeconómico se evidencia un riesgo alto y bajo asociado a infraestructura a ductos que se encuentran en el área. El riesgo social se presenta principalmente en se asocia más la concentración de personal y a la amenaza por inundación que se pueda presentar en el área a causa de la alta precipitación y la materialización del evento de inundación afectando personal que trabaja en industrias aledañas a la Refinería de Cartagena.

Teniendo en cuenta que las amenazas que tienen mayor peso para el área de estudio corresponden a amenaza por incendio forestal y amenaza por inundación, se evidencia que ciertas áreas son las más afectadas por el riesgo que se encuentra asociado a la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Así pues, al considerar estas dos amenazas como las de mayor probabilidad de ocurrencia en el área de afectación, se procede a mostrar el nivel de riesgo alto por estos eventos y su interacción con las unidades operativas y de procesos de la Refinería de Cartagena (Tabla 9-71 y Tabla 9-72, Figura 9-52).

**Tabla 9-71 Infraestructura asociada al riesgo ambiental de categoría alto**

| Tipo infra | ID infra | Carácter                                    | Nivel | área (Ha) |
|------------|----------|---|-------|-----------|
| Unidad     | U-146    | Unidad de materias primas y productos (GLP) | Alto  | 0,010342  |
| Unidad     | U-146    | Unidad de materias primas y productos (GLP) | Alto  | 0,082     |
| Unidad     | U-143    | Unidad de tratamiento de aguas residuales   | Alto  | 0,000047  |

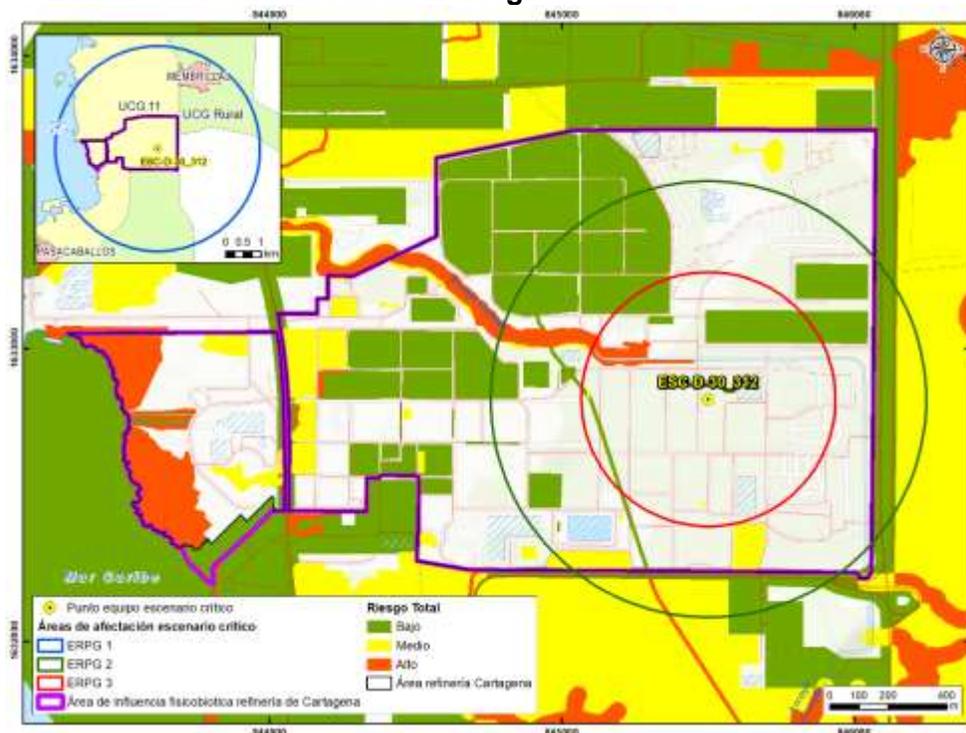
Fuente: ConCol by WSP, 2019.

**Tabla 9-72 Infraestructura asociada al riesgo individual de categoría alto**

| Tipo infra  | ID infra | Carácter  | Nivel | área (Ha) |
|-------------|----------|---|-------|-----------|
| Unidad      | U-146    | Unidad de materias primas y productos (Área 3000) | Alto  | 0,240373  |
| Edificación | Edif21   | Taller de Mantenimiento                           | Alto  | 0,001412  |

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

**Figura 9-52 Infraestructura asociada al riesgo**



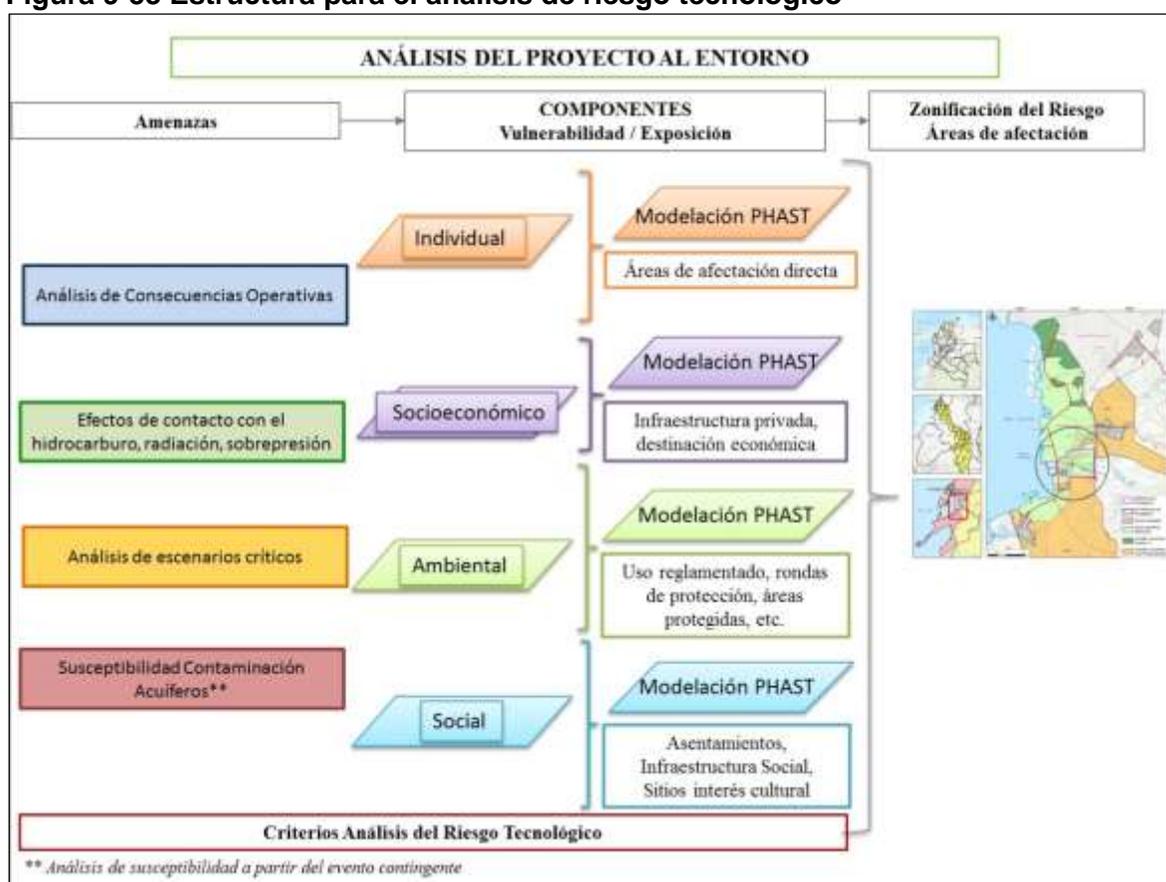
Fuente: ConCol by WSP, 2019.

### 9.1.2.3 Metodología para el análisis de riesgo tecnológico

Como lineamiento principal para el análisis de riesgo tecnológico y su influencia sobre el componente individual, social, socioeconómico y cultural y el ambiental, desarrollado para la Refinería de Cartagena, se tuvo en consideración la norma NTC-ISO 31000:2009 Gestión del riesgo. Principios y directrices y Guía para la gestión de emergencias en Ecopetrol (GHS-G-039).

En consecuencia, se puede establecer el riesgo tecnológico para los diferentes componentes partiendo del análisis desarrollado por parte de la Refinería de Cartagena para las diferentes unidades operativas (Figura 9-53).

**Figura 9-53 Estructura para el análisis de riesgo tecnológico**



Fuente: ConCol by WSP, 2019.

Con el objeto de establecer una diferencia entre las áreas operativas actuales identificadas en la Refinería. Se realizó un análisis de los escenarios generales de riesgo que pueden afectar los diferentes componentes identificados en el área de estudio. Así pues, a partir del análisis de consecuencias operativas, los efectos de contacto con el hidrocarburo, radiación, sobrepresión, entre otros; se hace un análisis de los escenarios propuestos, identificando los de mayor criticidad e implementando sobre estos la modelación PHAST

para determinar áreas de afectación y de esta manera hacer la evaluación con respecto a los componentes de vulnerabilidad y exposición para definir hasta donde pueden llegar los efectos de contacto con el hidrocarburo, radiación, sobrepresión o concentración en niveles predefinidos desde el análisis de consecuencias. Estas áreas de afectación se clasifican como directa e indirecta en la medida de si el efecto se percibe por descarga directamente desde el sitio de pérdida de contención o después de que este haya seguido una trayectoria o ruta de derrame, respectivamente.

### 9.1.2.3.1 Amenazas de origen interno (endógenas)

Son las amenazas que se pueden presentar por el desarrollo de las actividades (rutinarias, no rutinarias y de emergencia<sup>6</sup>) relacionadas a la ejecución del proyecto que tienen el potencial de afectar tanto la integridad del personal que hace parte del proyecto, cómo a la comunidad asentada en el área de influencia, la infraestructura física del proyecto y/o las características bióticas y/o abióticas comprendidas en el área de estudio del proyecto.

En este aparte se presenta el análisis de los escenarios generales de riesgo que pueden afectar al personal que realiza las actividades. Se identifican eventos de riesgo originados en la operación y que pueden generar también afectación al componente socio ambiental y se realiza una valoración de estos escenarios (Tabla 9-73).

**Tabla 9-73 Eventos originados en la operación de la Refinería de Cartagena**

| Clasificación del Evento      | Tipo de Evento  |
|-------------------------------|---|
| Evento Ocupacional            | Accidente en movilidad                                  |
|                               | Accidente estructural                                   |
|                               | Accidente en redes de servicio                          |
|                               | Evento de afectación a la salud                         |
|                               | Golpe por caída o colisión                              |
| Desviación de la Operación    | Parada operacional                                      |
|                               | Restricción operacional                                 |
|                               | Corte o irregularidad en sistemas de suministro         |
|                               | Falla en el procedimiento de operación                  |
| Evento con la Infraestructura | Derrame de hidrocarburo o sustancias nocivas (líquidos) |
|                               | Escape de hidrocarburo o sustancias nocivas (gases)     |
|                               | Incendio de producto liberado                           |
|                               | Explosión de producto liberado                          |
|                               | Incendio súbito en la infraestructura                   |
| Descarga fuera de norma       | Explosión súbita en la infraestructura                  |
|                               | Emisiones fuera de norma                                |
|                               | Vertimientos fuera de norma                             |

Fuente: (Ecopetrol S.A., 2016)

<sup>6</sup> De acuerdo a la norma OHSAS 18002:2008 **Fuente especificada no válida.** los procesos de identificación de peligros podrían partir del análisis de ese tipo de actividades. Las actividades rutinarias son las que se realizan frecuentemente y que adicionalmente están directamente relacionadas con el desarrollo del objeto social de la empresa. Las no rutinarias se realizan inusualmente en ocasiones por que son poco relevantes, no están relacionadas con el objeto social de la empresa o definitivamente son de una frecuencia irregular, esto quiere decir que no son cíclicas, no están determinadas cronológicamente y no obedecen a una condición o necesidad prevista por la empresa **Fuente especificada no válida.** La emergencia se considera una situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una compañía, causada por un evento adverso o por la inminencia del mismo (SNGRD, Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres).

Para definir las causas de escenarios de riesgos se identifican las posibles amenazas que pueden afectar la infraestructura petrolera y producir una pérdida de contención o evento que involucre producto, permite valorar la susceptibilidad de daño de la infraestructura y así poder orientar medidas de preparación.

La clasificación de las causas podrá hacerse considerando las dimensiones de incidencia de la causa en la ocurrencia de roturas menores y mayores, en la probabilidad con que esta puede incidir en la ocurrencia de las roturas, teniendo en cuenta los eventos ya ocurridos o la incidencia de estos por asimilación de otras áreas o infraestructuras.

- **Identificación de escenarios específicos de riesgo**

Se inicia con la elaboración de un Análisis de Peligro por Fuego (Fire Hazard Analysis – FHA) para las diferentes unidades por medio del cual se identifican los equipos con mayor potencial de afectación y los posibles eventos que puede generar una liberación del material contenido en los mismos. Luego de identificarlos, se procede con el modelamiento de las consecuencias para determinar el área de afectación e identificar los equipos que requieren ser refrigerados para mitigar los efectos de la radiación sobre los mismos, evitando la ocurrencia de un evento en cadena. Para el caso de materiales tóxicos, el modelamiento permite identificar las áreas que verían afectadas por la nube y de esta forma establecer el perímetro de evacuación.

Para la identificación de los equipos con mayor potencial de afectación, se tomó como base los resultados obtenidos en los talleres de criticidad de cada unidad de proceso, en el cual se realizó la identificación de los equipos críticos en materia de fuego y explosión (índice FEI) y por toxicidad (CEI), cuyos informes fueron elaborados por el Departamento de Gestión del Riesgo Operacional – GIRO de GRC.

Para la realización del Análisis de Peligros por Fuego, se procedió inicialmente con la identificación de los equipos críticos con mayor potencial para generar eventos por fuego, explosión y nubes tóxicas, empleando la metodología propuesta por la American Petroleum Institute - API en el documento “API 2213 - Fireproofing practices in Petroleum and Petrochemical process plans, Ed. 2012”. Posteriormente, se siguieron los lineamientos definidos en la guía “Fire Protection in Chemical, Petrochemical, and Hydrocarbon Processing Facilities Ed. 2012”, del Center for Chemical Process Safety – CCPS, para la realización del análisis de peligro por fuego de las unidades.

Para la determinación de los equipos con mayor potencial de afectación, se emplearon los criterios definidos en la API 2213 Numeral 4.2.1.2, en el cual define las características que cumplen los equipos con alto potencial de incendio, dentro de las cuales se destacan entre otros:

- i. Calentadores que procesan hidrocarburos líquidos o de fase mixta, bajo las siguientes condiciones:
  - a. Funcionar a temperaturas y velocidades de flujo que son capaces de causar coque dentro de los tubos.
  - b. Trabajar a presiones y caudales que son lo suficientemente altos como para

- causar grandes derrames antes de que el calentador puede ser aislado.
- c. Con fluidos potencialmente corrosivos.
  - ii. Las bombas con una capacidad nominal de más de 200 US gpm (45m<sup>3</sup>/ h) que manejan líquidos encima o dentro de 8°C (15°F) de su punto de inflamación.
  - iii. Las bombas con antecedentes de insuficiencia de apoyo o fuga del sello (donde las revisiones de ingeniería no han tenido éxito en la eliminación de estas fuentes de energía potenciales significativos).
  - iv. Los reactores que operan a alta presión o con el potencial para experimentar reacciones exotérmicas incontrolables (RUNAWAY) que no estén equipados con otras medidas de seguridad, tales como sistemas de despresurizar, sistemas inhibidores de reacción, etc.
  - v. Los compresores junto con los sistemas de lubricación de aceite asociados.
  - vi. Los tanques a presión, intercambiadores de calor y otros equipos que contengan líquidos inflamables o líquidos combustibles a 600 ° F o próximos a su temperatura de ignición, lo que sea menor.

Una vez aplicadas las consideraciones anteriores al listado de equipos críticos de las unidades, se procedió con la realización del Análisis de Peligros por Fuego de acuerdo con lo descrito en el Capítulo 5, de la guía Fire Protection in Chemical, Petrochemical, and Hydrocarbon Processing Facilities Ed. 2012, así:

- i. Identificar cuál es el objetivo del análisis. Plantear las estrategias para la mitigación de los peligros, elaboración de los Procedimientos Operativos Normalizados PON de las unidades.
- ii. Identificar los inventarios de los equipos críticos. Almacenamiento de líquidos y gases en la unidad.
- iii. Definir los posibles escenarios por fuego y explosión. Calcular la cantidad de combustible almacenado, composiciones de los materiales almacenados, fuentes probables de ignición, identificar los posibles eventos que puede generar el compuesto al quemarse (chorro de fuego, piscina de fuego, dispersión, explosión, deflagración, BLEVE).
- iv. Determinar el área de impacto. A partir del empleo del software PHAST calcular el área de impacto producto de la liberación y/o quema de los materiales liberados. Para el cálculo del área de impacto debe suministrarse variables de proceso tales como: cantidad del material, composición, flujo, temperatura, presión, altura del punto de liberación, altura de la medición, distancia del punto de ignición, tipo de terreno, grado de congestión de la unidad. De igual forma, debe suministrarse información de las condiciones climáticas del área tales como: temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección predominante del viento, entre otras.

Esta metodología sugiere que las consecuencias producidas por la falla en los equipos de proceso guardan una relación directa con el volumen de combustible que se almacena o fluye a través de los equipos de proceso (carga de combustible) en lo referente a los niveles de radiación y explosión. Para los escenarios de toxicidad, el volumen de materiales peligrosos que almacenan o transportan, guardan una relación directa con la magnitud de la nube que puedan generar.

Otras variables que afectan la magnitud de las áreas afectadas son: la temperatura y presión de operación, la composición de los materiales (combustibles y tóxicos), la altura

del punto de liberación, la distancia a la que se encuentra la fuente de ignición más cercana y las condiciones ambientales, principalmente la temperatura y la humedad.

Los modelamientos de consecuencias fueron desarrollados a partir del empleo de la herramienta Process Hazard Analysis Software Tool - PHAST desarrollada por Derk Norst Veritas – DNV. Para determinar el potencial de daño en cada uno de los equipos seleccionados para los modelamientos, se definieron algunos criterios generales para estandarizar los mismos, definiendo previamente lo siguiente:

- i. Tamaño de fuga: de acuerdo con la norma API 580, las fugas más probables están asociadas a los siguientes tamaños de orificio:
  - a. Pequeña: 0,5 (in)
  - b. Mediana: 2 (in)
  - c. Grande: 4 (in)
- ii. Selección de las condiciones climáticas: se tuvieron en cuenta las condiciones climáticas predominantes para la ciudad de Cartagena y fueron seleccionadas dos categorías tipo, una para la noche y otra para el día (Dirección y velocidad del viento, temperatura, Humedad relativa, Estabilidad atmosférica, Congestión) debido a la gran diferencia en cuanto a las direcciones del viento, humedad relativa y temperatura entre estos dos momentos del día.

Con el propósito de estandarizar las variables de entrada requeridas para la realización de los modelamientos y poder obtener resultados comparables entre las unidades analizadas, se definieron los siguientes criterios:

- i. Se supuso que 10 minutos (600 segundos), es el tiempo máximo que tomaría cerrar las válvulas manualmente para aislar los equipos en caso de presentarse una fuga. De la misma forma se supuso que es el tiempo necesario para que la nube haya alcanzado el estado estacionario (peor escenario).
- ii. Se tomó como base que todo el piso de la unidad es en concreto con una inclinación adecuada hacia su sistema de drenaje.
- iii. Se asumió un grado de congestión alto como el más representativo para cada unidad.
- iv. Para la determinación de efectos tóxicos se tomó una elevación de un (1) metro ubicar el punto de fuga. Esta es una consideración conservadora ya que si la fuga está más cerca al piso el riesgo incrementa. Para los escenarios de fuego y explosión se consideró la altura definida en los P&ID's.
- v. Para definir las composiciones de cada corriente se tomaron como base los compuestos más representativos de acuerdo a su participación molar en el balance de materiales.
- vi. Para el caso particular de las bombas se empleó el flujo de operación para calcular la liberación de material y no el volumen.
- vii. En los casos en que aplicó se asumió que el volumen contenido en las líneas asociadas al equipo corresponde al 10% de su volumen.
- viii. Se consideró que los equipos tienen baja probabilidad de falla, por tanto, las fallas más probables tienen lugar en las líneas asociadas a los mismos.

- **Selección de escenarios**

La lista de escenarios de riesgos para las unidades de procesos se presenta en el *Anexo 9.3. Metodología análisis de consecuencias y referencia guías / Anexo 9.3.1 Escenarios de riesgos para las unidades de procesos*. Es importante aclarar que el análisis que se presenta en el Anexo 9.3. corresponde a los equipos de la unidad U-100 Unidad de Destilación de Combinada, Atmosférico y Vacío, siendo este el referente metodológico de los modelamientos que desarrollaron por Reficar para los equipos críticos de las demás unidades.

- **Identificación de escenarios específicos de riesgo**

La determinación de los escenarios de riesgo se realizó a partir a evaluación de los equipos críticos sobre los cuales se procedió a generar la modelación PHAST. De esta manera, en la Tabla 9-74 se listan los escenarios específicos de riesgo.

**Tabla 9-74 Escenarios específicos de riesgo**

| Código          | Descripción de localización                   | Nombre del escenario   |
|-----------------|---|--|
| ESC-P-004- A_52 | Descarga Bomba P-004                          | Dardo de fuego por daño en sello de la bomba.  |
| ESC-D-002_13    | Sección de carga y precalentamiento U-100     | Piscina de fuego por derrame de producto a través de la brida ubicada en la línea de salida al D-002.              |
| ESC-D- 201_104  | Sección fraccionamiento de U-111              | Chorro de fuego por fuga de producto a través de la brida ubicada en la salida de livianos hacia la fraccionadora. |
| ESC-T- 102_115  | Sección Fraccionamiento de Coque U-111        | Chorro de fuego por fuga de producto a través de la brida ubicada en la línea de fondo de la T-102.                |
| ESC-D-3201_16   | Sección de Absorción y Lavado - MEROX         | Chorro de fuego por fuga de hidrocarburo (C3 y C4) por la línea de salida (tope) del D-3201                        |
| ESC-P-3101_364  | Sección de Concentración de Propileno - MEROX | Chorro de fuego por fuga de hidrocarburo (C4) por el sello de la bomba P-3101                                      |
| ESC-T-3101_367  | Sección de Concentración de Propileno         | Chorro de fuego por fuga de hidrocarburo (C4) por la línea de fondo de la Torre T- 3101                            |
| ESC-P-2607_317  | Sección de Compresión                         | Chorro de fuego por fuga de hidrocarburo (C3, C4 y C5) por el sello de la bomba P-2607                             |
| ESC-T-2603_320  | Sección de recuperación de vapores VRU        | Chorro de fuego por fuga de hidrocarburo (C3, C4 y C5) en la línea de fondo de la T- 2603                          |
| ESC-D-205_1166  | Sección de Despojo                            | Chorro de fuego por fuga de hidrocarburo (C4 y Nafta) por la brida ubicada en la línea de fondo del D-205          |
| ESC-P-202_1131  | Sección de Deshidrosulfurización              | Chorro de fuego por fuga de hidrocarburo (C8) por sello de la bomba P-202  |
| ESC-C-001_109   | Brida en línea de descarga C-001 – U-104      | Deflagración por fuga de Hidrógeno a través de la brida ubicada en la línea de descarga del C-001                  |
| ESC-D-002_102   | Brida en línea de salida gas D-002 – U-104    | Explosión por fuga de Hidrógeno a través de la brida ubicada en la línea de salida del D-002                       |
| ESC-R-001_174   | Brida en línea de salida del R-001 – U-110    | Chorro de fuego por fuga de producto a través de la brida ubicada en la línea de fondo del R-001                   |
| ESC-T-101_124   | Circuito de fondo - T 101 – U-110             | Dardo de fuego por fuga de nafta pesada (C8) en la línea de fondos de la T 101 hacia la P-102                      |

| Código          | Descripción de localización                              | Nombre del escenario   |
|-----------------|--|--|
| ESC-D-30_312    | Línea de cargue a D-30 – U-044                           | Fuga de HF en fase líquida - gaseosa en la línea de cargue al D-30 durante la reposición de producto desde el Isocontenedor. |
| ESC-D-04_406    | Línea salida D-04 hacia sistema de recirculación – U-044 | Fuga de HF en fase gaseosa en la línea de salida de HF del D-04 hacia el sistema de recirculación.                           |
| ESC-T-201_251   | Línea fondos T-201 – U-044                               | Chorro de fuego por fuga de Butano en la línea de fondo de la T 201 hacia la sección de cargue y secado.                     |
| ESC-T-003_94    | Línea fondos T-003 – U-101/106/133                       | Dardo de fuego producto de una fuga de por la línea de fondo de la T -003 en fase líquida                                    |
| ESC-D-001_36    | Brida en Línea de Cima D-001 – U-101/106/133             | Chorro de fuego por fuga de producto a través de la brida ubicada en la línea de cima del D-001                              |
| ESC-F- 001_200  | Sección de reformado con vapor – U-116                   | Explosión por ruptura de un tubo con producto en el F-001  |
| ESC-C- 001_111  | Sección de calentamiento y reacción – U-109              | Chorro de fuego por fuga de producto en la línea de descarga del C-001   |
| ESC-D- 004_302  | Separación a alta presión – U-109                        | Chorro de fuego por fuga de producto a través de la brida ubicada en la línea de fondo del D-004                             |
| ESC-P- 001_233  | Sección de carga – U-109                                 | Chorro de fuego por fuga de producto a través del sello en la P-001A   |
| ESC-TKN2U- 145  | Servicios industriales U-145                             | Fuga de nitrógeno por daño en brida en la línea reposición   |
| ESC-TKO2U- 145* | Servicios industriales U-145                             | Fuga de oxígeno gaseoso a través de la brida en la línea de reposición al tanque.  |
| ESC-KZU- 135    | Sistema de Agua de Torres U-135                          | Fuga de cloro gaseoso a través del cuerpo del contenedor por daño en la unión soldada al caer del malacate.                  |
| ESC- KZGNLU-130 | Servicios industriales U-130                             | Chorro de fuego por ruptura catastrófica en la línea de 12" de gas natural aguas debajo de la estación reguladora.           |
| ESC-TK-1018     | Área 1000  | Incendio tipo piscina en la superficie del tanque TK-1018  |
| ESC-TK-3519     | Almacenamiento de Propileno                              | Chorro de fuego por fuga de hidrocarburo (Propileno) por la línea de muestreo del TK-3519                                    |
| ESC-TKEXC1U-143 | Tanque Exceso 1 U-143                                    | Piscina de fuego en el tanque en exceso 1  |
| ESC-TK-4121*    | TNP Almacenamiento de Crudo                              | Incendio tipo piscina en la superficie del tanque TK-4121  |
| ESC-TK-4119*    | TNP Almacenamiento de ULSD                               | Incendio tipo piscina en la superficie del tanque TK-4119  |

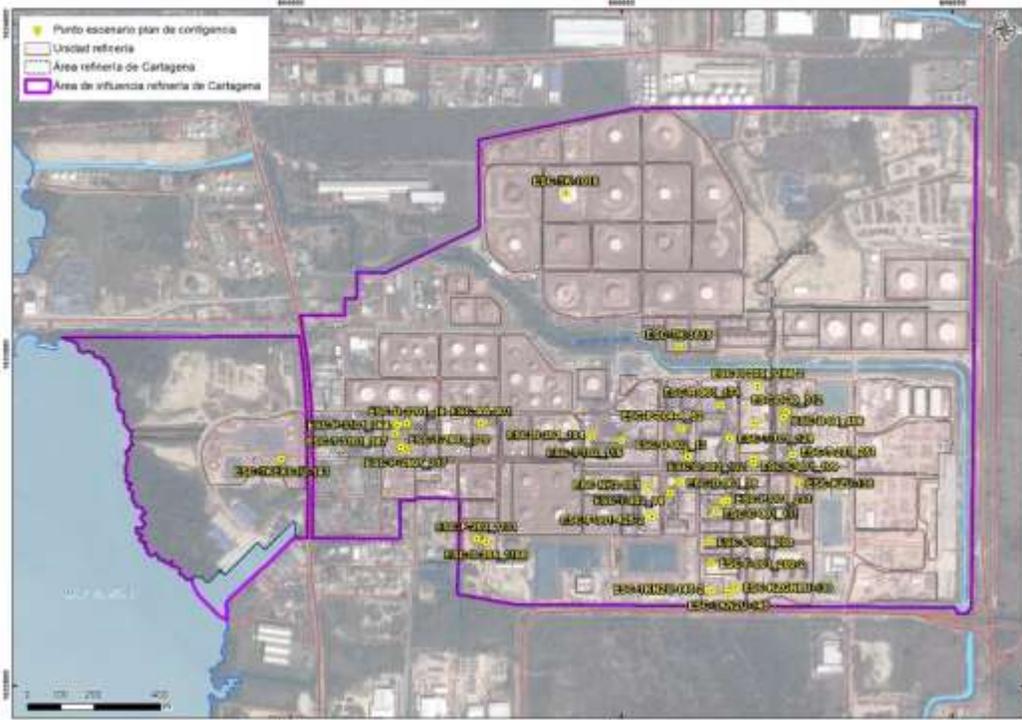
Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**\*Fe de erratas:** Los escenarios para los equipos críticos ESC-TKO2U-145, ESC-TK-4121 y ESC-TK-4119 no fueron incluidos en el modelamiento de los escenarios de riesgo, dado que estos equipos, finalmente quedaron instalados fuera de las áreas operativas de la Refinería con una destinación para otros fines. El escenario ESC-TKO2U-145 corresponde a un tanque de almacenamiento de Oxígeno que se tuvo contemplado en la fase de diseño de la refinería, finalmente se instaló una línea que va directo al bloque 120, por tanto, este escenario no existe. En relación con los escenarios ESC-TK-4121 y ESC-TK-4119, son tanques instalados en área de almacenamiento del Terminal Néstor Pineda TNP, el cual no

hace parte del área geográfica de la Refinería de Cartagena, por tanto, no se consideran parte del presente análisis.

En la Figura 9-54 se presenta la ubicación de los equipos críticos que fueron evaluados frente a las potenciales consecuencias y la conformación de los escenarios específicos de riesgo como parte de la operación de la Refinería de Cartagena.

**Figura 9-54 Ubicación de los equipos críticos de las unidades de proceso**



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

- Escenario de riesgo y área de afectación preliminar por concentración de cloro

En atención al requerimiento 8 solicitado en la información adicional por ANLA, acta 002, en el marco del trámite de la presente modificación de la licencia ambiental para la Refinería de Cartagena, y que establece: Aclarar a esta Autoridad Nacional los resultados de la determinación de las áreas de afectación correspondiente a las concentraciones de 20, 3 y 1 ppm de Cloro, que se representaron cartográficamente en la figura (Figura 9-54) riesgo tecnológico ambiental del área de estudio, se explica a continuación un recuento del proceso realizado en las etapas preoperativas de la refinería donde se identificó de forma preliminar un escenario de riesgo vinculado con el almacenamiento de cloro asociado al proceso de enfriamiento y tratamiento del agua para la unidad U-001.

Como antecedente de las modelaciones de los escenarios de riesgo operativo, se tuvo como punto de partida el análisis preoperativo de zonas de impacto por almacenamiento potencial de cloro (CI), considerado durante la etapa previa a la entrada de operación de la refinería como un elemento de referencia para la definición de la localización de

**infraestructuras e instalaciones en zonas de bajo impacto.**

**De esta manera, el modelamiento inicial de las concentraciones de cloro fue realizado con un alcance y propósito de tipo logístico en un momento anterior al arranque de las actividades operativas en la refinería. En esta fase inicial, este elemento fue concebido bajo un almacenamiento aislado, sin uso y con barreras preventivas de seguridad, razón por la cual dicho escenario de riesgo a las condiciones actuales no cuenta con ninguna probabilidad (P=0) de materializarse. La cantidad de almacenamiento estimada de Cloro en el momento inicial fue de 1 tonelada. En la Tabla 9-75 se muestra el escenario específico de riesgo en el equipo crítico de la Torre de Agua de Enfriamiento I y el material que fue modelado bajo unas consideraciones diferentes a las condiciones de operación actual y al escenario de falla más probable.**

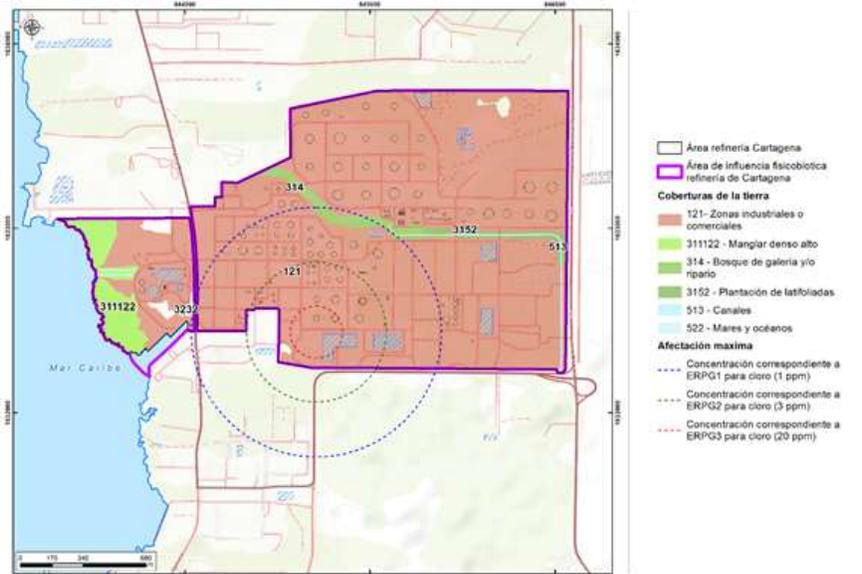
**Tabla 9-75. Escenario de riesgo tecnológico preliminar por concentración de cloro**

| <b>Código</b>        | <b>Descripción de localización</b>                      | <b>Nombre del escenario</b>  |
|----------------------|---|--|
| <b>TAE I KZT C12</b> | <b>Sistema de Agua de Torres de Enfriamiento U-001.</b> | <b>Fuga de cloro gaseoso por daño en el cuerpo del contenedor.</b> |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**En la Figura 9-55 se presentan las áreas de afectación por condiciones logísticas del escenario de Cloro, previo al inicio de la operación de la refinería, como se ha explicado anteriormente.**

**Figura 9-55 Áreas de afectación preliminares a la operación de la refinería por Cloro en la TAE I**



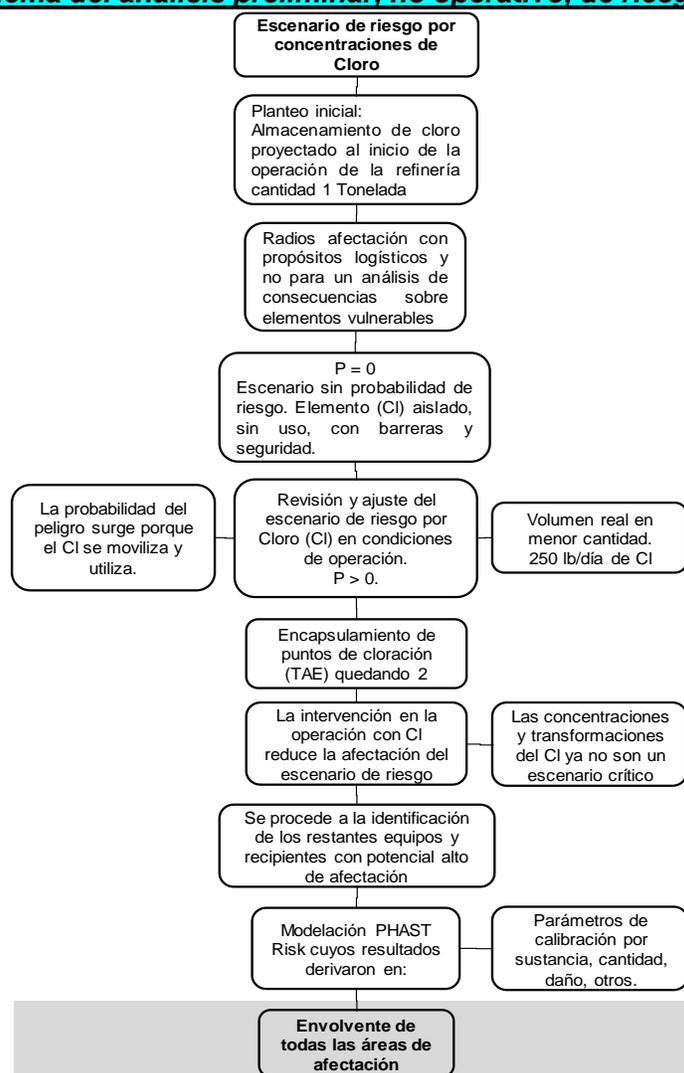
Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Posteriormente, cuando entra en operación la refinería se hace una nueva revisión y actualización de los escenarios del riesgo, ya con el conocimiento de la ejecución de los equipos en condiciones reales, siendo necesario redefinir en específico el escenario por cloro, identificando que el almacenamiento no es la condición crítica del elemento sino su**

uso a través de la Cloración aplicada para el proceso de enfriamiento. A su vez con la ampliación de la refinería, los sitios de uso de este elemento son relocalizados entorno a la unidad de Alquilación. En este caso, el escenario de riesgo por cloro se modifica en respuesta a la movilización del compuesto a una tasa de 250 lb por día, por lo que surge una probabilidad para la materialización de este escenario, implicando con ello la incorporación de medidas de intervención reduciendo así la criticidad del riesgo.

En el esquema que se presenta en la Figura 9-56 se muestra el proceso seguido para el análisis de consecuencias frente al escenario crítico por cloro.

**Figura 9-56 Esquema del análisis preliminar, no operativo, de riesgo crítico por Cloro**



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

Una vez se contó con las condiciones reales de operación de todos los equipos, recipientes y unidades de la refinería se procedió a la revisión de la criticidad de estos frente a potenciales riesgos. Se identificó de esta manera que, el escenario asociado al cloro se

reduce significativamente frente a sus contornos de consecuencias, dado que en la modelación se incluyeron los parámetros de las cantidades reales de uso (250 lb por día) y respecto a un proceso de cloración (flujo del elemento) con barreras y no como un almacenamiento potencial del cloro en grandes cantidades.

En la Figura 9-57 se presenta el resultado de las áreas de afectación obtenidas del modelamiento Phast ajustado del escenario de cloro ante las condiciones actuales de operación en la Torre de Agua de Enfriamiento I que apoya el proceso de la Unidad 001. Basado en estas nuevas condiciones el escenario de cloro no es considerado como un riesgo tecnológico que denote criticidad. En el anexo 9.4. Subcarpeta 1. Salidas Phast, se adjunta la memoria de cálculo generada por Phast para el escenario operativo por Cloro (Anexo 21. TAE I KZT C12).

**Figura 9-57 Área de afectación del escenario de cloro en la TAE I en condiciones de operación actual TAE I KZT C12**



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

Finalmente, la revisión de los escenarios bajo la operación real de los equipos de la refinería permitió redefinir el alcance de los eventos con las mayores consecuencias, los cuales como se verá más adelante fueron en su orden, la fuga de sustancias tóxicas, seguido de los chorros y piscinas de fuego, y explosiones, con contornos de afectación por radiación térmica y sobrepresión. Todos estos exigen una mayor demanda de agua para la refrigeración de equipos y un despliegue de apoyo para la activación de los controles de la emergencia por parte del personal de operaciones.

En el Anexo 9.4. en la carpeta 3. Mapa áreas afectación, se presenta la salida cartográfica, con la integración de todos los escenarios de riesgos y sus respectivos contornos de

afectación, y de forma específica se muestran en la carpeta 2. Contornos gráficos Phast del mismo anexo 9.4.

- **Modelación PHAST – Áreas de afectación**

Basado en los resultados de los modelamientos realizados en el software PHAST para cada uno de los equipos críticos seleccionados, se escogieron los escenarios que presentaron mayores consecuencias. Teniendo en cuenta que el objetivo principal de este análisis es el desarrollo de los Procedimientos Operativos Normalizados - PON, se estableció como criterio de selección para los eventos más críticos, aquellos que generaran las mayores consecuencias entre los eventos: Chorro de Fuego (Jet Fire), Piscina de Fuego (Pool Fire), Deflagración o llamarada (Flash fire), Explosión (Explosion) y Nube Tóxica.

A continuación, se presenta la descripción de los escenarios de riesgo primarios más relevantes y las áreas de afectación en sus distintos umbrales producto de los efectos físicos que se generan ante una contingencia en los equipos críticos identificados anteriormente. Los análisis y resultados que se presentan en adelante constituyen la respuesta al requerimiento número 10 solicitado en la información adicional por ANLA, acta 002, en el marco del trámite de la presente modificación de la licencia ambiental para la Refinería de Cartagena y en el que establece: Presentar los resultados de los análisis específicos de riesgo para los escenarios identificados como más críticos incluidos en la Tabla 9-74.

Al final se sintetizan estos resultados en la zonificación de riesgo tecnológico a través de la envolvente de escenario de riesgo mayor. La zonificación incluye también los escenarios proyectados para alcanzar una capacidad de refinación a 245 KBPD (Figura 9-99). En forma complementaria, se presenta en el Anexo 9.4 Contornos de afectación – Resultados análisis de consecuencias, en la carpeta 1. Salidas Phast, los resultados obtenidos de la modelación para cada escenario.

- **Dardo y chorro de fuego (Jet fire)**

Este fenómeno corresponde a una fuga de vapores o gases inflamables a presión, por un agujero, una válvula o una tubería seleccionada, produciéndose una llama casi constante hasta agotar el combustible (CNPC, 2015). La llama es estacionaria y alargada, de gran longitud y poca amplitud (Casal, Montiel, Planas, & Vílchez, 1999). Los niveles de interés se determinan con base en los efectos que puede tener la radiación térmica del incendio sobre personas y bienes. Estos dependen tanto de la intensidad como del tiempo de exposición a la radiación térmica.

Los eventos relacionados con incendios, como el fenómeno de dardo de fuego, la piscina de fuego, o la llamarada, presentan como efecto físico la radiación térmica. En la Tabla 9-76 se presentan las potenciales consecuencias por la manifestación de este tipo de evento; estas consecuencias se emplean en la definición de las zonas de protección y afectación, para la planeación de la emergencia por cualquier evento que genere radiación térmica.

**Tabla 9-76 Niveles de afectación por radiación térmica incidente**

| <b>Flujo de calor (Kw/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Daños sobre los equipos / materiales</b>   | <b>Daño sobre las personas</b>  |
|--|---|---|
| 400                                      | Máxima radiación tolerable por una pared de ladrillos   | --  |
| 200                                      | Debilitamiento del hormigón armado  | --  |
| 60                                       | Máxima radiación tolerable por el cemento   | --  |
| 40                                       | Máximo tolerable por el acero estructural y el hormigón prensado. Destrucción de equipos y tanques                                    | --  |
| 37,5                                     | Suficiente para causar daños a equipos de proceso; colapso de estructuras.  | 100% de mortalidad en 1 minuto.   |
| 25                                       | El acero delgado, aislado, puede perder su integridad mecánica. Energía mínima para encender madera, por larga exposición, sin llama. | Zona de probabilidad del 50% de muerte para tiempos de exposición mayores de 30 segundos. No se espera personal en esta área.   |
| 12,5                                     | Ignición de tubos y recubrimientos de plástico en cables eléctricos. Daños severos a equipos de instrumentación.                      | Zona de intervención: Máximo soportable protegido con trajes especiales, por tiempo limitado (p.e. bomberos). Es más conveniente refrigerar a la persona expuesta a esta dosis. |
| 11,7                                     | El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica.  | Puede desarrollar fatalidad debido a quemaduras de tercer grado después de 100 segundos de exposición.<br>Quemaduras de segundo grado después de 12 segundos de exposición.     |
| 8  | --  | Umbral de letalidad (1% de afectación) por incendio, para un tiempo de exposición de 1 minuto.  |
| 4  | --  | Zona de alerta: suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 20 segundos. Quemadura de 1er grado. Improbable formación de ampollas.                                |
| 1,6                                      | --  | Máximo soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado.   |

Fuente: (LEA, 2006; American Institute of Chemical Engineering, 2000; Ibarra Hernández, 2016)

Entre la Figura 9-58 y la Figura 9-77 se presentan las áreas potenciales de afectación de los equipos críticos en donde se pueden manifestar este tipo de eventos, equipos que a su vez se relacionan específicamente en la Tabla 9-77 la cual es derivada de la Tabla 9-74.

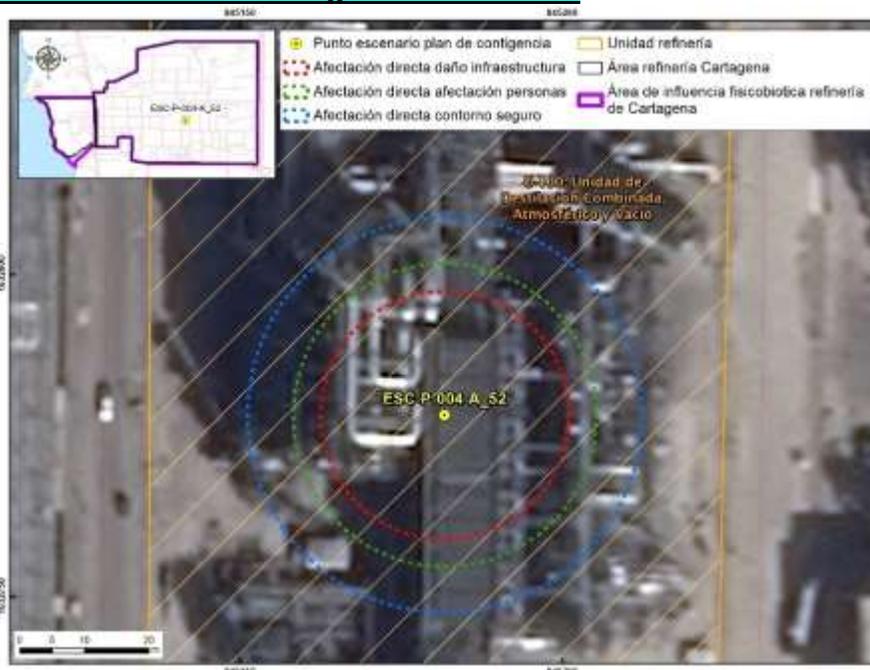
La estimación de las consecuencias potenciales para los diferentes niveles de radiación térmica se realiza aplicando también los criterios señalados en la Tabla 9-76. En general se puede concluir que los eventos de amenaza por Jet Fire son los que más se presentan al interior de la Refinería, siendo así mismo, los que menor extensión espacial en cuanto a consecuencias representan.

**Tabla 9-77 Listado de equipos críticos con evento probable tipo dardo o chorro de fuego**

| <b>Código escenario</b> | <b>Descripción de localización</b>            | <b>Nombre o código del equipo crítico</b> |
|-------------------------|---|---|
| ESC-P-004- A 52         | Descarga Bomba P-004                          | 100-P-004                                 |
| ESC-D- 201 104          | Sección fraccionamiento de U-111              | 111-D-201 104                             |
| ESC-T-102 115           | Sección Fraccionamiento de Coque U-111        | 111-T-102 115                             |
| ESC-D-3201 16           | Sección de Absorción y Lavado - MEROX         | 002-D-3201 16                             |
| ESC-P-3101 364          | Sección de Concentración de Propileno - MEROX | 002-P-3101 364                            |
| ESC-T-3101 367          | Sección de Concentración de Propileno         | 002-T-3101 367                            |
| ESC-P-2607 317          | Sección de Compresión                         | 002-P2607 317                             |
| ESC-T-2603 320          | Sección de recuperación de vapores VRU        | 002-T-2603 320                            |
| ESC-D-205 1166          | Sección de Despojo                            | 107-D-205 1166                            |
| ESC-P-202 1131          | Sección de Deshidrosulfurización              | 107-P-202 1131                            |
| ESC-R-001 174           | Brida en línea de salida del R-001 – U-110    | 110-R-001 174                             |
| ESC-T-101 124           | Circuito de fondo - T 101 – U-110             | 110-T-101 124                             |
| ESC-T-201 251           | Línea fondos T-201 – U-044                    | 044-T-201 251                             |
| ESC-T-003 94            | Línea fondos T-003 – U- 101/106/133           | 101-T-003 94                              |
| ESC-D-001 36            | Brida en Línea de Cima D-001 – U- 101/106/133 | 100-D-001 12                              |
| ESC-C- 001 111          | Sección de calentamiento y reacción – U-109   | 109-C-001 111                             |
| ESC-D- 004 302          | Separación a alta presión – U-109             | 109-D-004 302                             |
| ESC-P- 001 233          | Sección de carga – U-109                      | 109-P-001 233                             |
| ESC- KZGNLU-130         | Servicios industriales U-130                  | 130-KZGNL                                 |
| ESC-TK-3519             | Almacenamiento de Propileno                   | TK3519                                    |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Figura 9-58 Dardo o chorro de fuego – Bomba P-004**



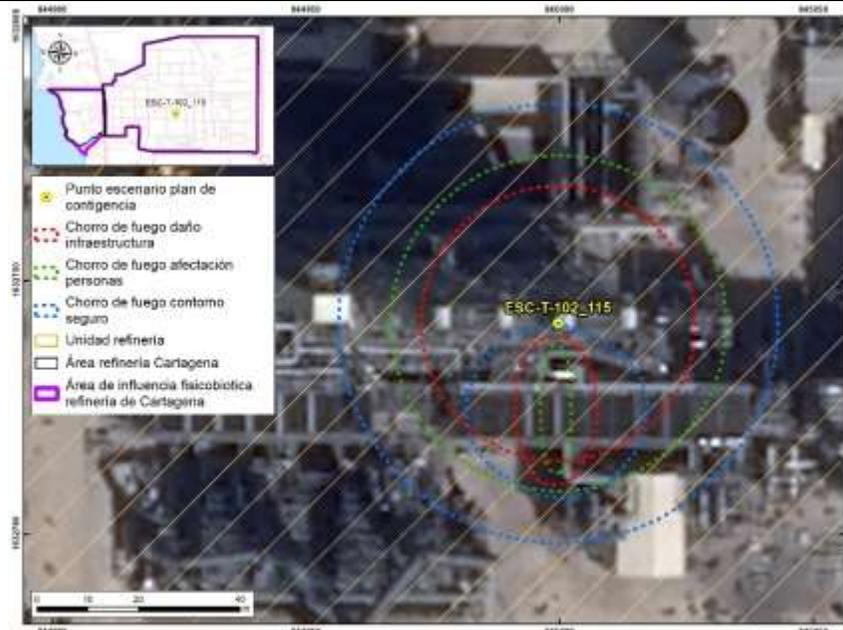
Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-59 Dardo o chorro de fuego – Fraccionamiento U-111**



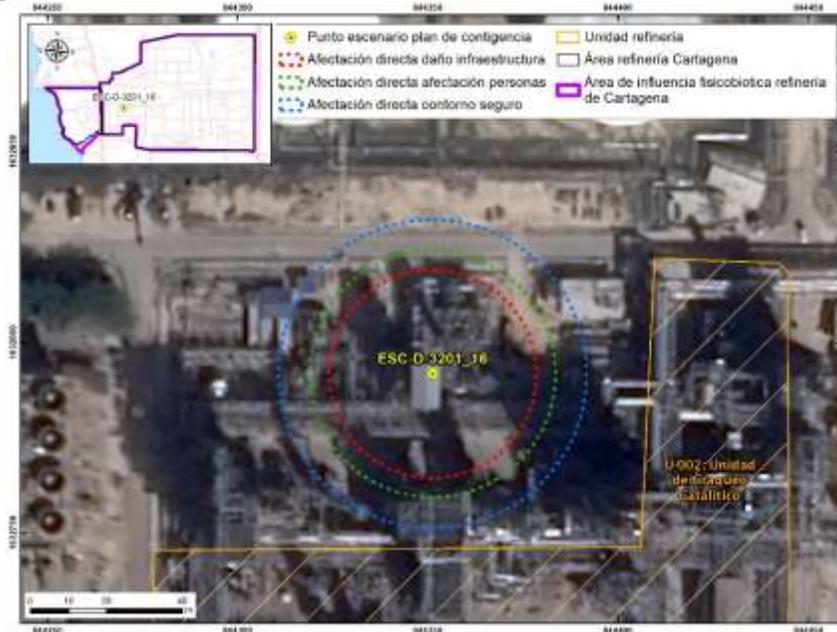
Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-60 Dardo o chorro de fuego – Fraccionamiento Coque T-102 en la U-111**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-61 Dardo o chorro de fuego – Línea salida del D-3201**



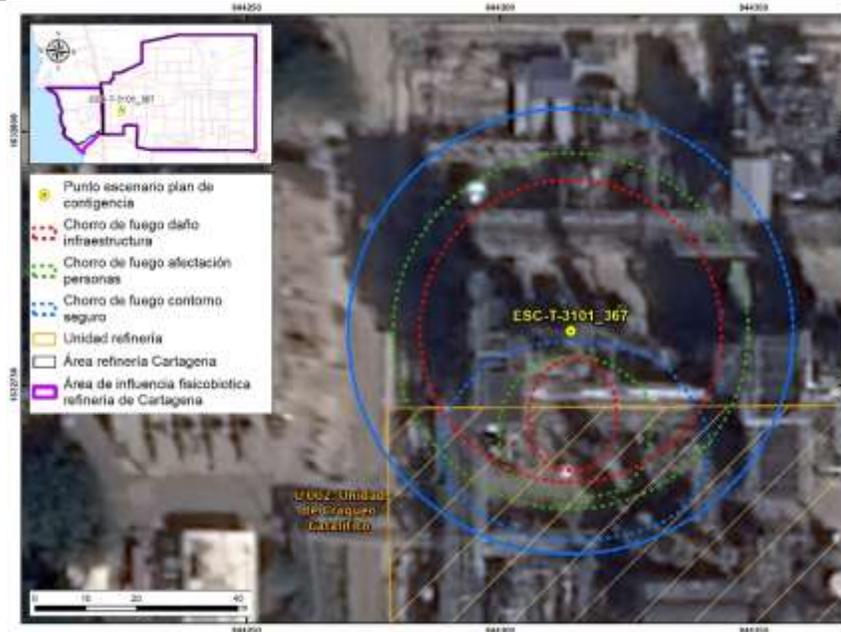
Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-62 Dardo o chorro de fuego – Bomba P-3101**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-63 Dardo o chorro de fuego – Línea fondo torre T-3101**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-64 Dardo o chorro de fuego – Bomba P-2607**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-65 Dardo o chorro de fuego – Línea fondo torre T-2603**



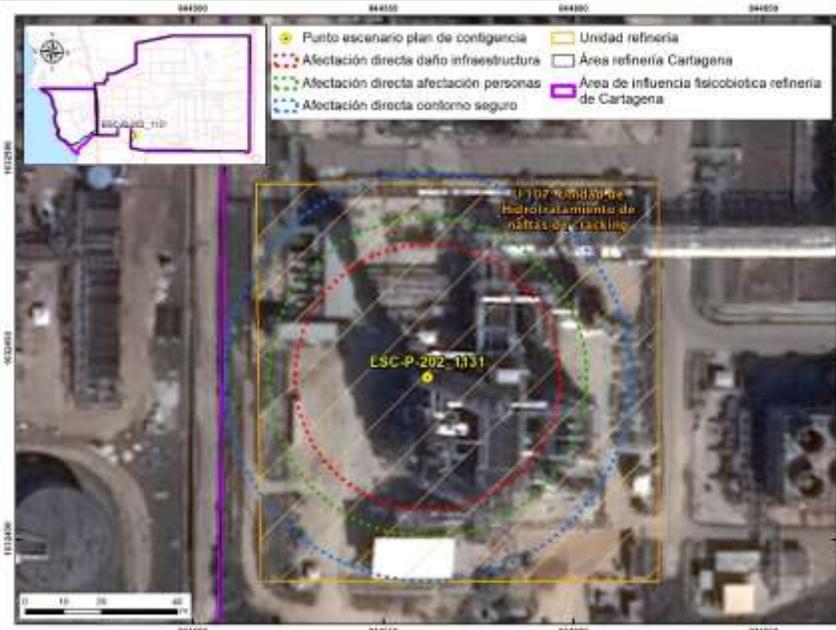
Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-66 Dardo o chorro de fuego – Línea fondo D-205**



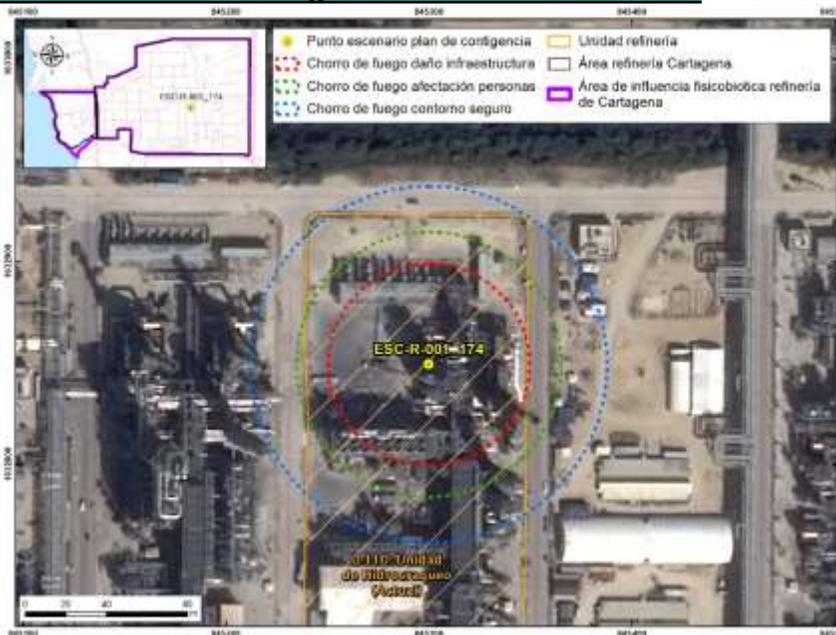
Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-67 Dardo o chorro de fuego – Bomba P-202**



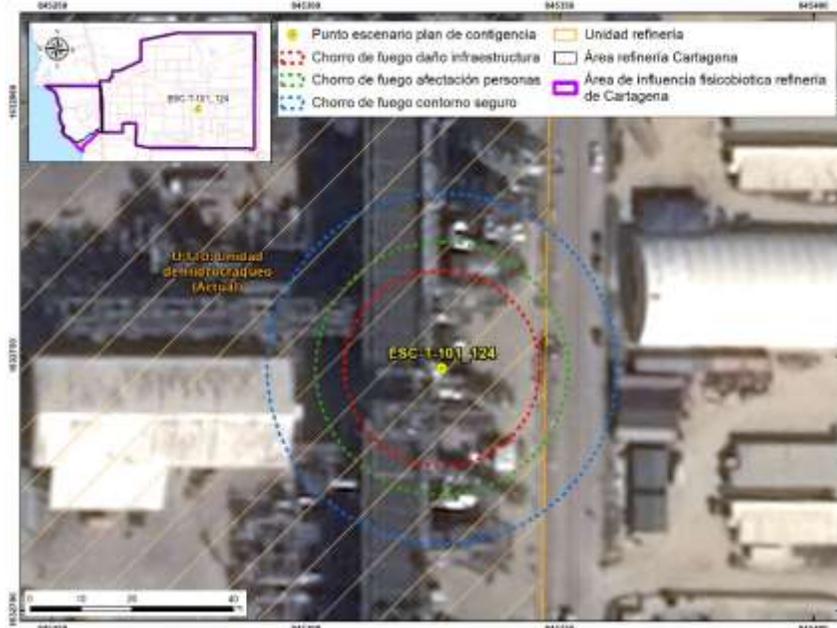
Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-68 Dardo o chorro de fuego – Brida R-001 en la U-110**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-69 Dardo o chorro de fuego – Circuito T-101 en la U-110**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-70 Dardo o chorro de fuego – Línea fondo T-201 en la U-044**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-71 Dardo o chorro de fuego – Línea fondo T-003**



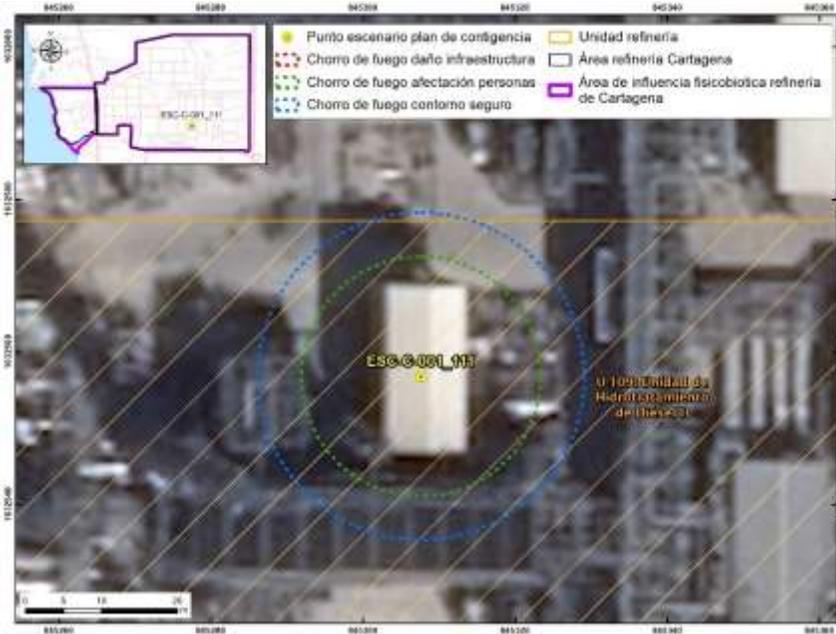
Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-72 Dardo o chorro de fuego – Brida D-001**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-73 Dardo o chorro de fuego – Línea descarga C-001**



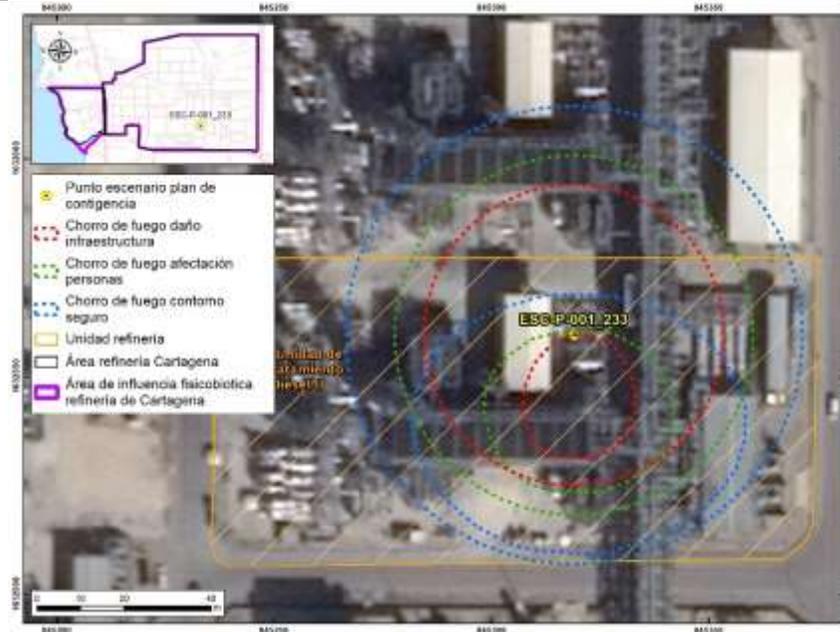
Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-74 Dardo o chorro de fuego – Línea fondo D-004**



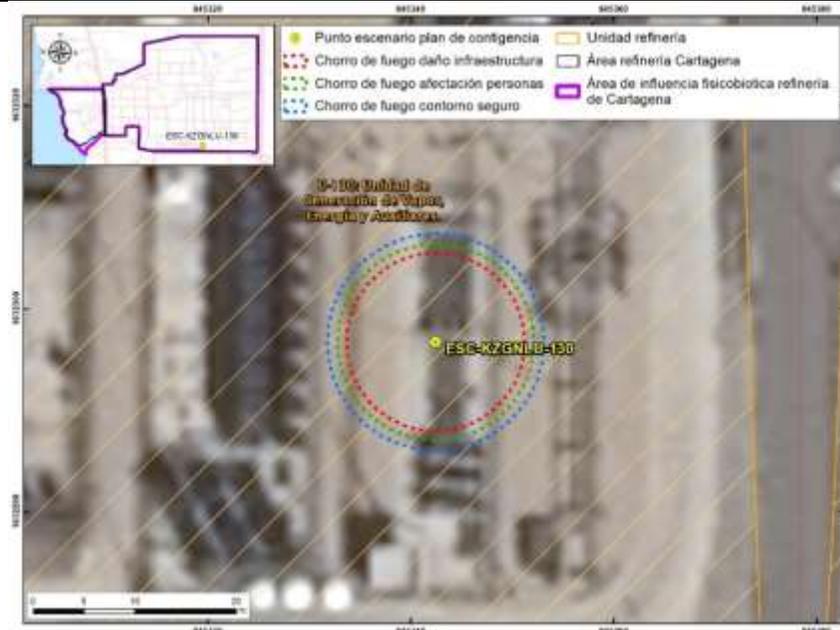
Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-75 Dardo o chorro de fuego – Sello en la P-001A**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-76 Dardo o chorro de fuego – Línea 12" estación reguladora KZGNLU**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-77 Dardo o chorro de fuego – Tanque TK-3519**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

- **Piscina de fuego (Pool fire)**

Los charcos de fuego se originan cuando se produce un escape o vertido de un líquido inflamable (crudo o Combustibles) sobre el suelo y en el exterior. Es un evento amenazante localizado, de interés, debido a que la evaporación genera gases y produce un incendio, con efectos resultantes en radiación térmica (CNPC, 2015). La duración del incendio está relacionada con la naturaleza y cantidad de combustible disponible para quemar. El incendio del hidrocarburo puede presentarse en los tanques o depósitos de almacenamiento de combustible, o durante el movimiento del fluido, en este último caso el derrame puede ser confinado por los diques de contención de la refinería.

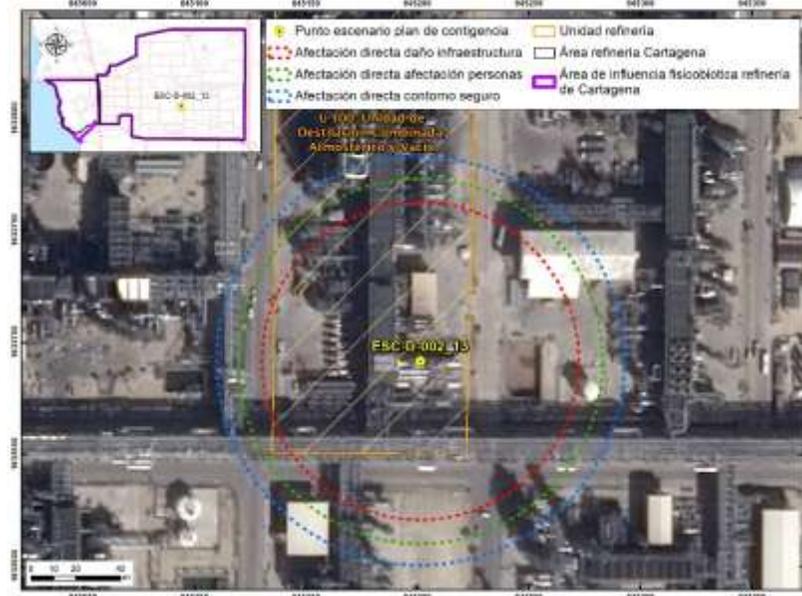
Desde la Figura 9-78 a la Figura 9-80 se muestran las áreas potenciales de afectación por Pool Fire en los equipos críticos que tienen la posibilidad de generar este tipo de eventos, principalmente tanques y equipos destinados a la carga de combustible. En la Tabla 9-78 se presenta el listado de los equipos críticos para evento de piscina de fuego.

**Tabla 9-78 Listado de equipos críticos con evento probable de piscina de fuego**

| <b>Código</b>   | <b>Descripción de localización</b>        | <b>Nombre o código del equipo crítico</b> |
|-----------------|---|---|
| ESC-D-002 13    | Sección de carga y precalentamiento U-100 | 100-D-002-13                              |
| ESC-TK-1018     | Área 1000                                 | 146-TK-1018                               |
| ESC-TKEXC1U-143 | Tanque Exceso 1 U-143                     | 143-TKEXC1                                |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Figura 9-78 Piscina de fuego – Brida salida D-002**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-79 Piscina de fuego – Tanque TK-1018**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-80 Piscina de fuego – Tanque Exceso 1 U-143**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

• **Deflagración o llamarada (Flash fire)**

Una llamarada es la combustión de una nube de vapor o gas resultado del escape de un material inflamable, al aire libre, la cual tras mezclarse con el aire llega a incendiarse tras alcanzar el punto de ignición (CNPC, 2015). Si la ignición no ocurre inmediatamente después del inicio del escape, hay la posibilidad de que se forme una nube de vapor inflamable de tamaño considerable; el crecimiento y evolución de la nube aumenta la posibilidad de que la misma encuentre un punto de ignición a cierta distancia del origen de la fuga; esta ignición retardada provocará la llamarada y, eventualmente, una explosión con efectos mecánicos (sobrepresión) (Santander, 2013).

En la Figura 9-81 se presentan las radiaciones potenciales que se podrían ocasionar en caso de que se manifieste una llamarada (Flash Fire) en el proceso de refinación, y en la Tabla 9-79 los equipos críticos relacionados con el evento.

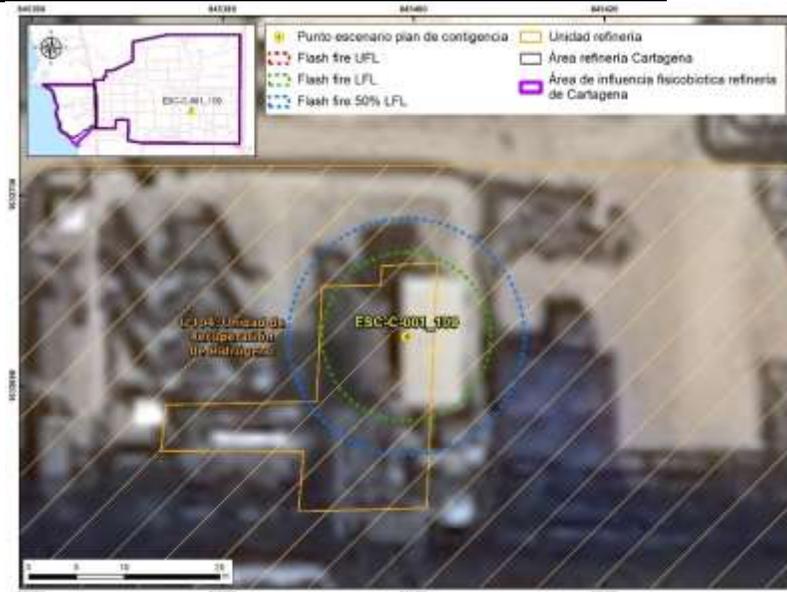
Esta amenaza ocurre principalmente por la deflagración ante una fuga de hidrógeno a través de la brida ubicada en la línea de descarga del equipo C-001, presente en la unidad 104 encargada de la recuperación de hidrógeno.

**Tabla 9-79 Listado de equipos críticos con evento probable de llamarada**

| Código        | Descripción de localización              | Nombre o código del equipo crítico |
|---------------|--|------------------------------------|
| ESC-C-001_109 | Brida en línea de descarga C-001 – U-104 | 104-C-001_111                      |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Figura 9-81 Llamarada – Línea de descarga C-001 en la U-104**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

• **Explosión**

Corresponde a un estallido a presión originado a partir de una reacción química, por ignición o calentamiento de algunos materiales, provocando la expansión violenta de gases. Se manifiesta en forma de una liberación de energía y da lugar a la aparición de efectos acústicos, térmicos y mecánicos (CNPC, 2015).

Los efectos dependen del pico de sobrepresión que alcanza al individuo afectado. Una onda de presión puede colapsar una estructura, la cual cae sobre una persona. La muerte de la persona es un resultado del evento a pesar de que la sobrepresión que causó el colapso de la estructura no resultaría directamente en una fatalidad si estuviera en un área abierta.

Las consecuencias se determinan en función de los niveles de sobrepresión, sin tener en cuenta el tiempo de exposición, dado que las personas expuestas a un pico de sobrepresión no tienen tiempo para reaccionar o protegerse. Los efectos por sobrepresión se resumen y presentan en la Tabla 9-80.

**Tabla 9-80 Niveles de afectación por explosión**

| <b>Nivel de Sobrepresión (PSI)</b> | <b>Nivel de Sobrepresión (Bar)</b> | <b>Efecto</b>   |
|------------------------------------|------------------------------------|---|
| <b>14,0</b>                        | <b>0,96</b>                        | <u>Máximo pico de sobrepresión que puede desarrollar una explosión no confinada de vapores de hidrocarburos. Este nivel de sobrepresión puede alcanzar probabilidad del 1% por hemorragia pulmonar y una probabilidad de afectación del 45% por ruptura de tímpano.</u> |
| <b>9,5</b>                         | <b>0,65</b>                        | <u>Probable destrucción total de edificios.</u>   |
| <b>7,0</b>                         | <b>0,48</b>                        | <u>Destrucción total de los recipientes horizontales de almacenamiento</u>  |

| Nivel de Sobrepresión (PSI) | Nivel de Sobrepresión (Bar) | Efecto  |
|-----------------------------|-----------------------------|---|
|                             |                             | presurizado.  |
| 5,0 – 7,0                   | 0,34 - 0,48                 | Destrucción casi completa de casas.   |
| 3,0 – 5,0                   | 0,20 - 0,34                 | Rotura de tanques de almacenamiento.  |
| 3,0                         | 0,206                       | El umbral de ruptura de tímpano (probabilidad del 1%) se presenta a esta sobrepresión. Al interior de esta zona se producen daños severos en estructuras de acero y mampostería (edificios industriales). |
| 2,0                         | 0,13                        | Colapso parcial de muros y techos de casas.   |
| 1,0                         | 0,06                        | Demolición parcial de casas y edificios, quedan inhabilitables.   |
| 0,7                         | 0,04                        | Daños menores a estructuras de casas y edificios.   |
| 0,3                         | 0,02                        | Distancia segura con probabilidad del 95% de no recibir daño grave.   |
| 0,15                        | 0,01                        | Presión típica de fractura de vidrios   |
| 0,02                        | 0,001                       | Sonido molesto si es de baja frecuencia.  |

Fuente: (CNPC, 2015; American Institute of Chemical Engineering, 2000)

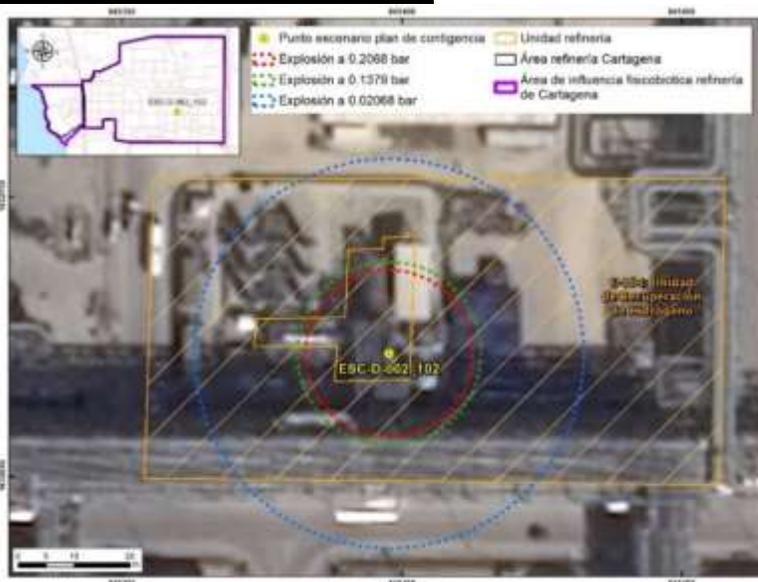
En la Figura 9-82 y la Figura 9-83 se presentan las áreas de afectación por eventos de explosión en los equipos críticos identificados con posibles efectos de este tipo, que se muestran a su vez en la Tabla 9-81, los cuales se encuentran localizados en la Unidad 104 de Recuperación de Hidrógeno, y la Unidad 116 donde se realiza la Generación de Hidrógeno.

**Tabla 9-81 Listado de equipos críticos con eventos probable de exposición**

| Código        | Descripción de localización                | Nombre o código del equipo crítico |
|---------------|--|------------------------------------|
| ESC-D-002 102 | Brida en línea de salida gas D-002 – U-104 | 104-D-002 102                      |
| ESC-F-001 200 | Sección de reformado con vapor – U-116     | 116-F-001 200                      |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Figura 9-82 Explosión - Brida salida del D-002**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-83 Explosión – Unidad 116 equipo F-001**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

- Fuga gas toxico

Formación de una nube de producto tóxico como consecuencia de su evaporación desde una fuente líquida o de una fuga de gas. Su zona de afectación puede ser muy amplia puesto que sus condiciones de movilidad, concentración y dispersión están sujetas a las circunstancias atmosféricas y al régimen de vientos (JCCM - DGPC, 2015).

El desplazamiento se da en la dirección del viento dominante, modificando, mucho o poco su concentración inicial a medida que se aleja del foco de fuga, pudiendo afectar extensas zonas. Su peligrosidad radica en la capacidad de penetrar en espacios concebidos como elementos de protección por confinamiento, debido a sus características gaseosas (JCCM - DGPC, 2015).

Para evaluar los efectos adversos sobre la salud humana como consecuencia de la exposición a sustancias químicas tóxicas se presenta en la Tabla 9-82 los umbrales de afectación basados en el método de Directrices para la Planificación de Respuesta a Emergencias (ERPG) definido por la Asociación Americana de Higiene Industrial (AIHA), el cual establece niveles de referencia para la planificación de emergencias basado en estimaciones de rangos de concentraciones a las que la mayoría de personas comenzarán a experimentar problemas de salud si se exponen a un químico peligroso en el aire durante 1 hora (NOAA - OR&R, 2020).

**Tabla 9-82 Niveles de concentración de gases tóxicos con efectos sobre la salud**

| <b>Concentración</b> | <b>Efectos</b>   |
|----------------------|--|
| <b>ERPG – 1</b>      | Es la máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos pueden estar expuestos hasta una hora experimentando sólo efectos adversos ligeros y transitorios o percibiendo un olor claramente definido   |
| <b>ERPG – 2</b>      | Es la máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos pueden estar expuestos hasta una hora sin experimentar o desarrollar efectos serios o irreversibles o síntomas que pudieran impedir la posibilidad de llevar a cabo acciones de protección.   |
| <b>ERPG - 3</b>      | Es la máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos pueden estar expuestos hasta una hora sin experimentar o desarrollar efectos que amenacen su vida. No obstante, pueden sufrir efectos serios o irreversibles y síntomas que impidan la posibilidad de llevar a cabo acciones de protección. |

Fuente: (NOAA - OR&R, 2020; Gonzalez Ferradas & Ruiz Boada, 2003)

Entre la Figura 9-84 y la Figura 9-87, se presenta la extensión espacial de las nubes tóxicas y los radios potenciales de concentración para los eventos de fuga de sustancias químicas en equipos críticos que comprenden las unidades de servicios industriales (U-145) y las Torres de Agua de Enfriamiento (TAE, U-135). Los equipos críticos asociados a este evento se relacionan en la Tabla 9-83. Entre los gases que pueden presentar fuga en los equipos de la refinería se encuentran el Ácido Fluorhídrico (HF), Nitrógeno y Cloro.

**Tabla 9-83 Listado de equipos críticos con evento probable de fuga de gas tóxico**

| <b>Código</b>  | <b>Descripción de localización</b>                     | <b>Nombre o código del equipo crítico</b> |
|----------------|--|---|
| ESC-D-30 312   | Línea de carque a D-30 – U-044                         | 044-D-30 312                              |
| ESC-D-04 406   | Línea salida D-04 hacia sistema de recirculación U-044 | 044-D-04-406                              |
| ESC-TKN2U- 145 | Servicios industriales U-145                           | TKN2 U145                                 |
| ESC-KZU- 135   | Sistema de Agua de Torres U-135                        | U135 KZTCI2                               |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Figura 9-84 Fuga de gas tóxico – HF en D-30 unidad U-44**



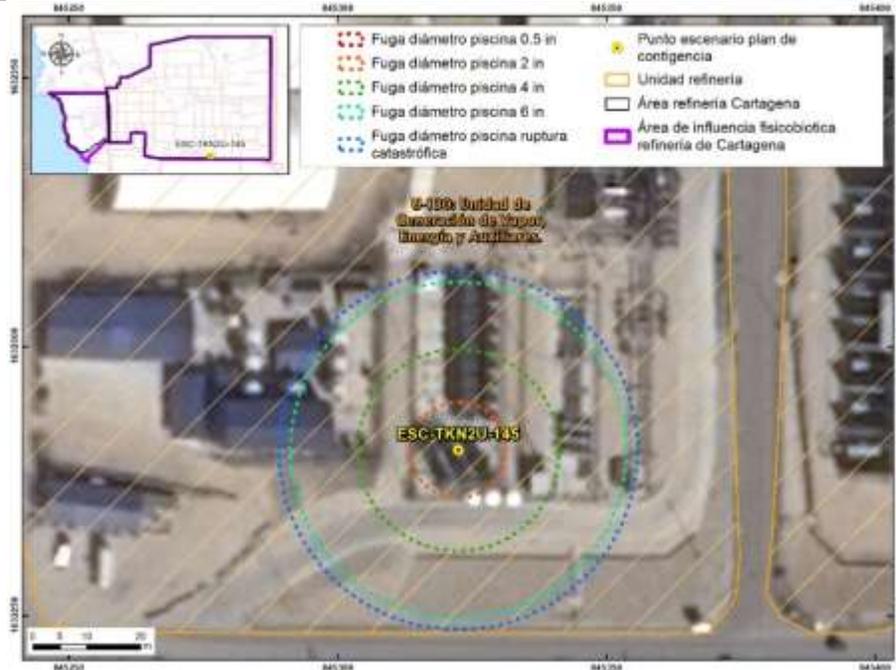
Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-85 Fuga de gas tóxico – HF en D-04 unidad U-44**



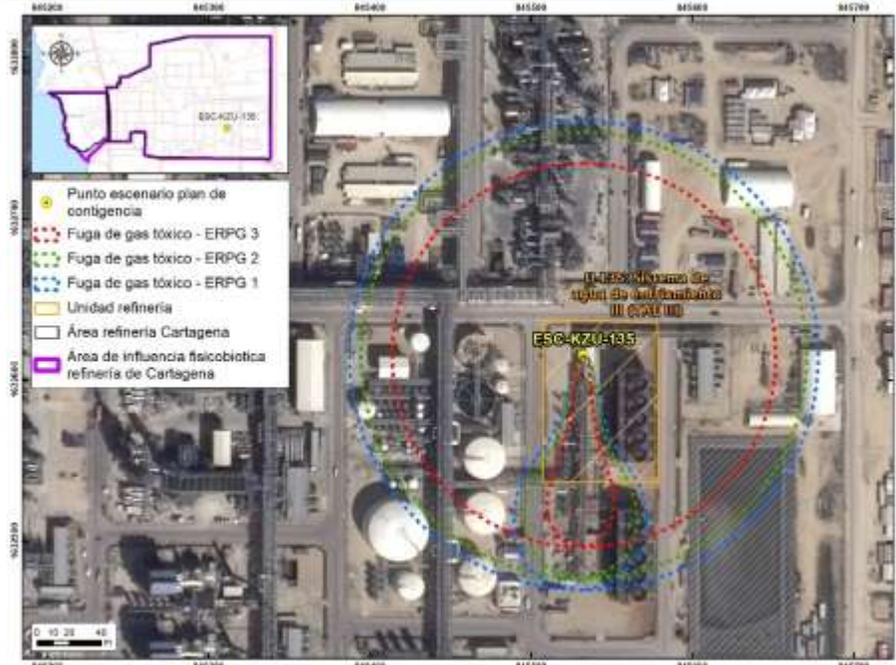
Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-86 Fuga de gas tóxico – Nitrógeno brida unidad U-145**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-87 Fuga de gas tóxico – Cloro TAE unidad U-135**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

La síntesis de los resultados obtenidos en los modelamientos asociados a los efectos de

explosión, incendio y nube tóxica fueron utilizados para evaluar la afectación de equipos cercanos y la posibilidad de ocurrencia de eventos en cadena (Tabla 9-84 hasta la Tabla 9-87). Así mismo, las áreas de afectación calculadas se pueden observar en el Anexo 9.4. Contornos de afectación - Resultados análisis de consecuencias, en el documento 2. Mapa contornos afectación.

**Tabla 9-84 Distancias de afectación directa por radiación térmica en Unidades U100, U107, U146 y U143**

| Escenario       | Daño a la infraestructura<br>(37,5 KW/m <sup>2</sup> ) | Afectación a personas<br>(12,5 KW/m <sup>2</sup> ) | Contorno seguro<br>(4 KW/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|--|--|---|
|                 | Distancias de impacto (m)                              |  |   |
| ESC-P-004-A 52  | 19,3   | 23,56  | 30,65                                     |
| ESC-D-002 13    | 71,04  | 81,67  | 91,31                                     |
| ESC-D-201 104   | 22,88  | 30,7   | 41,58                                     |
| ESC-T-102 115   | 27,12  | 33,14  | 43,36                                     |
| ESC-D-3201 16   | 27,34  | 32,38  | 40,52                                     |
| ESC-P-3101 364  | 31,18  | 36,64  | 45,67                                     |
| ESC-T-3101 367  | 29,77  | 35,06  | 43,89                                     |
| ESC-P-2607 317  | 32,24  | 38,27  | 48,42                                     |
| ESC-T-2603 320  | 23,39  | 33,21  | 44,47                                     |
| ESC-D-205 1166  | 20,35  | 29,65  | 40,41                                     |
| ESC-P-202 1131  | 34,91  | 41,88  | 53,54                                     |
| ESC-TK-1018     | --   | --   | 75,23                                     |
| ESC-TK-3519     | 27,7   | 32,25  | 39,69                                     |
| ESC-TKEXC1-U143 | --   | --   | 46,947                                    |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Tabla 9-85 Distancias de afectación directa por radiación térmica y sobrepresión en unidades U-108/109 y U-115/116**

| Escenario      | Distancias de Impacto (m) |   |  |                                      |                                      |                                      |
|----------------|---------------------------|---|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                | Chorro de Fuego           |   |  | Explosión                            |                                      |                                      |
|                | 37,5kw/m <sup>2</sup>     | Afectación a personas (12,5 KW/m <sup>2</sup> ) | Contorno seguro (4 KW/m <sup>2</sup> ) | 0,2 bar                              | 0,1 bar                              | 0,02 bar                             |
| ESC-F- 001 200 |                           |   |  | Con H2O<br>14,26 Sin<br>H2O<br>14,47 | Con H2O<br>16,16 Sin<br>H2O<br>16,46 | Con H2O<br>42,75 Sin<br>H2O<br>44,37 |
| ESC-C- 001 111 | NR                        | 15,75   | 21,52                                  |                                      |                                      |                                      |
| ESC-D- 004 302 | 41,16                     | 49,76   | 63,94                                  |                                      |                                      |                                      |
| ESC-P- 001 233 | 34,55                     | 41,24   | 52,54                                  |                                      |                                      |                                      |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Tabla 9-86 Distancias de afectación directa por radiación, sobrepresión y nube tóxica unidades U-110, U-044 y U-135**

| Escenario      | Distancias de Impacto (m) |      |          |  |   |  |             |            |             |                    |                   |                    |
|----------------|---------------------------|------|----------|--|---|--|-------------|------------|-------------|--------------------|-------------------|--------------------|
|                | Flash Fire                |      |          | Chorro de Fuego                        |   |  | Explosión   |            |             | Fuga de Gas Tóxico |                   |                    |
|                | UFL                       | LFL  | 50 % LFL | Contorno seguro (4 KW/m <sup>2</sup> ) | Afectación a personas (12,5 KW/m <sup>2</sup> ) | Daño a la infraestructura (37, 5 KW/m <sup>2</sup> ) | 0,02068 bar | 0,1379 bar | 0,206 8 bar | ERPG 1             | ERPG 2            | ERP G 3            |
| ESC-C- 001 109 | 0,111                     | 8,83 | 12,39    | !                                      | !   | !  | !           | !          | !           | !                  | !                 | !                  |
| ESC-D- 002 102 | !                         | !    | !        | !                                      | !   | !  | 34,85       | 16,43      | 14,97       | !                  | !                 | !                  |
| ESC-R- 001 174 |                           | !    | !        | 87,88                                  | 65,34   | 49,65  | !           | !          | !           | !                  | !                 | !                  |
| ESC-T- 101 124 | !                         | !    | !        | 34,521                                 | 24,9129   | 19,2223  | !           | !          | !           | !                  | !                 | !                  |
| ESC-D- 30 312  | !                         | !    | !        | !                                      | !   | !  | !           | !          | !           | 2917,9<br>(2 ppm)  | 744,35<br>(20ppm) | 434,157<br>(50ppm) |
| ESC-D- 04 406  | !                         | !    | !        | !                                      | !   | !  | !           | !          | !           | 88,96<br>(2 ppm)   | 22,81<br>(20ppm)  | 4,63<br>(50ppm)    |
| ESC-T- 201 251 | !                         |      |          | 41,61                                  | 33,25   | 28,26  | !           | !          | !           | !                  | !                 | !                  |
| ESC-T- 003 94  | !                         |      |          | 32,76                                  | 24,09   | 15,34  | !           | !          | !           | !                  | !                 | !                  |
| ESC-D- 001 36  | !                         |      |          | 50,27                                  | 39,49   | 32,88  | !           | !          | !           | !                  | !                 | !                  |
| ESC- KZU-135   | !                         | !    | !        | !                                      | !   | !  | !           | !          | !           | 145,5<br>(1 ppm)   | 138,23<br>(3 ppm) | 119,03<br>(20 ppm) |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Tabla 9-87 Distancias de afectación directa por radiación y nube tóxica en estación de gas natural U-145**

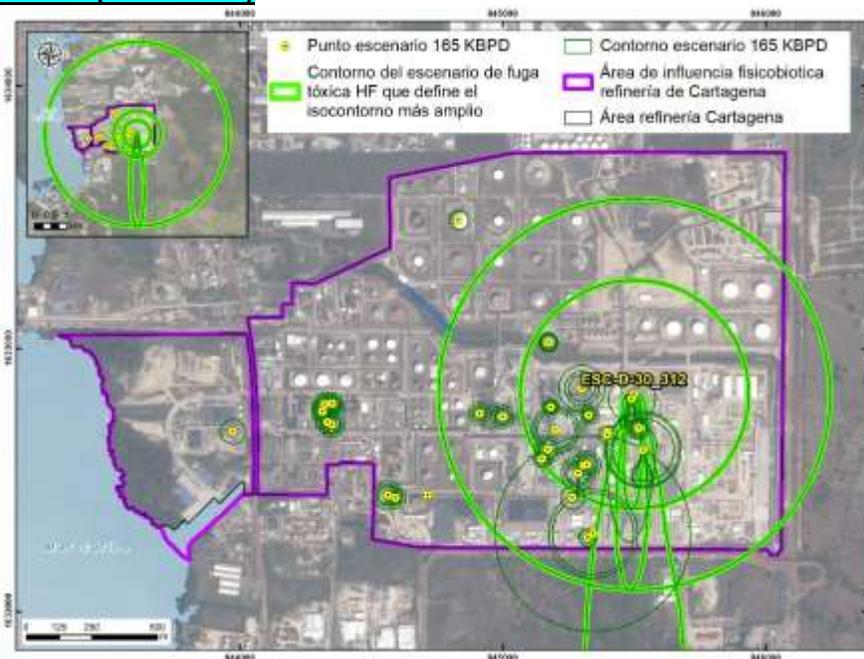
| Escenario           | Distancias de Impacto (m)                                 |  |   |                          |                         |                        | Fuga                     |   |  |   |
|---------------------|---|--|---|--------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|---|--|---|
|                     | Chorro de Fuego   |  |   | Explosión                |                         |                        | Conc<br>22000 ppm<br>(m) | Tiempo (s)  | Descarga<br>(kg/s)                                       | Diámetro<br>Piscina (m)   |
|                     | Daño a la<br>infraestructura (37,5<br>KW/m <sup>2</sup> ) | Afectación<br>a personas<br>(12,5<br>KW/m <sup>2</sup> ) | Contorno<br>seguro<br>(4<br>KW/m <sup>2</sup> ) | 0,2 bar                  | 0,1 bar                 | 0,02 bar               |                          |   |  |   |
| ESC- TKN2<br>U- 145 |   |  |   |                          |                         |                        |                          | 0,5 in: 3600<br>2 in:3087<br>4 in: 602,36<br>6 in: 246,44 | 0,5 in: 1,42<br>2 in:47,09<br>4 in:241,42<br>6 in:509,09 | 0,5 in : 0,11<br>2 in :8,91<br>4 in: 18,79<br>6 in: 31,3<br>Ruptura<br>catastrófica:<br>33,41 |
| ESC- KZG<br>NLU-130 | 8,78  | 9,68   | 10,82   | 0,5 in:NA<br>12 in:154,3 | 0,5 in:NA<br>12in:169,4 | 0,5in:NA<br>12in:372,3 | :                        | :   | :  |   |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

La integración de los escenarios de riesgo tecnológico bajo la operación actual a 165 KBPD se presenta en la Figura 9-88. En ésta se puede evidenciar que la distribución espacial de la mayoría de los isocontornos de consecuencia no supera el límite perimetral de la Refinería de Cartagena. Se encuentra también que el escenario ESC- KZGNLU-130 que corresponde a un suceso de Chorro de Fuego ante una eventual ruptura de una línea de 12" de gas natural en la unidad de servicios industriales U130 supera un sector del perímetro al sur de la Refinería.

Por su parte, el escenario ESC-D-30 312 que se refiere a un evento de nube tóxica por fuga de Ácido Fluorhídrico (HF) en el equipo de línea de cargue D-30 localizado en la unidad de Alquilación U044, es el que representa el contorno de afectación más amplio de todos los escenarios, y cuyo radio de consecuencia por concentración de gas más externo (ERPG 1 – menores afectaciones) cubre y envuelve los demás escenarios de riesgo tecnológico, tanto a la capacidad de refinación actual (165 KBPD) como proyectada (245 KBPD) como se explicará en el numeral que se desarrolla a continuación.

**Figura 9-88 Contornos y plumas de afectación de escenarios de riesgo bajo la operación actual (165 KBPD)**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

- Riesgo tecnológico con aumento de capacidad de refinación**

En el presente numeral se complementa la información adicional solicitada por la Autoridad Ambiental en el marco del trámite de Modificación de Licencia Ambiental para la Refinería de Cartagena, que en el requerimiento 11 establece: Realizar un análisis comparativo, representado cartográficamente, que permita a esta Autoridad, determinar si se presentan cambios en la valoración del riesgo al incrementar la capacidad de refinación de 165 KBPD a 265 KBPD.

Los escenarios de riesgo tecnológico correspondientes al aumento de la capacidad de producción de la Refinería de Cartagena parten de la proyección sobre el incremento paulatino y por etapas de la capacidad de carga desde 165 KBPD a 200 KBPD y de esta a 245 KBPD, tal como se explica de manera detallada en el Capítulo 2, numeral 2.4. Bajo las anteriores premisas, es preciso señalar en primer lugar que, en la operación actual, los equipos críticos identificados con potencial de afectación fueron modelados a partir de las condiciones máximas y más críticas frente a los escenarios de consecuencia que pueden generar.

Estas condiciones máximas tratan sobre la capacidad de almacenamiento en el caso de los equipos estáticos, y la capacidad de flujo en el caso de los equipos móviles o que permiten el movimiento de fluidos entre compartimientos o recipientes. El uso de estos equipos críticos como complemento en el aumento de la carga de refinamiento no implica, por lo tanto, una modificación de las áreas de afectación obtenidas, toda vez que se mantienen los mismos volúmenes y caudales de los materiales contenidos y movilizados, introducidos como parámetros en el modelamiento del software Phast Risk.

No obstante, para alcanzar la capacidad de refinación a la carga nominal de 245 KBPD se incorporarán unidades de apoyo a las plantas de crudo: U-100 (operación actual) y U-001 (reinicia tras su estado de preservación), las cuales en su mayoría son existentes. En la Tabla 9-88 se presenta el listado de las unidades a interconectar e instalar para una operación a 245 KBPD.

**Tabla 9-88 Unidades requeridas para una producción de hasta 245 KBPD y escenarios de riesgo específicos**

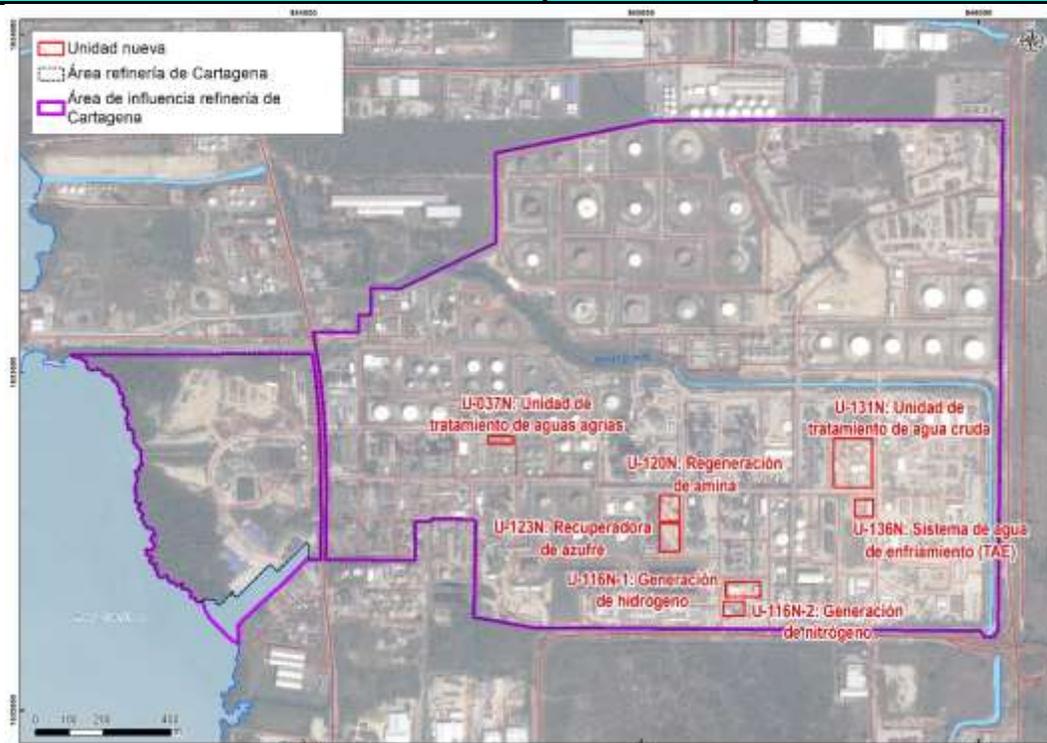
| <b>Departamento</b>  | <b>Unidad para interconectar o instalar</b>  | <b>Escenario</b>                     |
|--|--|--------------------------------------|
| Departamento de Craqueo Catalítico (PCQ)                               | Unidad de tratamiento de aguas agrias  | ESC-AA-001                           |
| Departamento de Hidrotratamiento (PHD)                                 | Unidad de generación de hidrógeno  | ESC-F-001_200-2                      |
|  | Unidad de regeneración de amina  | ESC-NH2-001                          |
|  | Unidad recuperadora de azufre  | ESC-F-301-425-2                      |
| Departamento de Servicios Industriales (PNI)                           | Unidad de Producción de Nitrógeno  | ESC-TKN2U-145-2                      |
|  | Unidad de tratamiento de agua Cruda.   |                                      |
|  | Unidad de Agua de Enfriamiento   |                                      |
| Unidades aprobadas en la Licencia anterior – pendientes por construir. | U-103 Unidad de Reformado Catalítico – CCR (Aprobada bajo Resolución 2102 de 2008- Aún no instalada)             | ESC-T-2603_320-2<br>ESC-D-205_1166-2 |
|  | U-004 Unidad Benzout (Aprobada bajo Resolución 2102 de 2008- Aún no instalada)                                   |                                      |
|  | U-102 Unidad de Hidrotratamiento de Nafta de Reformado (Aprobada bajo Resolución 2102 de 2008- Aún no instalada) |                                      |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

En la Figura 9-89 se presenta la distribución espacial de las unidades de crudo y complementarias que deberán integrarse a la operación actual para alcanzar la capacidad

proyectada de refinación de hidrocarburos.

**Figura 9-89 Localización de las unidades operativas en la producción a 245 KBPD**

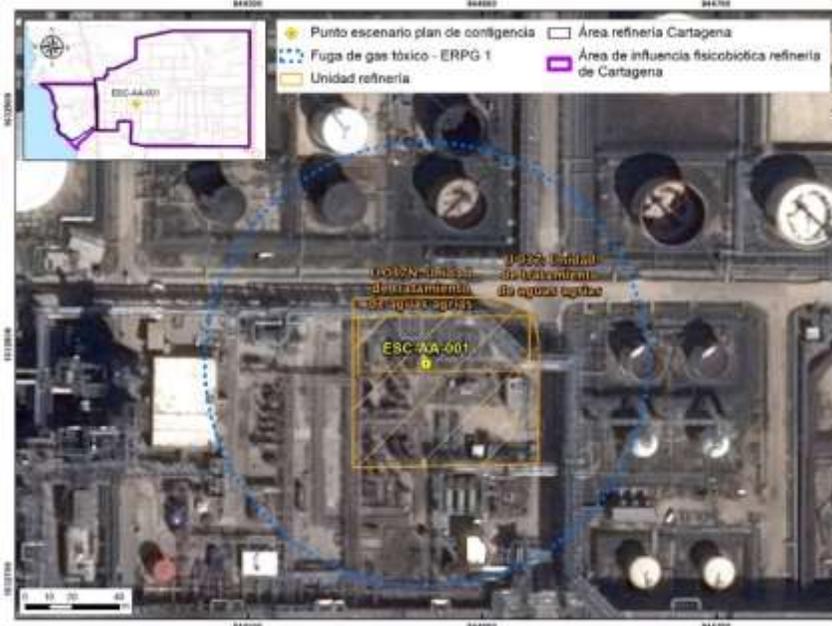


Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

Por otro lado, la evaluación de los escenarios de riesgo tecnológico en una producción nominal de la refinería de hasta 245 KBPD, se realizó para los equipos críticos antes presentados (Tabla 9-88 y Figura 9-89), que tienen el potencial de generar afectaciones producto de una falla o desviación en el proceso operativo ubicados en las unidades señaladas anteriormente.

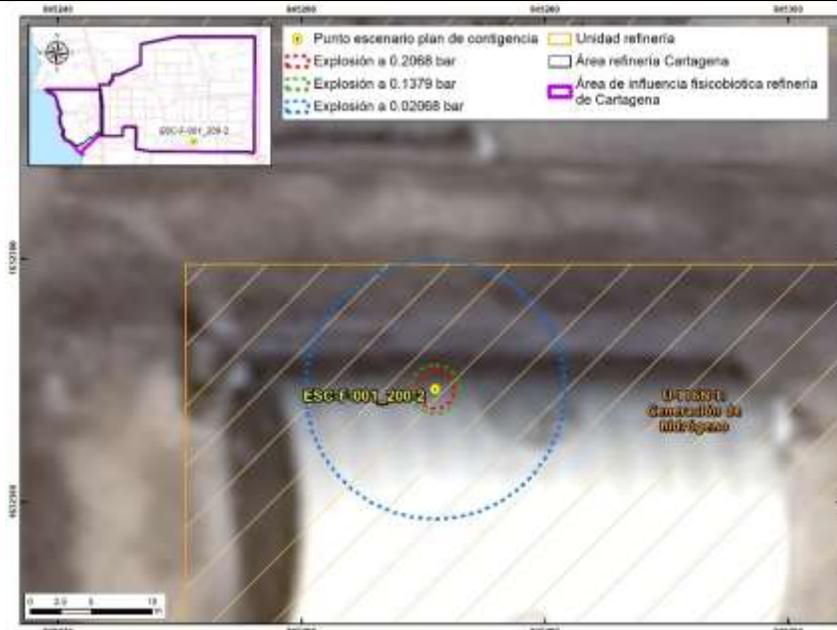
El modelamiento de los radios de consecuencia permitió determinar las áreas de afectación que se presentan entre la Figura 9-90 y la Figura 9-96. En el Anexo 9.4, en la carpeta 1. Salidas Phast, y en la subcarpeta 2. Escenarios Capacidad 245KBPD se adicionan los resultados de los cálculos que arroja el software Phast Risk frente al modelamiento de las áreas de afectación.

**Figura 9-90 Área afectación en Unidad Tratamiento de Aguas Agrías**



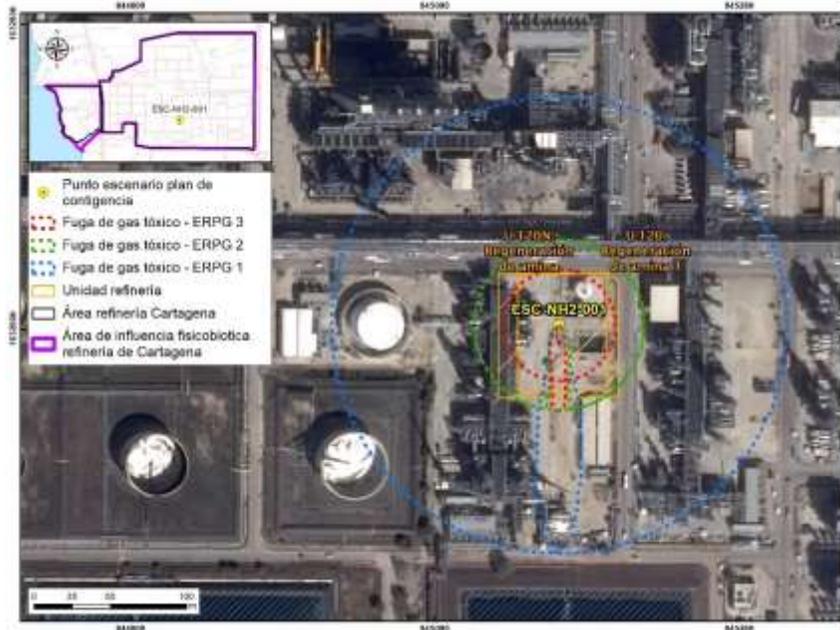
Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-91 Área afectación por explosión en Unidad Generación Hidrógeno**



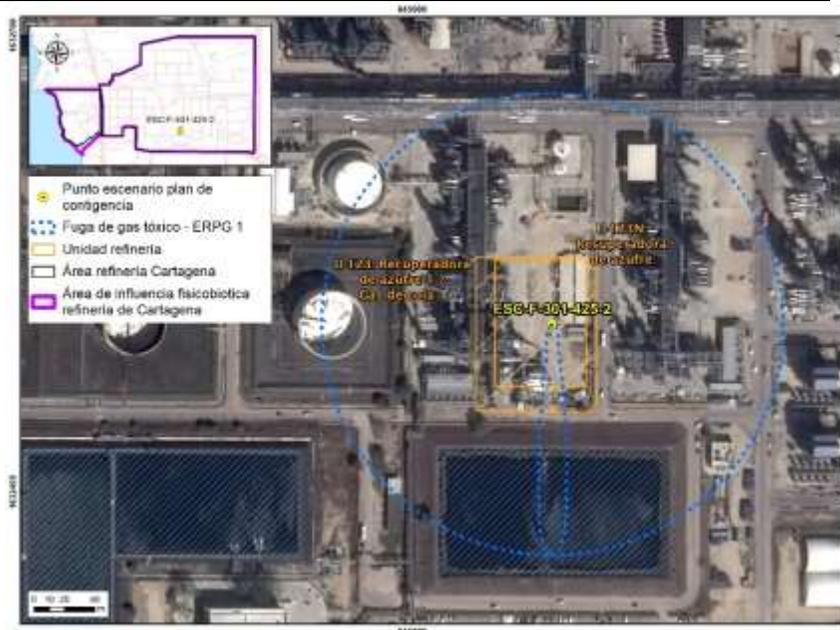
Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-92 Área afectación fuga en Unidad de Regeneración de Amina**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-93 Área afectación fuga en Unidad de Recuperación de Azufre**



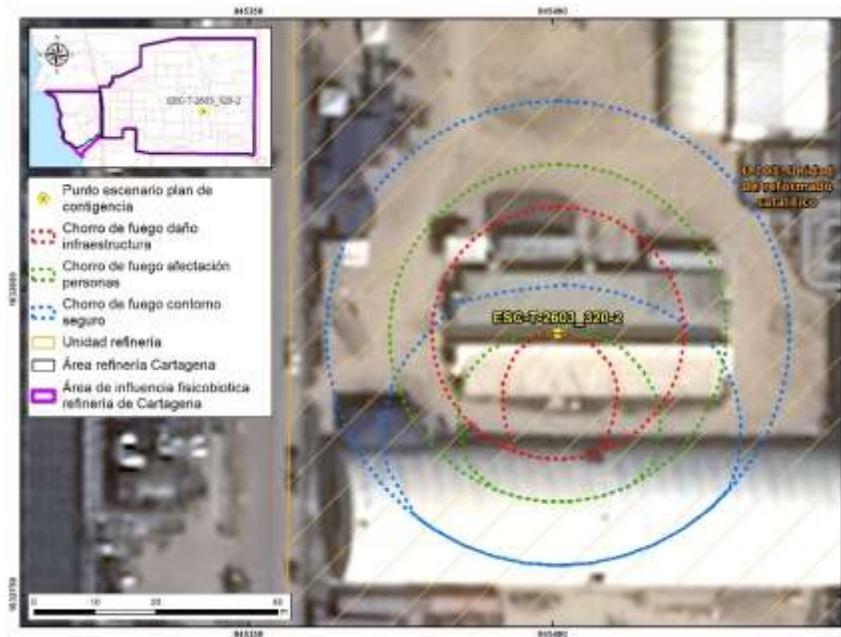
Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-94 Área afectación fuga en Unidad de Producción de Nitrógeno**



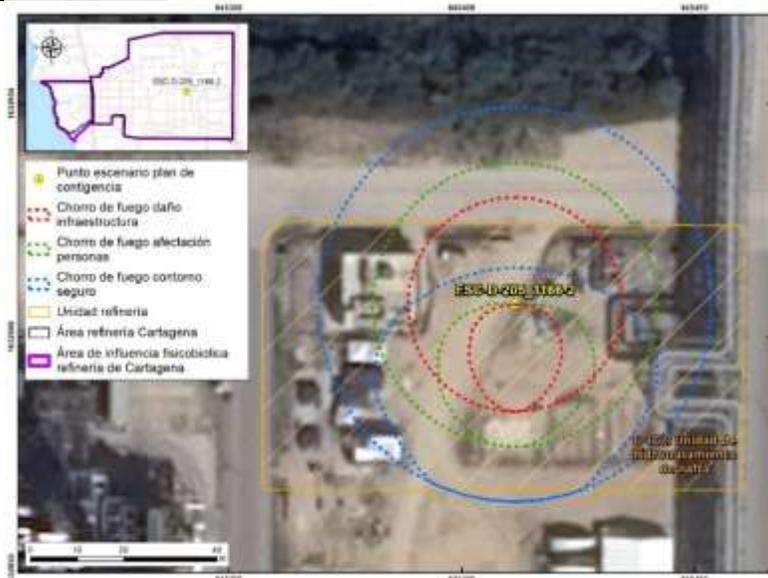
Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

**Figura 9-95 Área afectación chorro de fuego Torre T-2603 Unidad Reformador Catalítico**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

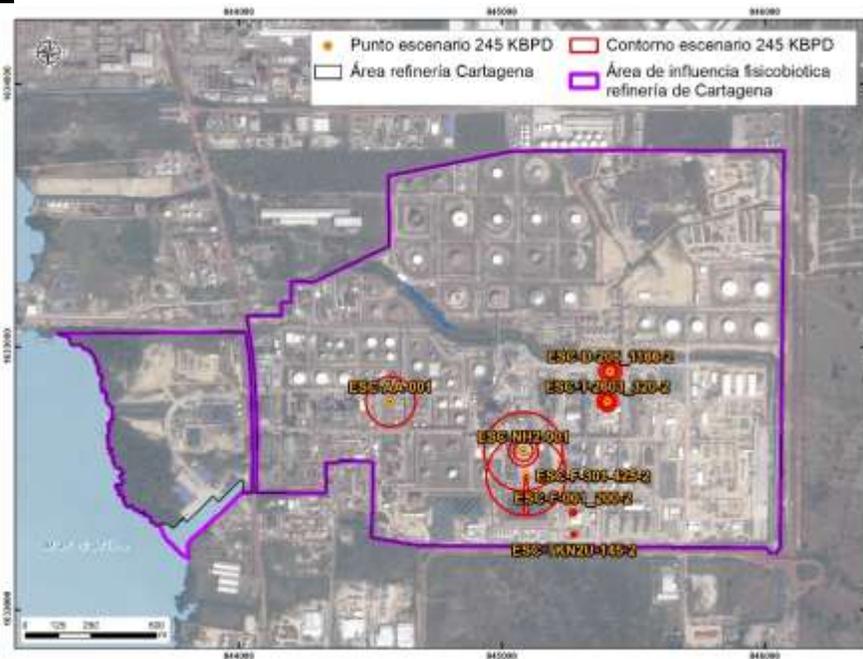
**Figura 9-96 Área afectación chorro de fuego fondo de tambor D-205 Unidad Hidrotratamiento de Nafta**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

La **Figura 9-97** muestra en conjunto los escenarios de riesgo tecnológico para la operación proyectada a 245 KBPD, en donde es posible identificar que los contornos de consecuencia no superan el perímetro o malla de la Refinería de Cartagena

**Figura 9-97 Contornos de afectación de escenarios de riesgo bajo la operación actual (165 KBPD)**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

Los resultados de la valoración y modelamiento del riesgo con respecto a sus áreas de consecuencia o afectación se presentan en la Tabla 9-89, Tabla 9-90, Tabla 9-91, de acuerdo con los diferentes tipos de eventos que se pueden producir: incendio, explosión o fuga; así como los efectos físicos generados sobre las personas y la infraestructura.

**Tabla 9-89 Resultados de las áreas de afectación por radiación térmica en las unidades requeridas para una capacidad de 245 KBPD**

| Escenario        | Distancias de impacto (m)               |   |  |
|------------------|---|---|--|
|                  | Incendio tipo Jet Fire                  |   |  |
|                  | Contorno seguro (4 KW /m <sup>2</sup> ) | Afectación a personas (12,5 KW/m <sup>2</sup> ) | Daño a la infraestructura (37,5 KW /m <sup>2</sup> ) |
| ESC-T-2603 320-2 | 41,26                                   | 30,47   | 23,88  |
| ESC-D-205 1166-2 | 42,30                                   | 30,50   | 23,00  |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Tabla 9-90 Resultados de las áreas de afectación por sobrepresión en las unidades requeridas para una capacidad de 245 KBPD**

| Escenario       | Distancias de impacto (m)   |                         |                           |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|
|                 | Explosión                   |                         |                           |
|                 | 0,02068 bar<br>0,299938 psi | 0,1379 bar<br>2,000 psi | 0,2068 bar<br>2,99938 psi |
| ESC-F-001 200-2 | 10,94                       | 2,93                    | 2,44                      |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

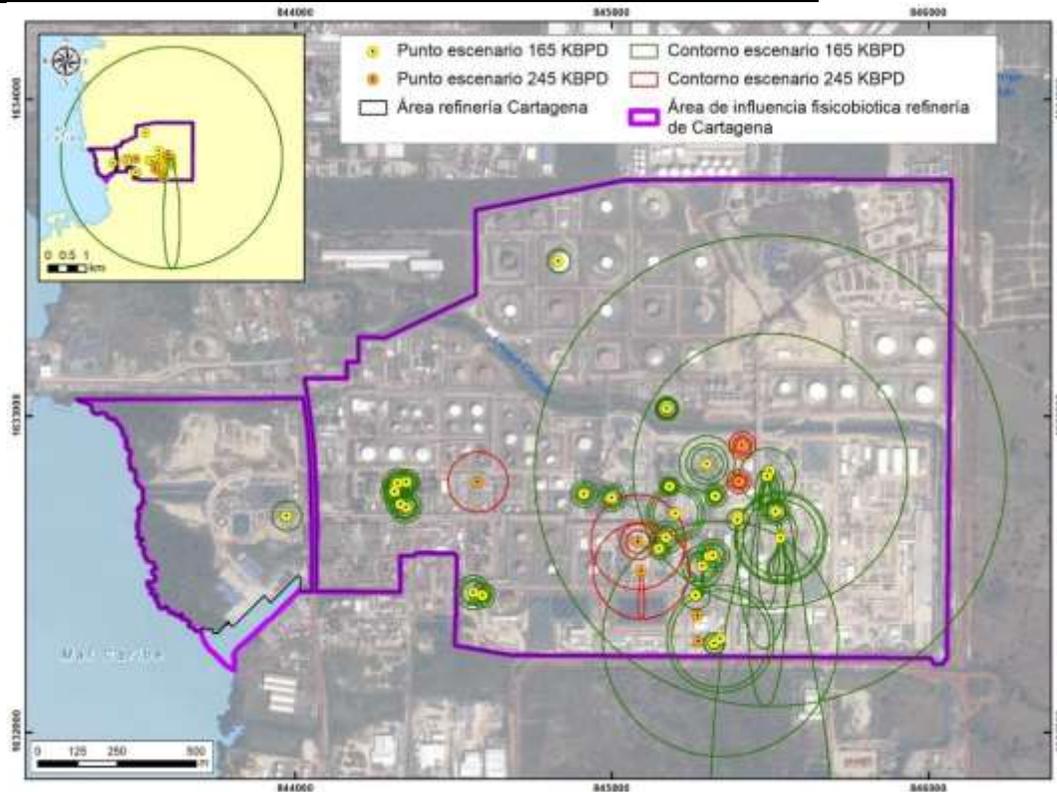
**Tabla 9-91 Resultados de las áreas de afectación por nube tóxica en las unidades requeridas para una capacidad de 245 KBPD**

| Escenario       | Distancias de impacto (m) |        |        |
|-----------------|---------------------------|--------|--------|
|                 | Fuga gas tóxico           |        |        |
|                 | ERPG 1                    | ERPG 2 | ERPG 3 |
| ESC-AA-001      | 94,66                     | --     | --     |
| ESC-NH2-001     | 149,67                    | 55,86  | 36,75  |
| ESC-F-301-425-2 | 151,7                     | --     | --     |
| ESC-TKN2U-145-2 | DP 4 in: 7,6              |        |        |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

Como se puede evidenciar en las figuras y las tablas anteriores, las áreas de consecuencias por el aumento paulatino de la capacidad de refinación a 200 KBPD y luego a 245 KBPD no superan el radio de consecuencia y afectación por la envolvente de los modelamientos de los escenarios críticos bajo la carga actual de refinación, la cual como se señaló al inicio de este apartado fue modelada con las capacidades máximas de los recipientes que de igual forma apoyan y complementan los nuevos equipos necesarios a incorporar para alcanzar la meta proyectada para la Refinería de Cartagena. En la Figura 9-98 se representa cartográficamente la comparación de los escenarios de riesgo considerados críticos con la carga actual y la proyectada para alcanzar los volúmenes de refinación señalados anteriormente.

**Figura 9-98 Figura comparativa con las áreas de afectación de los escenarios actuales y proyectados con el aumento de capacidad de carga**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

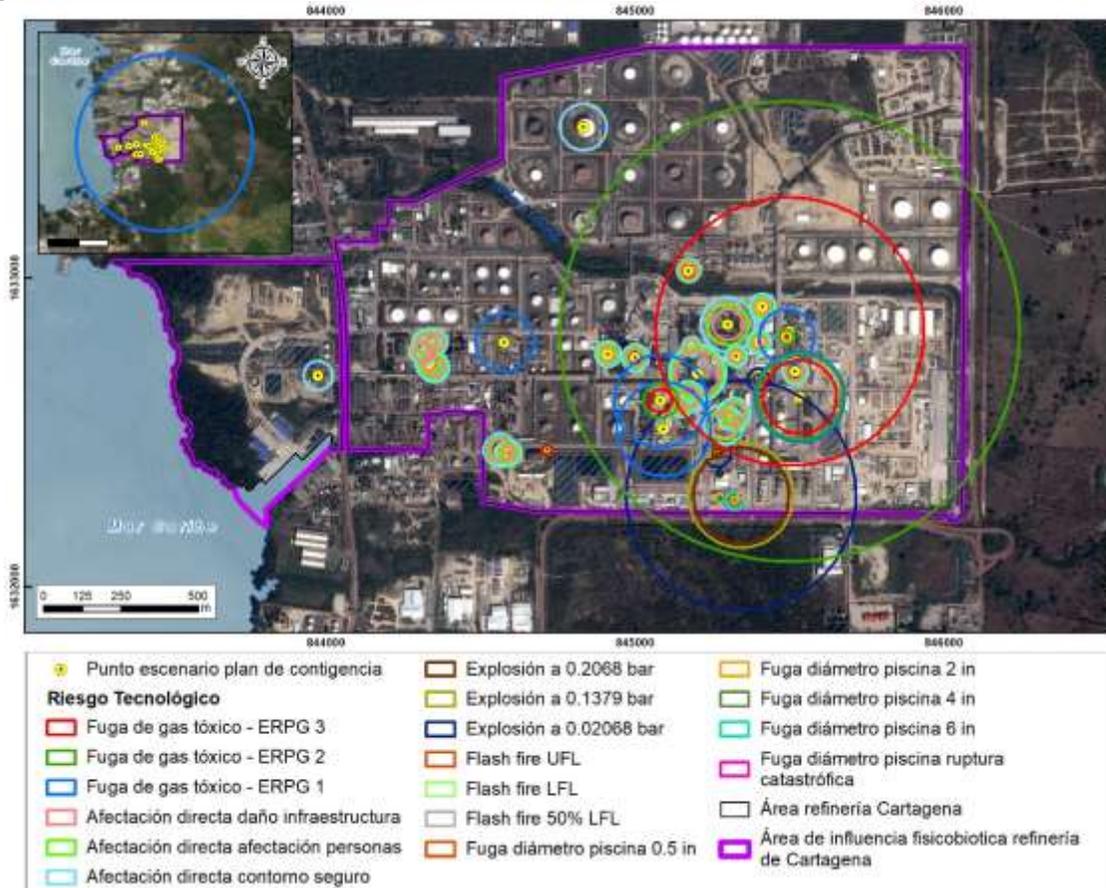
- **Zonificación del riesgo tecnológico**

La integración espacial de las áreas de afectación obtenidas en las modelaciones de los escenarios críticos por eventos tecnológicos constituye la zonificación del riesgo del proyecto hacia el entorno. Los resultados de esta integración espacial muestran que el escenario por fuga de Ácido Fluorhídrico (HF) tiene la extensión superficial más representativa en comparación con los demás tipos de eventos en la Refinería de Cartagena, abarcando a su interior los demás escenarios específicos de riesgo.

La Figura 9-99 representa cartográficamente las áreas potenciales de afectación de los escenarios más críticos en la refinería, teniendo en cuenta tanto la capacidad de carga actual (165 KBPD) como la proyectada (245 KBPD), siendo el de mayor extensión, el evento relacionado con una nube tóxica de Ácido Fluorhídrico.

Para mayor detalle se presenta la salida cartográfica con los resultados de todos los escenarios en el Anexo 9.4. Denominado Contornos de afectación - Resultados análisis de consecuencias, en la carpeta 3. Mapa áreas afectación.

**Figura 9-99 Riesgo tecnológico del área de estudio**



Fuente: ConCol by WSP, 2019.

- **Susceptibilidad a la contaminación de acuíferos**

Para conocer la amenaza de contaminación que sufre un acuífero es necesario la identificación y caracterización de las actividades potencialmente contaminantes. Para esto, lo mejor es obtener la siguiente información sobre cada actividad antropogénica (Hirata, 2002): la clase de contaminante, la concentración y el volumen de la carga contaminante, el modo de disposición en el subsuelo y el tiempo de aplicación de la carga contaminante. Sin embargo, la complejidad y cantidad de información que se debe recabar hace que este acercamiento sea casi imposible de abordar.

Sin embargo, (Foster et al., 2002) propusieron un método basado en el origen del contaminante y su sobrecarga hidráulica, conocido como POSH, por sus siglas en calidad de las aguas subterráneas, posteriormente se realiza una caracterización de inglés (Pollutant Origin Surcharge Hydraulically).

Esta metodología propone la identificación de las actividades que pueden llegar a convertirse en potencial contaminante para las cargas contaminantes significativas en el área de influencia, mediante recolección de información y revisión de inventarios de

actividades generadoras de contaminación, obteniendo un índice de carga contaminante, el cual es el indicador de la amenaza. (Gómez et al. , 2011)

Las fuentes contaminantes se pueden clasificar como difusas, lineales y puntuales dependiendo de la pluma de contaminación que generan. Las fuentes difusas son aquellas que no presentan plumas contaminantes definidas, sino que en cambio afectan un área del acuífero. Las fuentes lineales son las que presentan plumas contaminantes lineales y por último las fuentes puntuales generan plumas de contaminación definidas.

Las amenazas de contaminación se determinaron a partir del índice de carga contaminante (ICC) la cual depende de la valoración de clase contaminante (VRC), la intensidad de la clase contaminante (VRI), valoración modo de dispersión (VRM) y valoración tiempo de aplicación carga contaminante (VRT), cada una con un coeficiente de importancia, como se muestra en la siguiente ecuación.

$$ICC = VRC * 0.30 + VRI * 0.25 + VRM * 0.21 + VRT * 0.24$$

En la Tabla 9-92 se presentan los valores del índice de carga contaminante para cada grado de amenaza a la contaminación de acuíferos.

**Tabla 9-92 valores de ICC para amenaza de contaminación**

| Índice de carga contaminante | Grado de amenaza |
|------------------------------|------------------|
| 0 – 0,15                     | Muy Baja         |
| 0,16 – 0,30                  | Baja             |
| 0,31 – 0,60                  | Moderada         |
| 0,61 – 0,75                  | Alta             |
| 0,76 – 1,00                  | Muy Alta         |

Fuente: Modificado de (Gómez et al. , 2011)

Para el área de influencia de la Refinería de Cartagena, las fuentes difusas están relacionadas al uso del suelo actual, las fuentes lineales están relacionadas a las vías de transporte. Las Fuentes puntuales están relacionadas a las viviendas y a los tanques de almacenamiento de hidrocarburos y otras sustancias que puedan afectar las aguas subterráneas.

Al final estas tres capas (fuentes difusas, lineales y puntuales) se combinaron y sobrepusieron para obtener el mapa de amenaza y se le asignó el valor máximo.

**Tabla 9-93 valores de ICC para amenaza de contaminación**

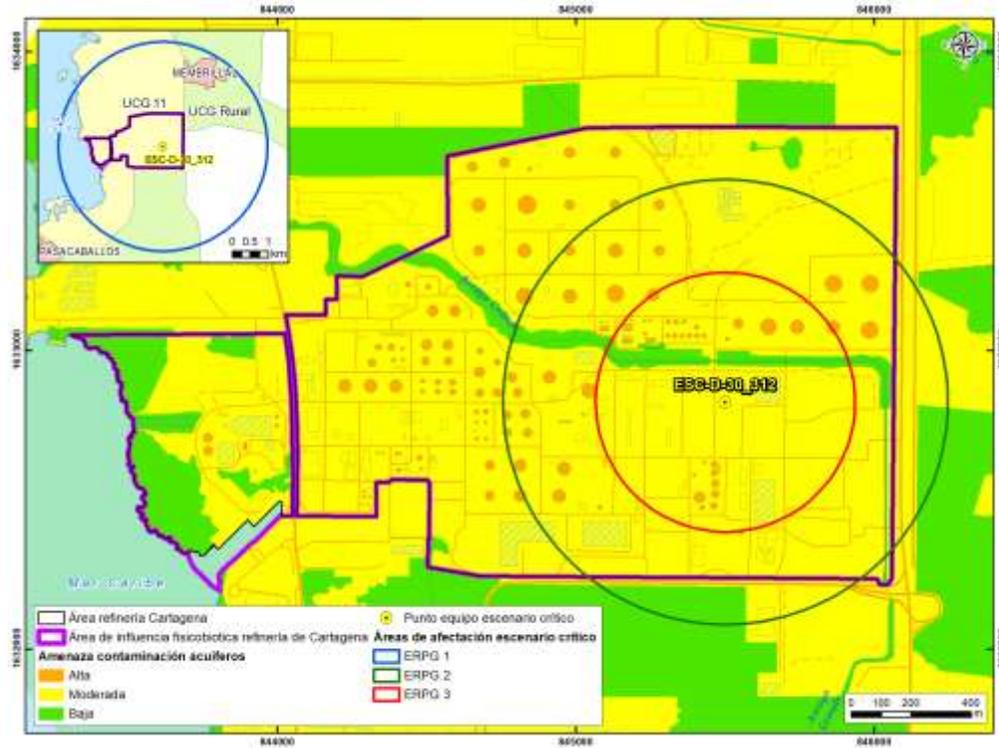
| <b>Fuentes difusas</b>                 | <b>VRC</b> | <b>CIFC</b> | <b>VRI</b> | <b>CIFI</b> | <b>VRM</b> | <b>CIFM</b> | <b>VRT</b> | <b>CIFT</b> | <b>ICC</b> | <b>Calificación</b> |
|--|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|---------------------|
| Zonas industriales o comerciales       | 0,6        | 0,3         | 0,2        | 0,25        | 0,1        | 0,21        | 0,8        | 0,24        | 0,44       | Moderado            |
| Vegetación secundaria baja             | 0,2        | 0,3         | 0,2        | 0,25        | 0,5        | 0,21        | 0,2        | 0,24        | 0,26       | Bajo                |
| Bosque de galería y/o ripario          | 0,2        | 0,3         | 0,2        | 0,25        | 0,5        | 0,21        | 0,2        | 0,24        | 0,26       | Bajo                |
| Manglar denso alto                     | 0,2        | 0,3         | 0,2        | 0,25        | 0,5        | 0,21        | 0,2        | 0,24        | 0,26       | Bajo                |
| Canales                                | 0,2        | 0,3         | 0,2        | 0,25        | 0,1        | 0,21        | 0,2        | 0,24        | 0,18       | Bajo                |
| Mares y océanos                        | 0,2        | 0,3         | 0,2        | 0,25        | 0,1        | 0,21        | 0,2        | 0,24        | 0,18       | Bajo                |
| <b>Fuentes lineales</b>                | <b>VRC</b> | <b>CIFC</b> | <b>VRI</b> | <b>CIFI</b> | <b>VRM</b> | <b>CIFM</b> | <b>VRT</b> | <b>CIFT</b> | <b>ICC</b> |                     |
| Vías                                   | 0,6        | 0,3         | 0,4        | 0,25        | 0,4        | 0,21        | 0,2        | 0,24        | 0,41       | Moderado            |
| <b>Fuentes puntuales</b>               |            |             |            |             |            |             |            |             |            |                     |
| Tanques de almacenamiento Hidrocarburo | 0,6        | 0,3         | 0,6        | 0,25        | 0,2        | 0,21        | 1          | 0,24        | 0,61       | Alto                |

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

En la Figura 9-100 se muestra la amenaza por contaminación de acuíferos, en donde las zonas con amenaza alta corresponden a las zonas puntuales de almacenamiento de hidrocarburo, la amenaza moderada a la contaminación está relacionada con las actividades antrópicas como las zonas industriales.

La amenaza baja está relacionada con zonas que no han sido intervenidas por el hombre y se encuentran en un estado nativo y zonas relacionadas con cuerpos de agua.

**Figura 9-100 Mapa de amenazas por contaminación de acuíferos**



Fuente: ConCol by WSP, 2019

#### 9.1.2.4 Evaluación del riesgo

- **Valoración del riesgo por rangos de aceptabilidad**

Los riesgos tienen un rango de aceptabilidad de acuerdo con las potenciales afectaciones que las amenazas pueden generar sobre los elementos sensibles; en la Tabla 9-94 se describen los rangos propuestos.

**Tabla 9-94 Descripción de los rangos de aceptabilidad del riesgo para Refinería de Cartagena**

|              | Individual   | Social  | Socioeconómico   | Ambiental  |
|--------------|--|---|--|--|
| <b>BAJO</b>  | <p>No requiere procesos adicionales a los propios de inducción, notificación de riesgos, entrega de EPP e inspecciones preoperacionales, se debe contar con equipos de atención de emergencias básicas.</p> <p>La actividad se puede llevar a cabo implementando los procesos y procedimientos básicos de seguridad, adicionalmente deben verificarse las condiciones para el traslado del personal.</p>   | <p>Requiere procesos asociados a las buenas prácticas. Se debe contar con protocolos de comunicación y procedimientos para el restablecimiento de la actividad.</p>                                 | <p>Adicional al seguimiento de los procedimientos operacionales, se debe contar con los recursos que garanticen el restablecimiento de la actividad dentro de los días subsiguientes.</p>  | <p>Adicional a la toma de medidas preventivas para no potencializar el riesgo, se debe contar con preparación para la atención del evento dañino.</p>  |
| <b>MEDIO</b> | <p>La actividad se puede llevar a cabo implementando los procesos y procedimientos básicos de seguridad, es precisa la implementación de permisos de trabajo y una previa inspección del lugar de trabajo.</p>   | <p>Se debe contar con protocolos de comunicación y procedimientos para el restablecimiento de la actividad. Adicional, se debe manejar y monitorear el riesgo utilizando el sistema de gestión.</p> | <p>Adicional al seguimiento de los procedimientos operacionales, se debe contar con los recursos que garanticen el restablecimiento de la actividad dentro de los días subsiguientes.</p>  | <p>Se debe contar con medidas de prevención e identificación de riesgos para la atención de emergencias y contingencias. Incluyendo capacitación en atención a los posibles riesgos que se puedan presentar.</p>   |
| <b>ALTO</b>  | <p>La actividad se puede llevar a cabo, previo proceso de verificación e inspección; es preciso la implementación de permisos de trabajo, adicionalmente deben verificarse las condiciones para el traslado del personal. Implementar medidas de control que ayuden a mitigar las consecuencias del evento dañino, adicionalmente se debe verificar que es entendido y funciona el plan de gestión del riesgo y que se cuenta con los equipos para la atención de emergencias.</p> | <p>Se debe contar con protocolos de comunicación y procedimientos para el restablecimiento de la actividad, adicionalmente se debe poder proponer acciones correctivas inmediatas.</p>              | <p>Previo al inicio de la actividad se debe verificar que es entendido y funciona el plan de gestión de riesgo y que se cuenta con los equipos para la atención de emergencias, así como contar con protocolos para el restablecimiento de la operación.</p> | <p>Debe contarse con equipos para la atención de emergencias y contingencias apropiados conforme a la magnitud del riesgo. Adicional, se debe contar con los protocolos de ayuda externa al proyecto incluyendo la articulación con el CDGRD y el CMGRD.</p> |

Fuente: ConCol by WSP, 2019.

La valoración dada a los niveles de riesgo se describe a continuación:

- i. Bajo: Corresponde a riesgos que se controlan con base en los diseños, la organización normal del proyecto, los programas de capacitación y entrenamiento

en los procedimientos de trabajo, la utilización de personal capacitado y las acciones normalmente desarrolladas en la ejecución de este tipo de proyectos. Los eventos que ocasionan este riesgo son de control por parte de los ejecutores del proyecto y los orígenes son de tipo interno. Aunque existen los riesgos, la prevención, los procedimientos normalmente establecidos para los diferentes procesos y actividades, hacen que los eventos incluidos en este rango no ocasionen retrasos, pérdidas o daños importantes que afecten el desarrollo del proyecto o su operación.

- ii. Medio: Se presentan riesgos que dependen de la ejecución y operación del proyecto (endógenos), siendo controlables a través del Plan de Manejo Ambiental y Plan de Contingencias. Las consecuencias de los eventos son controladas, pero es posible que se ocasionen daños a niveles localizados o pérdidas limitadas que no afectan el desarrollo del proyecto, de manera normal. No hay suspensiones de las actividades del proyecto y los daños son reparables a nivel local.
- iii. Alto. Corresponde a riesgos por fenómenos naturales, malos procedimientos o situaciones de orden público, que afecten cualquiera de las etapas de ejecución del proyecto. Las consecuencias de los eventos son controladas principalmente a través del Plan de Manejo Ambiental y el Plan de Contingencia. En caso de presentarse por fenómenos naturales de gran magnitud, estos son difícilmente previsible, y sus efectos no son controlados por los diseños. Los daños y pérdidas ocasionados afectan considerablemente el desarrollo, ejecución u operación del proyecto.

Las medidas establecidas para responder a los diferentes escenarios de riesgo comprendidas en esta sección son sugeridas, deben ser revisadas y acotadas de acuerdo a las necesidades determinadas previo al proceso operativo de la Refinería de Cartagena.

- **Medidas para el tratamiento del riesgo**

Las acciones preventivas y de control de fallas tienen un rol fundamental en la prevención de riesgos. Estas deben ser tenidas en cuenta durante todas las fases del proyecto, abarcando la operación, adecuación y mantenimiento.

Muchos de los eventos, siniestros o accidentes que ocurren no pueden describirse estadísticamente dado a su naturaleza o falta de un sistema unificado de información. Debido a esto, la descripción de la incertidumbre de los eventos, los peligros o amenazas y los riesgos asociados a estos eventos no se puede formular de forma precisa con base en la definición de un valor probabilístico, sino con una apreciación cualitativa de ésta.

Esto ha conllevado a establecer una apreciación de tipo posibilístico, dada por rangos de posibilidad de ocurrencia, sin definir exactamente valores, sino calificativos lingüísticos.

Algunos de los escenarios como derrames, accidentes, fallas en el proceso operativo de equipos, entre otros, pueden no ser asociados a valores estadísticos y los métodos implementados en los análisis no pueden garantizar la prevención de estos eventos; sin embargo los criterios de diseño, los procedimientos y medidas HSEQ a implementar durante la operación de la Refinería de Cartagena, deberán velar por la prevención,

reducción y control de los riesgos y por tanto las consecuencias de estos eventos a lo largo de la operación del proyecto.

Desde los diseños del proyecto se deben contemplar los riesgos potenciales a raíz de amenazas endógenas o exógenas, con el fin de propender por la mínima afectación al medio, evitando la propagación o contacto de áreas sensibles con las amenazas.

Así mismo, durante el proceso constructivo, el coordinador de las actividades debe tener en cuenta todas las posibilidades de ocurrencia de un evento, ya sea de origen antrópico o natural, que pueda poner en juego la integridad del proyecto, comprometer la integridad física de algún trabajador o el equilibrio normal de los recursos naturales presentes en el área de intervención, de tal forma que se pueda prever el control y la no propagación de los potenciales efectos.

De esta forma durante las actividades de operación, adecuación y/o mantenimiento las acciones encaminadas a disminuir el riesgo podrían contemplar, entre otras:

- i. La capacitación del personal en temáticas de seguridad y salud en el trabajo para diferentes actividades de operación adecuación y/o mantenimiento.
- ii. Capacitación del personal en atención de emergencias.
- iii. Conformación de brigadas para la atención de emergencias.
- iv. Desarrollo de simulacros y establecimiento de procesos de mejora continua con relación a la atención de emergencias.
- v. Contar con recursos (técnicos, financieros, físicos) adecuados para la prevención y atención de emergencias. Dichos recursos estarán acordes a lo presentado en el presente plan de gestión del riesgo (Sistema de alarmas, Elementos básicos de primeros auxilios, dotación de brigadistas) y lo que la entidad determine necesario de acuerdo a la actualización del presente documento.
- vi. La utilización de la señalización adecuada y demarcación de áreas operativas, de tal forma que se puedan identificar las condiciones de ingreso y las restricciones de las mismas.
- vii. Patrones de conducción y transporte de materiales.
- viii. Mantenimientos preventivos y correctivos a la maquinaria, equipos, vehículos, redes eléctricas y herramientas.
- ix. Procedimientos de identificación de equipos en mantenimiento y disponibilidad operativa de los mismos.
- x. Gestión con entes de asistencia a emergencias de centros poblados cercanos que brinden una atención rápida a una eventual emergencia.
- xi. Limitar la presencia de personas entre trabajadores y visitantes, lo que disminuye la posibilidad de víctimas en caso de un siniestro.

### 9.1.3 Monitoreo del riesgo

Para llevar a cabo el monitoreo teniendo en cuenta los escenarios de riesgo planteados desde la parte de procesos de la Refinería de Cartagena, se establecen los sistemas de control en cada una de las Unidades con sus respectivos planos de ubicación. Para poder ilustrar los diferentes sistemas incorporados a las Unidades de procesos en *el Anexo 9.2. Planos de las unidades de procesos* se presentan los planos con ubicación de los sistemas de monitoreo.

Para el caso de las amenazas naturales el monitoreo se realizará por medio de inspección visual periódica establecida por los operadores de cada unidad de procesos. Para el caso de la amenaza por inundación e incendios forestales ya que la vulnerabilidad que presenta el área para estos eventos es más alta.

## 9.2 PROCESO DE REDUCCIÓN DEL RIESGO

*En el siguiente numeral se presenta la información complementaria orientada a dar respuesta al requerimiento 13 solicitado en la información adicional por ANLA, en marco del trámite de la modificación de la licencia ambiental para la Refinería de Cartagena, que señala: Actualizar las medidas de reducción y de manejo acorde con el aumento de la capacidad de refinación y en concordancia con las medidas de manejo ambiental establecidas en el Estudio de Impacto Ambiental.*

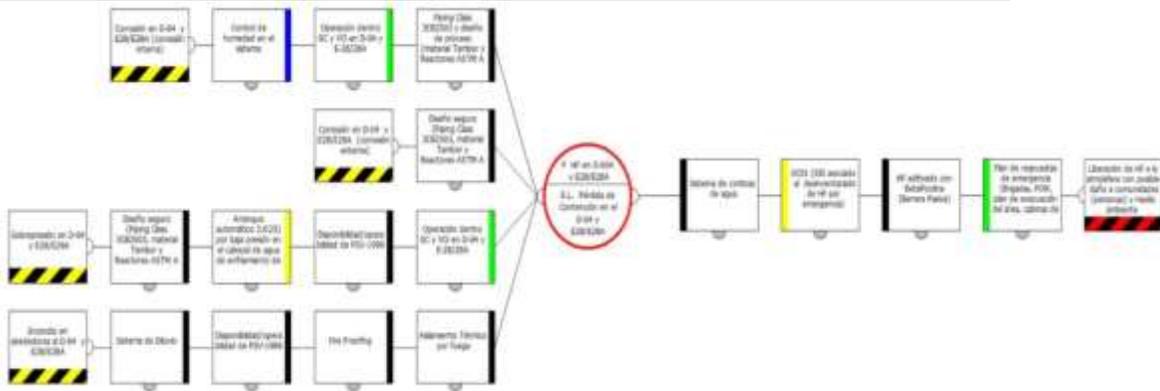
*De esta manera, se presenta a continuación la adición de las principales barreras de control y prevención establecidas por la refinería en caso de un desastre y/o emergencia, y las acciones generales que se deben implementar para reducir el riesgo durante la vigencia del presente plan. Adicionalmente se enseñan las medidas adelantadas por Ecopetrol S.A., entorno a la transferencia del riesgo, a través del aseguramiento, el cual constituye una alternativa que se suma a la reducción del riesgo.*

*La intervención para la reducción del riesgo tecnológico en la Refinería de Cartagena se establece a partir de la identificación de los escenarios de origen natural, socio natural, antrópico y tecnológico analizados y valorados en el capítulo del proceso de conocimiento del riesgo (numeral 9.1.2) que son objeto de la presente Modificación de Licencia. Se hace especial énfasis al riesgo tecnológico con el contorno de afectación de mayor extensión, el cual corresponde a la Fuga de Nube Tóxica por Ácido Fluorhídrico (HF). Este evento abarca y es la envolvente de los demás riesgos al interior de la refinería. En virtud de esta identificación del riesgo mayor, se ha establecido por parte del Plan de Gestión del Riesgo de Empresas Público – Privadas de la Refinería (PGRDEPP) (Ecopetrol, 2019) unas medidas de tipo preventivas y reactivas para reducir a un nivel aceptable el riesgo y así mismo poder controlar con eficiencia y rapidez ante una eventual emergencia en relación con este evento tecnológico.*

*El método empleado para el análisis integral del riesgo consistió en la técnica de evaluación y análisis de Bow-Tie, el cual a través del diagrama de corbatín permite identificar las relaciones causa – efecto de los riesgos mayores, y así mismo permite definir con claridad las barreras en los momentos previos a la materialización del riesgo, es decir de tipo preventivas, y en los momentos posteriores a la emergencia, es decir medidas reactivas de control del riesgo, así como de preparación y de ejecución de la respuesta (CGE, 2020).*

*En la Figura 9-101 se presenta el diagrama de Bow-Tie desarrollado por la Refinería de Cartagena y presentado en el PGRDEPP (Ecopetrol, 2019). En este se pueden identificar, las causas principales, las consecuencias y las barreras diseñadas e implementadas en los respectivos momentos orientadas a la reducción del riesgo mayor señalado anteriormente.*

**Figura 9-101 Diagrama de corbatín para la identificación de medidas prospectivas y correctivas en el escenario de riesgo crítico en la Refinería de Cartagena**



Fuente: (Ecopetrol, 2019)

A continuación, se presentan los lineamientos básicos orientados a la reducción prospectiva y correctiva del riesgo. Estos lineamientos serán revisados y actualizados de acuerdo con los requerimientos de actualización del Plan de Gestión del Riesgo.

### 9.2.1 Intervención Correctiva

Estas medidas se planifican con el objetivo de disminuir el riesgo existente, incluyendo algunas medidas para la preparación de la respuesta. Las intervenciones correctivas como el reforzamiento de infraestructura, la estabilización de taludes, entre otros, son necesarias para reducir el riesgo existente, en tanto, las intervenciones prospectivas son esenciales para evitar la construcción de nuevos riesgos en el corto, mediano y largo plazo (Sistema Nacional de Defensa Civil, Perú, 2018).

En el marco de las medidas contempladas dentro del PGRDEPP se consideran las siguientes acciones (Tabla 9-95 y Tabla 9-96):

**Tabla 9-95 Medidas correctivas frente al riesgo tecnológico de la operación actual y proyectada de la Refinería**

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Nombre de la medida</b> | Medida correctiva ante la falla de los equipos críticos que son empleados en los procesos de refinación a una capacidad de 165 KBPD y 245 KBPD   |
| <b>Objetivo General</b>    | Controlar las afectaciones sobre las comunidades y asentamientos humanos cercanos, los trabajadores y demás personal que hace presencia en proximidad a la refinería.  |
| <b>Objetivo Específico</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducir la probabilidad de fallos y errores en los procesos que se llevan a cabo en la operación de las unidades a interconectar para una capacidad de 245 KBPD y en las unidades existentes en especial la Unidad de Alquilación (U-044) en donde se localiza el escenario por fuga de HF.</li> <li>- Implementar los sistemas de control para el enfriamiento, asilamiento y aplicación de aditivos químicos de control.</li> </ul> |

| <b>ACCIONES</b>  |                                     |                  |                                     |                   |                                     |
|--|-------------------------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Verificar por la actualización periódica de los estándares y códigos frente a los diseños, control de procesos, y protección ante el fuego, corrosión, explosión y desgaste en los equipos.</u></li> </ul> |                                     |                  |                                     |                   |                                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Garantizar la existencia y funcionamiento de alarmas y el apoyo de sistemas instrumentados de seguridad con paradas de emergencia para los equipos e infraestructura.</u></li> </ul>                       |                                     |                  |                                     |                   |                                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Examinar el funcionamiento adecuado de los sistemas de alivio de presión y de doble contención, como válvulas, teas, etc.</u></li> </ul>   |                                     |                  |                                     |                   |                                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Asegurar el óptimo estado de las áreas de aislamiento y cerramiento perimetral (cunetas, zanjas, mallas, otros) y los derechos de vía para los sistemas de transporte</u></li> </ul>                       |                                     |                  |                                     |                   |                                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Inspección de los derechos de vía de las líneas de flujo que interconectan unidades y transportan materiales inflamables y tóxicos</u></li> </ul>  |                                     |                  |                                     |                   |                                     |
| <b>ETAPAS DE APLICACIÓN</b>  |                                     |                  |                                     |                   |                                     |
| <u>Mantenimiento</u>   | <input checked="" type="checkbox"/> | <u>Operación</u> | <input checked="" type="checkbox"/> | <u>Adecuación</u> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Fuente: (Ecopetrol, 2019)

Adicionalmente, para la intervención de los riesgos externos por causas naturales y siconaturales, los cuales pueden o han afectado en el pasado el área industrial donde se localiza la Refinería de Cartagena, se contemplan las siguientes medidas:

**Tabla 9-96 Medidas correctivas frente a riesgos del medio natural y siconatural**

| <b>Nombre de la medida</b>  | <u>Medida correctiva ante la manifestación de eventos de amenazas de origen natural y siconatural.</u>  |
|---|---|
| <b>Objetivo General</b>   | <u>Mitigar las potenciales afectaciones sobre personal de la refinería, el medio ambiente y la infraestructura estratégica para la operación ante la ocurrencia de inundaciones, incendios de cobertura y uso antrópico, y contaminación de acuíferos.</u>  |
| <b>Objetivo Específico</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Controlar los efectos de los eventos de amenazas con origen natural y siconatural sobre las personas que laboran en la refinería.</u></li> <li>- <u>Reducir los impactos sobre los ecosistemas sensibles en el área de influencia de la refinería ante los efectos concatenados que puedan originarse por la manifestación de amenazas naturales y siconaturales.</u></li> <li>- <u>Garantizar el mínimo deterioro de la infraestructura de la refinería debido a la ocurrencia de inundaciones y otras amenazas externas.</u></li> </ul> |
| <b>ACCIONES</b>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Verificar las alertas hidrometeorológicas emitidas por las entidades oficiales frente a la probabilidad que se originen eventos extremos de amenaza por inundación, incendios u otros.</u></li> </ul> |   |

|  |   |           |   |            |   |
|--|---|-----------|---|------------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Ejecutar los diseños de estructuras civiles necesarios para proteger la vulnerabilidad de los componentes expuestos durante las temporadas de lluvias y fenómenos de variabilidad climática como el ENOS.</li> </ul>  |   |           |   |            |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar las medidas ante la contaminación de los acuíferos reseñadas en el protocolo de Acción Correctiva Basada en Riesgos (RBCA), siguiendo la Metodología estandarizada de la EPA en caso de que se evidencien posible migración de contaminantes en aguas subterráneas, superficiales y marinas; cómo el establecido en el Manual Técnico para la Ejecución de Análisis de Riesgos para Sitios de Distribución de Derivados de Hidrocarburos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007), que se presenta Anexo 9.9.</li> </ul> |   |           |   |            |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar las medidas planteadas en la ficha de manejo denominada: mantenimiento, rehabilitación, reconstrucción de obras menores, obras de geotecnia, manejo de taludes y escorrentía.</li> </ul>  |   |           |   |            |   |
| <b>ETAPAS DE APLICACIÓN</b>  |   |           |   |            |   |
|  |   |           |   |            |   |
| Mantenimiento  | X | Operación | X | Adecuación | X |

Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

Las medidas anteriores aportan a la articulación del Plan de Contingencias con el Capítulo 7. Plan de Manejo del presente Estudio Ambiental, de manera tal que se establecen los diferentes programas proyectos y actividades que pueden estar orientados a la reducción del riesgo.

Finalmente, es importante señalar que los escenarios de riesgos operacionales analizados en el presente plan son dinámicos, lo cual conlleva a que se debe aplicar una actualización continua de la valoración y análisis de estos, y en correspondencia con ello, verificar periódicamente el estado de las medidas implementadas y el riesgo residual.

### 9.2.2 Intervención Prospectiva

Este tipo de medidas busca controlar el desarrollo de los factores de riesgo futuro con el fin de garantizar que no surjan nuevas situaciones peligrosas y que se evite la implementación de intervenciones correctivas.

En el marco de este tipo de medidas se consideró la ubicación de la Refinería de Cartagena teniendo en cuenta las restricciones y potencialidades del territorio en el área de estudio. Así mismo, en el marco de estas medidas se sugieren:

- i. Realizar periódicamente las actualizaciones del análisis de riesgo con el fin de detectar variaciones en el comportamiento de las amenazas e implementar las medidas requeridas en los esquemas de respuesta.
- ii. Realizar revisiones estructurales periódicas de las instalaciones con el fin de detectar situaciones de riesgo y tomar las acciones correspondientes.
- iii. Información y relacionamiento institucional y comunitario (ficha de manejo OP-MS-2)
- iv. Capacitación a personal vinculado al proyecto (ficha de manejo OP-MS-1).
- v. Los diseños deben contemplar las recomendaciones establecidas en el apéndice A-1 de la Norma de Sismorresistente NSR-10 y las contempladas en el Decreto 340

de 2012.

Dentro de las medidas prospectivas y preventivas en busca de reducir los riesgos mayores en la Refinería de Cartagena, se cuenta con las siguientes acciones (Tabla 9-97 y Tabla 9-99):

**Tabla 9-97 Medidas prospectivas frente al riesgo tecnológico por la operación proyectada de la Refinería**

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Nombre de la medida</b> | <i>Medida prospectiva ante fallas operacionales de los equipos críticos que serán destinados paulatinamente para alcanzar una refinación a una capacidad de 200 KBPD y posteriormente 245 KBPD.</i>  |
| <b>Objetivo General</b>    | <i>Prevenir la ocurrencia de derrames, sobrepresión en los equipos y fugas de material tóxico e inflamable en las áreas operativas proyectadas de la Refinería de Cartagena.</i>   |
| <b>Objetivo Específico</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Garantizar que los equipos y recipientes empleados en el proceso de refinación que complementa y aumenta la capacidad de carga, se activen e implementen en óptimo estado.</i></li> <li>- <i>Mantener los procesos de inspección, mantenimiento y vigilancia de instalaciones al día y en cumplimiento de los estándares aprobados respecto a las actividades realizadas.</i></li> </ul> |

**ACCIONES**

- *Establecer los controles en la operación de los equipos que se usarán para aumentar la capacidad de refinación, presentes en las unidades de tratamiento y enfriamiento de aguas, generación de hidrógeno, amina, azufre y nitrógeno, el reformado Catalítico, Benzout y el hidrotratamiento de Nafta, así como los equipos de la operación actual en las unidades de destilación combinada (U-100 y U001), de Alquilación (U-044), Servicios Industriales y las demás complementarias. Se evaluarán factores de inspección de los límites de humedad de equipos, el enfriamiento, arranques automáticos de bombas eléctricas, la instalación de sistemas de diluvio, recubrimiento con materiales de ignifugidad (fireproofing) y asilamientos térmicos por fuego, entre otros.*
- *Consolidar las prácticas de trabajo seguro ATEX frente a actividades con diferente grado de peligro bajo atmósferas potencialmente explosivas. Al respecto, se analizará y ajustará periódicamente los resultados de la clasificación de áreas de nivel de fuego, con el fin de asegurar la correcta instalación y uso de aparatos eléctricos, sistemas de control, y las medidas de prevención orientadas de forma eficiente a las fuentes de ignición más probables.*
- *Revisión del actual Plan de Emergencias y de contingencias en relación con los cambios o ajustes en los sistemas industriales y su operación.*
- *Revisión de la documentación HSE de los contratistas y empleados de la Refinería, y cumplimiento de las disposiciones establecidas en el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST)*
- *Actualizar las características y estado de los elementos expuestos en el área potencial de afectación ante consecuencia por el evento de mayor magnitud (Fuga HF).*

| <b>ETAPAS DE APLICACIÓN</b> |          |                  |          |                   |  |
|-----------------------------|----------|------------------|----------|-------------------|--|
| <b>Mantenimiento</b>        | <b>X</b> | <b>Operación</b> | <b>X</b> | <b>Adecuación</b> |  |

Fuente: (Ecopetrol, 2019)

**Tabla 9-98 Medidas prospectivas frente a riesgos del medio natural y socionatural**

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Nombre de la medida</b> | <i>Medida prospectiva ante la manifestación de amenazas naturales y socionaturales y de la contaminación de aguas subterráneas en el área de influencia de la Refinería de Cartagena.</i>  |
| <b>Objetivo General</b>    | <i>Prevenir la afectación de elementos expuestos ante la ocurrencia fenómenos naturales y socionaturales en las áreas operativas de la Refinería de Cartagena.</i>   |
| <b>Objetivo Específico</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Monitorear las amenazas naturales y socionaturales de mayor recurrencia y frecuencia en el área industrial de Mamonal contribuyendo con el aumento de capacidades al personal, la infraestructura y la protección de áreas ambientalmente sensibles.</i></li> <li>- <i>Prevenir la potencial afectación de cuerpos de agua en caso fortuito de un derrame o fuga.</i></li> </ul> |

**ACCIONES**

|   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Articular un sistema de vigilancia de los eventos de inundación, incendios forestales, sismo, vendavales y otros fenómenos relacionados que amplíe el conocimiento sobre el alcance, frecuencia, época y localización de las amenazas delimitadas con alta susceptibilidad dentro y en cercanías del área de influencia de la refinería.</i></li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Realizar el seguimiento constante a las alertas tempranas emitidas por el Consejo Municipal y Departamental para la Gestión del Riesgo del Distrito de Cartagena y del Bolívar.</i></li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Actualizar la información técnica acerca de los principales receptores ambientales en el suelo y el subsuelo que se encuentran próximos y expuestos a las áreas operativas de la refinería.</i></li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Mantener las inspecciones y monitoreos a los recursos hídricos subterráneos y el suelo con el fin de mantener registros confiables e indicadores del estado de las áreas sensibles en el área de influencia de la refinería.</i></li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Inspeccionar el estado de los drenajes removiendo materiales que estén obstaculizando el flujo o generando otro tipo de afectación al recurso hídrico, y que puedan generar a futuro desbordamientos y encharcamientos con afectación a las áreas operativas.</i></li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Revisar los sistemas de pararrayos asegurando que se encuentren en buen estado y realizando el mantenimiento necesario para su correcto funcionamiento.</i></li> </ul>  |

| <b>ETAPAS DE APLICACIÓN</b> |          |                  |          |                   |  |
|-----------------------------|----------|------------------|----------|-------------------|--|
| <b>Mantenimiento</b>        | <b>X</b> | <b>Operación</b> | <b>X</b> | <b>Adecuación</b> |  |

Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

Respecto a la intervención de los riesgos externos por causas antrópicas, a los está eventualmente expuesta la Refinería de Cartagena, se contemplan las siguientes medidas de prevención:

**Tabla 9-99 Medidas prospectivas frente a riesgos antrópicos**

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Nombre de la medida</b> | <i>Medida correctiva ante la manifestación de eventos de origen antropogénico que ponga en riesgo la operación y seguridad de la Refinería de Cartagena</i>  |
| <b>Objetivo General</b>    | <i>Reducir las consecuencias y efectos sobre las personas que laboran en la refinería, los ecosistemas sensibles y la infraestructura estratégica para la operación ante la ocurrencia de hechos sociales como terrorismo, delincuencia común y protestas sociales</i>   |
| <b>Objetivo Específico</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Controlar los medios de acceso al personal que no tenga acreditación para estar dentro y en inmediaciones al área de la refinería.</i></li> <li>- <i>Inspeccionar los daños e impactos que se puedan generar en los ecosistemas sensibles que se ubican en el área de influencia por motivos de acciones intensionales de actores ajenos a la refinería.</i></li> <li>- <i>Garantizar la continuidad en el funcionamiento de los equipos y unidades de proceso frente a eventuales acciones que puedan ejercer actores organizados con influencia en el área de Mamonal</i></li> </ul> |

### **ACCIONES**

- *Apoyar los procesos de capacitación e información con las comunidades cercanas sobre las medidas y acciones de respuesta ante emergencias que puedan ser originadas por la Refinería de tal forma que se minimicen los conflictos y diferencias entre los actores sociales presentes en la zona industrial de Mamonal.*
- *Establecer programas de cooperación interinstitucional con la Oficina Asesora de Gestión del Riesgo del Distrito de Cartagena para avanzar en la definición de acciones de ayuda mutua con el fin de fortalecer las capacidades de los actores involucrados en la gestión del riesgo en la zona y promover acciones orientadas generar resiliencia de los componentes que actualmente tienen alta vulnerabilidad y exposición ante riesgos tecnológicos.*
- *Mantener la constante comunicación con las autoridades de seguridad y orden público de Cartagena, reportando actos y eventos sospechosos con la debida anticipación.*
- *Apoyar los procesos de capacitación e información con las comunidades cercanas sobre las medidas y acciones de respuesta ante emergencias que puedan ser originadas por la Refinería de tal forma que se minimicen los conflictos y diferencias entre los actores sociales presentes en la zona industrial de Momonal.*

- Evaluar los procedimientos de inspección y vigilancia de las condiciones de seguridad de las instalaciones del proyecto, frente a su eficiencia, reporte, periodicidad o frecuencia.

### ETAPAS DE APLICACIÓN

|                      |  |                  |                                     |                   |  |
|----------------------|--|------------------|-------------------------------------|-------------------|--|
| <u>Mantenimiento</u> |  | <u>Operación</u> | <input checked="" type="checkbox"/> | <u>Adecuación</u> |  |
|----------------------|--|------------------|-------------------------------------|-------------------|--|

Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

### 9.2.3 Transferencia del riesgo

Corresponde a la protección financiera basada en los instrumentos del mercado de seguros que buscan disponer de recursos económicos, una vez se materialice el riesgo, para cubrir el costo de los daños y la recuperación (Decreto 2157 de 2017). En este aspecto, la Refinería de Cartagena a través de Ecopetrol S.A cuenta con las medidas de protección, que se presentan en la Tabla 9-100.

**Tabla 9-100 Pólizas de seguro que cubren a la Refinería de Cartagena**

| <u>Tipo de Póliza</u>                            | <u>Bienes y/o personas cubiertos</u>  | <u>Riesgos cubiertos</u>  | <u>Aseguradora</u> | <u>No. de Póliza</u> | <u>Vigencia</u>   |                   |
|--|---|---|--------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
|  |   |   |                    |                      | <u>Desde</u>      | <u>Hasta</u>      |
| <u>Todo riesgo daño material y lucro cesante</u> | <u>Totalidad de la maquinaria y equipo de la planta de refinación, incluyendo el lucro cesante por 36 meses</u> | <u>Las pérdidas o daños materiales que sufran los bienes asegurados, como consecuencia directa de cualquier riesgo no excluido, ocurridos durante la vigencia del seguro, incluyendo, pero no limitado a incendio, explosión, daños por agua y riesgos de la naturaleza</u> | <u>Mapfre</u>      | <u>2201219027749</u> | <u>19/07/2019</u> | <u>19/07/2020</u> |
| <u>Responsabilidad civil extra contra actual</u> | <u>Terceros y empleados</u>   | <u>Responsabilidad frente a terceros por daños o lesiones surgida del uso de predios o el desarrollo labores y operaciones<br/>Incluye responsabilidad por contaminación accidental súbita e imprevista</u>   | <u>Nacional</u>    | <u>400024261</u>     | <u>31/12/2019</u> | <u>31/12/2020</u> |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

De acuerdo con el PGRDEPP de la Refinería de Cartagena (Ecopetrol, 2019), adicional a los mecanismos de transferencia y retención listados, Ecopetrol S.A. presupuesta anualmente partidas específicas para la gestión integral de sus activos, así como para el funcionamiento, el monitoreo, la evaluación y el mejoramiento de su Sistema de Gestión HSE, a través de las gerencias responsables de los activos.

En el caso en que se decrete una emergencia Mayor-Desastre Ecopetrol S.A hará uso del documento "Instructivo para aprobar recursos financieros en operación contingente" PFP-I-

004 donde se encuentran las condiciones y requisitos para disponer de forma ágil de recursos financieros para responder oportunamente en la organización, e implementar acciones requeridas para salvaguardar la continuidad operativa y funciones críticas de la compañía, reputación y permanencia.

Finalmente, se ha establecido por parte de Ecopetrol S.A. que los contratistas garanticen el aseguramiento y responsabilidad civil en relación con el cumplimiento de sus actividades, garantías laborales, entre otros.

### 9.3 PROCESO DE MANEJO DEL DESASTRE

#### 9.3.1 Plan de emergencia y contingencia

##### 9.3.1.1 Plan Estratégico

Como parte del plan estratégico se presenta a continuación los lineamientos, objetivos, alcances y recursos en general con los que cuenta la Refinería de Cartagena para atender las emergencias y contingencias que se originen producto de su actividad.

##### 9.3.1.1.1 Objetivos

- **Objetivo General**

El presente Plan de Contingencia se desarrolló con el objetivo de propender por el manejo oportuno y eficiente de todos los recursos técnicos, humanos y económicos con los que cuenta la Refinería de Cartagena para la atención de situaciones de emergencia que se puedan presentar durante las actividades de mantenimiento, adecuación, operación, desmantelamiento y abandono partiendo del análisis en el componente de conocimiento del Riesgo.

Tiene como fin fundamental prevenir y atender los daños que se puedan ocasionar sobre los componentes ambientales, socioeconómicos y culturales en el área de influencia del proyecto a raíz de la manifestación de las diferentes amenazas.

- **Objetivos específicos**

A continuación, se presentan los objetivos específicos del presente Plan de Contingencias:

- i. Proveer la información requerida para el conocimiento de los riesgos asociados a las amenazas endógenas y exógenas que puedan afectar a la comunidad y a la organización.
- ii. Identificar los niveles de activación, prioridades de protección y de acción para la reducción del riesgo identificado
- iii. Asignar responsabilidades y funciones para garantizar el manejo y control de las emergencias asociadas a la operación de Refinería de Cartagena

### 9.3.1.1.2 Alcance

El presente Plan de Contingencia tiene como alcance la gestión de los riesgos identificados en las operaciones actuales y futuras de la Refinería de Cartagena durante el proceso paulatino de incremento de la producción a través de la ejecución de procedimientos y/o programas en las áreas donde se desarrollen las actividades relacionadas con el mantenimiento, adecuación y la operación proyectada en la presente modificación de licencia.

### 9.3.1.1.3 Ámbitos de responsabilidad y competencia

En la Tabla 9-101 se presentan los responsables de realizar las acciones de respuesta a emergencias en los respectivos departamentos y áreas de servicios.

**Tabla 9-101 Actividades de Respuesta**

| Actividad  | Cargo Responsable Área Operativa                | Cargo Responsable Área de Servicios      |
|--|---|--|
| Canalizar los avisos de ocurrencia de emergencia provenientes de personal interno y externo. | Supervisor de CCN                               | Líder de Evacuación                      |
| Realizar la notificación masiva y alarma de posibles emergencias.                            | Jefe de Turno                                   | Jefe de Turno                            |
| Verificar los eventos y generar la respectiva confirmación.                                  | Operador de Campo                               | Supervisor de Contraincendios            |
| Evaluar la situación y activar el Plan de Emergencias.                                       | Supervisor de Planta                            | Supervisor de Planta / Supervisor de CCN |
| Reportar el nivel de alarma para cada incidente, al interior de la organización.             | Jefe de Turno                                   | Jefe de Turno                            |
| Realizar las primeras acciones de control de la emergencia (primer respondedor).             | Supervisor de Planta                            | Supervisor de CCN                        |
| Presentar los informes inicial y final de las emergencias internas y externas.               | Coordinador CCN                                 | Coordinador CCN                          |
| Documentar las acciones de control de una emergencia.  | Coordinador CCN y Jefe de Departamento del área | Coordinador CCN / jefe del área          |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

En la Tabla 9-102 se presenta la estructura del Sistema Comando de Incidentes del operador para los diferentes grados de emergencia identificados teniendo en cuenta el esquema de la

**Tabla 9-102 Organización para la Respuesta**

| Condición                   | Función                     | Representante  |
|-----------------------------|-----------------------------|--|
| Emergencia Grado Incipiente | Primer Respondedor          | Personal del Área afectada y/o Brigadista  |
| Emergencia Grado Menor      | Comandante de Incidente     | Jefe de Departamento Servicios Compartidos (Área de Servicios).<br>Supervisor de la Unidad (Unidades Operativas) |
|                             | Jefe Sección de Operaciones | Supervisor CCN / Supervisor de la Unidad   |

| Condición              | Función  | Representante  |
|------------------------|--|--|
|                        | Oficial de Seguridad en Operaciones              | Supervisor CCN   |
|                        | Oficial de seguridad física                      | Supervisor seguridad física                                  |
| Emergencia Grado Medio | Comandante de Incidente de Área de Servicios     | Jefe de Departamento (Unidades Operativas) y/o Jefe de Turno |
|                        | Oficial de Seguridad Física                      | Coordinador de Seguridad Física                              |
|                        | Oficial de Seguridad en Operaciones              | Supervisor de CCN  |
|                        | Oficial de Enlace                                | Supervisor de CCN  |
|                        | Oficial de Información Pública                   | Comunicador social   |
|                        | Jefe Sección de Operaciones                      | Coordinador CCN  |
|                        | Jefe Sección de Planeación                       | Jefe de Departamento PRS                                     |
|                        | Jefe Sección de Logística                        | Gerente de Mantenimiento                                     |
|                        | Jefe Sección de Administración y Finanzas        | Jefe del Departamento de PPP                                 |
| Emergencia Grado Mayor | Comandante de Incidente                          | Gerente General  |
|                        | Oficial de Seguridad Física                      | Coordinador de Seguridad Física                              |
|                        | Oficial de Enlace                                | Coordinador CCN  |
|                        | Oficial de Seguridad en Operaciones              | Supervisor de CCN  |
|                        | Oficial de Información Pública                   | Comunicador social   |
|                        | Jefe Sección de Operaciones de Área de Servicios | Gerente Técnico  |
|                        | Jefe Sección de Operaciones                      | Gerente de Producción  |
|                        | Jefe Sección de Planeación                       | Jefe de Departamento PRS                                     |
|                        | Jefe Sección de Logística                        | Gerente de Mantenimiento                                     |
|                        | Jefe Sección de Administración y Finanzas        | Jefe del Departamento de PPP                                 |

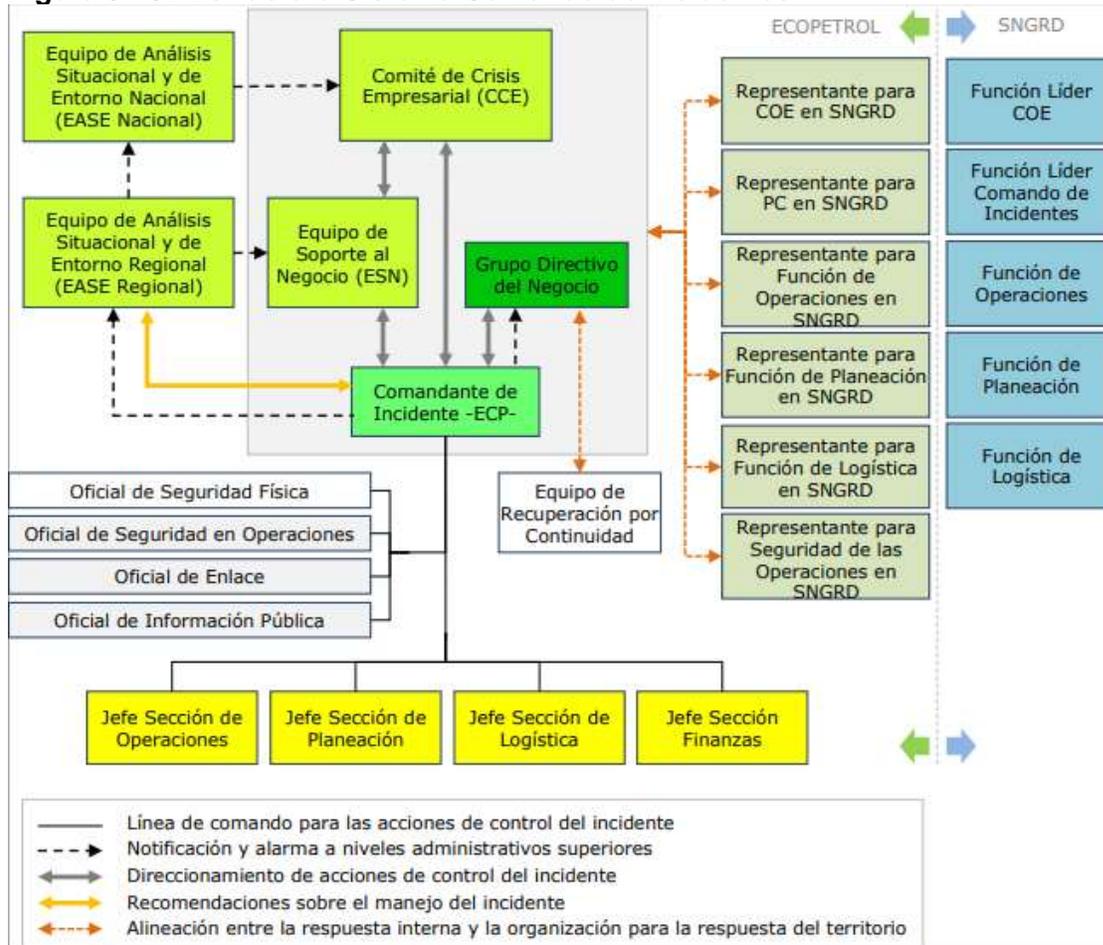
Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

Las casillas que corresponden a los equipos de análisis situacional y de entorno, equipo de soporte al negocio, comité de crisis y equipo de recuperación, representan funciones identificadas en los lineamientos de manejo de crisis y continuidad del negocio. El grupo directivo está definido por personal estratégico del negocio que ayuda a gestionar recursos para las emergencias en las áreas.

Las casillas de color gris representan funciones de administración de emergencias que se integran a la estructura de comando de los territorios para emergencias grado medio y mayor, en la medida que estos son requeridos por la estructura de respuesta definida en el respectivo territorio.

Las casillas de color azul representan funciones de administración de emergencias que hacen parte de la estructura de respuesta de los territorios. En estas casillas se identifica el representante del territorio que cumple estas funciones en su estructura, independiente del nombre que allí reciban.

Figura 9-102 Estructura Sistema Comando de Incidentes



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

Para los eventos radiológicos se cuenta con roles y responsabilidades particulares, que involucra principalmente al Oficial de Protección Radiológica (OPR) y al Coordinador de Prevención y Control de Emergencias de la Refinería de Cartagena. Éste último, como responsable de integrar las actividades del personal de respuesta a emergencias y las comunicaciones con las autoridades locales, tal como se describe en la Tabla 9-103 a continuación:

Tabla 9-103 Roles y responsabilidades particulares

| Roles y responsabilidades  | Responsable/Entidad    |
|--|------------------------|
| Coordinar la planificación a nivel local   | CCE                    |
| Coordinar la planificación a nivel de la instalación   | CCE                    |
| Clasificar la emergencia en la instalación y proceder a la notificación inicial fuera del emplazamiento    | OPR (REFICAR S.A, CPI) |
| Prestar asesoría y asistencia a las entidades de respuesta locales sobre los posibles riesgos radiológicos | OPR (REFICAR S.A, CPI) |
| Solicitar asistencia del OIEA u otras organizaciones internacionales                                       | OPR (REFICAR S.A, CPI) |

| <b>Roles y responsabilidades</b>  | <b>Responsable/Entidad</b>  |
|---|---|
| Activar el organismo de emergencias   | CCE   |
| Mitigar el accidente en su origen   | OPR (REFICAR S.A, CPI)  |
| Realizar rápidamente actividades de vigilancia radiológica ambiental                                    | OPR (REFICAR S.A, CPI)  |
| Facilitar personal y equipo de protección radiológica para apoyo de las operaciones en la zona afectada | OPR (REFICAR S.A, CPI)  |
| Aprobar dosis anormales a los trabajadores de emergencia  | OPR (REFICAR S.A, CPI)  |
| Dar tratamiento médico de emergencia a las víctimas contaminadas  |   |
| Prestar el servicio de dosimetría, incluido el análisis de las muestras biológicas                      | OPR (REFICAR S.A, CPI)  |
| Prestar servicios auxiliares contra incendios, de policía o médicos a la instalación.                   | Cuerpo de bomberos de Cartagena<br>Departamento de Policía de Bolívar |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

### 9.3.1.1.4 Capacidad de respuesta de la organización

- **Competencias del Personal**

Para garantizar la atención efectiva por parte del personal de brigadas ante la ocurrencia de un evento que amenace al personal, los procesos y las instalaciones, se cuenta con un plan de entrenamiento para el personal de brigadas (operativo), estratégico y táctico (administrativo) de acuerdo con las directrices prevista en la Guía Planeación y Respuestas a Emergencias de ECOPETROL S.A., ECP-DHS- G-037

La formación del personal operativo se compone de las siguientes temáticas:

- i. Seguridad en operaciones de control.
- ii. Control de incendios en áreas de proceso críticos
- iii. Fenómenos físicos del fuego.
- iv. Manejo seguro de materiales peligrosos.
- v. APH y rescate

La metodología empleada para la formación del personal consiste en la realización de talleres teórico - práctico con una duración de 8 horas por temática para un total de 40 horas de formación.

El personal estratégico y táctico hace parte de la práctica clave sistema comando de incidentes (SCI) y recibe capacitación en la temática Administración y comando de nivel táctico y estratégico respectivamente.

- **Funciones y Responsabilidades en el Comando de Incidentes**

#### **Comandante de Incidente**

Es la persona a cargo, es quien posee la máxima autoridad del Sistema de Comando y debe estar plenamente calificado para conducir la respuesta al incidente. Un CI debe ser

decidido, seguro, objetivo, calmado, adaptable al medio físico, social y laboral, mentalmente ágil y flexible. Debe ser realista acerca de sus limitaciones y tener la capacidad de delegar funciones en forma apropiada y oportuna para mantener el alcance de control.

Si bien, el mando del incidente será asumido por la persona con capacidad operativa de mayor idoneidad, competencia o jerarquía que llegue primero a la escena, a medida que lleguen otros, será transferido a quien posea la competencia requerida para hacerse cargo.

### **Responsabilidades**

- i. Asumir el mando y establecer el Puesto de Comando.
- ii. Velar por la seguridad del personal y la seguridad pública.
- iii. Evaluar las prioridades del incidente.
- iv. Determinar los objetivos operacionales.
- v. Desarrollar y ejecutar el Plan de acción al Incidente (PAI).
- vi. Desarrollar una estructura y ejecutar el plan de acción del incidente (PAI).
- vii. Desarrollar una estructura organizativa apropiada
- viii. Mantener el alcance de control.
- ix. Administrar los recursos
- x. Mantener la coordinación general de las actividades
- xi. Coordinar las acciones de las instituciones que se incorporan al SCI.
- xii. Autorizar la información a divulgar por los medios de comunicación pública.

### **Oficial Seguridad Física (Staff)**

Tiene la función de vigilancia y evaluación de situaciones peligrosas e inseguras, así como el desarrollo de medidas para la seguridad del personal. Aun cuando puede ejercer autoridad de emergencia para detener o prevenir acciones inseguras cuando se requiere de acciones inmediatas, el oficial generalmente corrige acciones o condiciones de inseguridad a través de la línea normal de mando. Se mantiene al tanto toda la operación.

### **Responsabilidades**

- i. Obtener un reporte rápido del Comandante del Incidente.
- ii. Identificar situaciones peligrosas asociadas con el incidente.
- iii. Participar en las reuniones de planificación. Revisar los Planes de Acción del Incidente.
- iv. Identificar situaciones potencialmente inseguras durante las operaciones tácticas.
- v. Hacer uso de su autoridad para detener o prevenir acciones peligrosas.
- vi. Investigar los accidentes que ocurran en las áreas del incidente.
- vii. Revisar y aprobar el Plan Médico
- viii. Plan de Acción del Incidente

### **Oficial Información Pública (Staff)**

Hará las veces de punto de contacto con los medios de comunicación u otras organizaciones que busquen información directa sobre el incidente. Aunque varios organismos pueden designar a miembros del personal como Oficiales de Información durante un incidente habrá un solo Oficial de Información. Los demás servirán como

auxiliares. Toda la información deberá ser aprobada por el CI. Solo existe un único Oficial de Información Pública definido por la Gerencia Refinería Cartagena.

### **Responsabilidades**

- i. Obtener un informe breve del Comandante del Incidente.
- ii. Establecer contacto con las instituciones del área para coordinar las actividades de información pública.
- iii. Establecer un centro único de información siempre que se posible.
- iv. Hacer los arreglos para proporcionar espacio de trabajo, materiales, teléfonos y personal.
- v. Preparar un resumen inicial de información después de llegar al incidente.
- vi. Respetar las limitaciones para la emisión de información que imponga el Comandante del Incidente.
- vii. Obtener la aprobación del Comandante del Incidente para la emisión de la información.
- viii. Emitir noticias a los medios de prensa y enviarlas al puesto de comando y otras instancias relevantes.
- ix. Participar en las reuniones para actualizar las notas de prensa.
- x. Responder a las solicitudes especiales de información.

### **Oficial de Enlace (Staff)**

Es el contacto para los representantes de las instituciones que estén trabajando en el incidente o que puedan ser convocadas. Esto incluye a organismos de primera respuesta, salud, SNPAD, obras públicas y otras organizaciones. Es conveniente que el Oficial de Enlace y personal de todas las instituciones actuantes se conozcan mutuamente. Solo debe haber un solo Oficial de Enlace.

### **Responsabilidades**

- i. Obtener un reporte rápido del Comandante de Incidentes.
- ii. Proporcionar un punto de contacto para los representantes de todas las instituciones.
- iii. Identificar a los representantes de cada una de las instituciones, incluyendo su ubicación y líneas de comunicación.
- iv. Responder a las solicitudes del personal del incidente para establecer contactos con otras organizaciones.
- v. Vigilar las operaciones del incidente para identificar problemas actuales o potenciales entre las diversas organizaciones.
- vi. Llevar registro de todas sus actividades.
- vii. Participar en las reuniones de seguimiento y planificación, informando sobre la disponibilidad y estado de los recursos disponibles

### **Jefe Sección de Operaciones**

La Sección de Operaciones es la responsable de la ejecución de las acciones de respuesta. El Jefe de la Sección de Operaciones reporta al Comandante del Incidente, determina la

estructura organizativa interna de la Sección, dirige y coordina todas las operaciones, cuidando la seguridad del personal de la Sección, asiste al Comandante del Incidente en el desarrollo de los objetivos de la respuesta al incidente y ejecuta el Plan de Acción del Incidente (PAI). Conduce a los Coordinadores de Rama de Operaciones, a los Encargados de Área de Espera, Área de Concentración de Víctimas, a los Líderes de las Fuerzas de Tarea, de los Equipos de Intervención y de los Recursos Simples.

### **Responsabilidades**

- i. Obtener un reporte rápido del comandante del Incidente.
- ii. Desarrollar la parte operacional del Plan de Acción del Incidente.
- iii. Informar brevemente y asignar el personal de operaciones de acuerdo con el Plan de Acción del Incidente.
- iv. Supervisar las operaciones.
- v. Determinar las necesidades y solicitar recursos adicionales.
- vi. Conformar los equipos de intervención asignados a la Sección de Operaciones.
- vii. Mantener informado al comandante del Incidente acerca de actividades especiales y otras contingencias de la operación.

### **Jefe Sección de Planeación**

Las funciones de esta Sección incluyen recolectar, evaluar, difundir y usar la información acerca del desarrollo del incidente y llevar un control de los recursos. Elabora el Plan de Acción del Incidente (PAI), el cual define las actividades de respuesta y el uso de los recursos durante un Período Operacional. Conduce a los Líderes de las Unidades de Recursos, de Situación, de Documentación, Desmovilización y Unidades Técnicas.

El jefe de la Sección Planificación reporta al Comandante del Incidente, determina la estructura organizativa interna de la Sección y coordina las actividades.

### **Responsabilidades**

- i. Obtener información breve del Comandante del Incidente.
- ii. Activar las unidades de la Sección de Planificación.
- iii. Asignar al personal de intervención a las posiciones del incidente en forma apropiada.
- iv. Establecer las necesidades y agendas de información para todo el Sistema de Comando del Incidente (SCI).
- v. Notificar a la unidad de recursos acerca de todas las unidades de la Sección de Planificación que han sido activadas, incluyendo los nombres y lugares donde está todo el personal asignado.
- vi. Establecer un sistema de adquisición de información meteorológica cuando sea necesario.
- vii. Supervisar la preparación del Plan de Acción del Incidente (Ver la lista de chequeo del proceso de planificación).
- viii. Organizar la información acerca de estrategias alternativas.
- ix. Organizar y deshacer los equipos de intervención que no sean asignados a las operaciones.

- x. Identificar la necesidad del uso de recursos especializados.
- xi. Llevar a cabo la planificación operativa de la Sección de Planificación.
- xii. Proporcionar predicciones periódicas acerca del potencial del incidente.
- xiii. Compilar y distribuir información resumida acerca del estado del incidente.

### **Jefe Sección de Logística**

La Sección de Logística es la responsable de proveer instalaciones, servicios y materiales, incluyendo el personal que operará los equipamientos solicitados para atender el incidente. Esta sección es indispensable cuando las operaciones se cumplen en grandes extensiones y cuando son de larga duración. Las funciones de la Sección son de apoyo exclusivo a los que responden al incidente. Conduce al Coordinador de la Rama de Servicios y de la Rama de Apoyo; a los Líderes de las Unidades Médica (proporciona atención al personal de respuesta al incidente y no a las víctimas), de Comunicaciones, de Recepción y Distribución, de Instalaciones, de Provisiones, de Apoyo Terrestre y de Alimentación; a los Encargados de Base, de Equipos, de Campamento, de Seguridad y de Requisiciones.

El Jefe de la Sección reporta al Comandante del Incidente, determina la estructura organizativa interna de la Sección y coordina las actividades.

### **Responsabilidades**

- i. Planificar la organización de la Sección de Logística.
- ii. Asignar lugares de trabajo y tareas preliminares al personal de la sección.
- iii. Notificar a la unidad de recursos acerca de las unidades de la Sección de Logística que sean activadas, incluyendo nombres y ubicaciones del personal asignado.
- iv. Conformar las ramas y proporcionar información breve a los directores y a los líderes de las unidades.
- v. Participar en la preparación del Plan de Acción del Incidente.
- vi. Identificar los servicios y necesidades de apoyo para las operaciones planificadas y esperadas.
- vii. Proporcionar opiniones y revisar el plan de comunicaciones, el plan médico y el plan de tráfico.
- viii. Coordinar y procesar las solicitudes de recursos adicionales.
- ix. Revisar el Plan de Acción del Incidente y hacer una estimación de las necesidades de la Sección para el siguiente período operacional.
  - x. Proporcionar consejos acerca de las capacidades disponibles de servicios y apoyo.
  - xi. Preparar los elementos de servicios y apoyo del Plan de Acción del Incidente.
  - xii. Hacer una estimación de las necesidades futuras de servicios y apoyo.
  - xiii. Recibir el Plan de Desmovilización de la Sección de Planificación.
  - xiv. Recomendar el descargo de los recursos de la unidad en conformidad con el Plan de Desmovilización.
  - xv. Asegurar el bienestar general y seguridad del personal de la Sección de Logística.

### **Jefe Sección de Finanzas**

A pesar de que frecuentemente no se le da la importancia que merece, la Sección de

Administración y Finanzas es crítica para llevar el control contable del incidente. Es responsable de justificar, controlar y registrar todos los gastos y de mantener al día la documentación requerida para gestionar reembolsos.

La Sección de Administración y Finanzas es especialmente importante cuando el incidente es de un porte que pudiera resultar en una Declaración de Desastre. Conduce los Líderes de las Unidades de Tiempos, de Proveeduría, y de Costos. El Jefe de la Sección reporta al Comandante del Incidente, determina la estructura organizativa interna de la Sección y coordina las actividades.

### **Responsabilidades**

- i. Obtener la información breve del comandante del incidente.
- ii. Participar en las reuniones de información a los representantes de instituciones para recibir información.
- iii. Participar en las reuniones de planificación para obtener información.
- iv. Identificar y solicitar insumos y necesidades de apoyo para la sección de administración/finanzas.
  
- v. Desarrollar un plan operativo para el funcionamiento de las finanzas en el incidente.
- vi. Preparar objetivos de trabajo para sus subalternos, informes brevemente a su personal, haga las asignaciones y evalúe desempeños.
- vii. Determinar las necesidades de la operación de comisariato.
- viii. Informar el comandante del incidente y al personal cuando su sección este en completa operatividad.

### **Oficial de Protección Radiológica (Staff).**

Persona competente en temas radioactivos dentro de la refinería, el cual cuenta con el conocimiento requerido para la atención de los eventos que involucren sustancias radiactivas. Es el responsable de determinar los recursos necesarios para atender una emergencia radiológica. Cuenta con un staff de dos (2) Auxiliares radiológicos. Este oficial debe tener contacto directo con las autoridades locales en el manejo de emergencias radioactivas.

### **Responsabilidades**

- i. Realizar la evaluación inicial de la emergencia e informar al Comandante de Incidentes.
- ii. Prestar asistencia técnica a los representantes del comando de incidente.
- iii. Informar al Servicio Geológico Colombiano sobre el evento.
- iv. Liderar la investigación y reporte del incidente.

#### **• Sitios Preestablecidos**

A continuación, se establecen las principales características de los sitios establecidos para llevar a cabo las acciones de planeación y respuesta a emergencia.

**Tabla 9-104 Sitios Preestablecidos**

| Nombre del sitio            | Tipo                          | Localización            | Cobertura            |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Sala de Reunión de Gerencia | Sala Situacional              | Edificio Administrativo | Mayor<br>Medio Menor |
| Sala de Reuniones           | Cuarto de Control             | COR                     |                      |
| CCN                         | Centro Control de Emergencias | Edificio Pivote         | Menor                |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

- **Sistemas de Protección**

La Refinería de Cartagena cuenta con los siguientes sistemas de protección de control de derrames e incendios adecuados para la atención de los posibles eventos que puedan generarse en las diferentes áreas.

**Tabla 9-105 Sistemas Fijos de Protección en el Control de Derrames**

| Áreas   | Tipo de sistema                                 | Elementos   |
|---|---|---|
| Tanques de almacenamiento                     | Sistema de contención                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dique</li> <li>• Válvula de salida del dique</li> </ul>                                |
| Tanques de almacenamiento y áreas de procesos | Sistema de aguas aceitosas                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Separador API</li> <li>• Rejillas de captación</li> <li>• Trampas de aceite</li> </ul> |
| Áreas de proceso                              | Sistemas de tratamiento de drenaje de productos | Piscina, sistemas de neutralización de aguas ácidas   |
|   | Sistemas de aguas aceitosas                     | Canales de aguas aceitosas, Rejillas de captación, Trampas de aceite  |
|   | Sistemas de aguas lluvias                       | Canales de aguas lluvias, válvulas de compuertas, piscina pulmón  |
|   | Sistemas de aguas residuales                    | Estaciones de bombeo  |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Tabla 9-106 Sistemas de Protección en el Control de Incendios**

| Áreas                          | Tipo de Sistema                    | Elementos   |
|--------------------------------|------------------------------------|---|
| Áreas de almacenamiento de GLP | Detección de gases y de llama      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detectores</li> <li>• Alarma en el tablero de control</li> </ul>     |
|                                | Sistema agua de aspersores de agua | Cabezal de aire con bulbos de vidrio, Rociadores  |
|                                | Sistemas fijos de agua             | Válvulas de diluvio, Rociadores, sistema de accionamiento remoto, Monitores, Hidrantes                        |
| Áreas de proceso               | Sistema de extinción manual        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Extintores portátiles</li> <li>• Extintores de carretilla</li> </ul> |
|                                | Detección de gases y de fuego      | Detectores, Alarmas audiovisuales en campo y salas de control   |
|                                | Sistemas fijos de agua             | Válvulas de diluvio, Rociadores, sistema de accionamiento remoto, Monitores, Hidrantes                        |

| Áreas             | Tipo de Sistema             | Elementos   |
|-------------------|-----------------------------|---|
| Área de servicios | Detección de humo           | Detector de humo, tablero de notificación y alarma  |
|                   | Sistema de extinción manual | Extintores portátiles   |
|                   | Sistema de agente limpio    | Detectores de humos, cilindros de agentes limpios, tuberías y boquillas de distribución, tablero de notificación, alarma y activación |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

- **Sistema de notificación y alarma**

El Sistema de alarma alertará a todo el personal de un peligro potencial o real de fuego en el lugar de trabajo de la refinería. El personal una vez alertado, tomará las acciones adecuadas para evacuar el área.

El siguiente es el código de pitadas (o patrones de alarma) del GRC:

**Tabla 9-107 Código de Pitadas GRC**

| Emergencias                          | Número de pitadas             | Codificación |
|--------------------------------------|-------------------------------|--------------|
| Incendio/ explosión / nube toxica    | Cinco (5) cortas consecutivas | -----        |
| Otra emergencia                      | Dos (2) cortas consecutivas   | --           |
| Final de emergencia                  | Una (1) Larga                 | —————        |
| Simulación de emergencia             | Una (1) Larga                 | —————        |
| Prueba de alarma (lunes a las 13:00) | Una (1) Larga                 | —————        |

### 9.3.1.2 Plan Operativo

#### 9.3.1.2.1 Criterios de clasificación de emergencias

De acuerdo con lo consignado en la guía ECP-DHS-G-037, las emergencias se clasifican conforme a los recursos comprometidos para la atención de la misma, tanto para áreas administrativas como operativas, definiéndose así los siguientes niveles:

- Menor: Emergencia que puede ser atendida con los recursos propios del área.
- Media: Emergencia que para su atención requiere y es suficiente, involucrar los recursos de un plan de ayuda mutua, servicios locales de emergencia, entidades y/o autoridades de orden local.
- Mayor: Emergencia que para su atención requiere y es suficiente, involucrar servicios regionales o nacionales de emergencia, entidades y/o autoridades de orden regional o nacional.

La Tabla 9-108 muestra las categorías que plantea IAEA para la planificación de las emergencias radiológicas:

**Tabla 9-108 Categorías para la planificación de las emergencias radiológicas**

| Categoría | Ámbitos a los que es aplicable la categoría  |
|-----------|--|
| I         | Instalaciones con potencial de liberaciones de muy grandes dimensiones que causen efectos deterministas graves en la salud fuera del emplazamiento. También requieren este nivel de planificación las áreas cercanas a la instalación que deban estar preparadas para adoptar rápidamente medidas protectoras en respuesta a un accidente en dicha instalación.  |
| II        | Instalaciones con potencial de liberaciones que originen dosis fuera del emplazamiento superiores a los NIG urgentes, pero con poca o ninguna amenaza de dosis causantes de efectos deterministas en la salud fuera del emplazamiento. También requieren este nivel de planificación las áreas que deban estar preparadas para adoptar medidas protectoras en respuesta a un accidente en la instalación |
| III       | Instalaciones sin riesgo significativo fuera del emplazamiento, pero con potencial de accidentes causantes de efectos deterministas en la salud en el emplazamiento. También requieren este nivel de planificación (los ámbitos) (las entidades) jurisdiccionales que presten a estas instalaciones servicios de lucha contra incendios, de policía o médicos.   |
| IV        | Regiones con poca o ninguna amenaza conocida. Esta Categoría representa el mínimo necesario para todos los países, ya que en cualquier parte pueden ocurrir accidentes relacionados con la pérdida o el robo de fuentes o el transporte de materiales radiactivos.   |
| V         | Regiones con grandes probabilidades de tener que efectuar intervenciones relacionadas con los alimentos en caso de accidente en instalaciones situadas fuera del país  |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

Para el caso de la instalación de la Refinería de Cartagena se considera la categoría III dado que, realizado los cálculos de dosis para cada una de las fuentes, en el evento que éstas perdieran el blindaje y quedaran totalmente expuestas, las tasas de dosis equivalente en la malla perimetral del emplazamiento serían igual o menores que las tasas de dosis permitidas para público en general.

A continuación, en la Tabla 9-109 se indica la clasificación de las emergencias radiológicas de acuerdo con el tipo de categoría:

**Tabla 9-109 Clasificación de las emergencias radiológicas**

| Tipo de emergencia   | Acciones inmediatas                         |
|--|---|
| <p><b>Emergencia general</b></p> <p>Suceso cuyo resultado sea un riesgo real o considerable de liberación que exija la aplicación de medidas protectoras urgentes fuera del desplazamiento</p>                                 | <p>Aplica solamente a categorías I y II</p> |
| <p><b>Emergencia en el área del emplazamiento</b></p> <p>Suceso cuyo resultado sea una gran disminución del grado de protección del público o del personal de emplazamiento<br/>Se incluye dosis altas en el emplazamiento</p> | <p>Aplica solamente a categorías I y II</p> |

| Tipo de emergencia  | Acciones inmediatas   |
|---|---|
| o fuera del emplazamiento que se acerquen a los niveles de intervención para medidas protectoras urgente  |   |
| <p style="text-align: center;"><b>Alerta</b></p> <p>Disminución del grado de seguridad o sucesos desconocidos que requieran más precauciones o evaluaciones</p> | <p>Acciones inmediatas para Categoría III</p> <p>En el emplazamiento</p> <p>Notificar a los responsables fuera del emplazamiento</p> <p>Activar la respuesta</p> <p>Adoptar medidas para mitigar el accidente y prestar asistencia técnica a la sala de mando</p> <p>Fuera del emplazamiento</p> <p>Aumentar las precauciones</p> |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

- **Áreas y zonas de planificación**

### **Área de emplazamiento**

Es el área que circunda la instalación dentro de la malla perimetral que define los límites de la Refinería de Cartagena

### **Áreas afuera del emplazamiento**

Son áreas que se encuentra por fuera de la malla perimetral de Refinería de Cartagena y que deben rodear la instalación de forma más o menos circular. Los límites de las zonas se fijan utilizando rasgos destacados del terreno como carreteras, ríos, etc. para facilitar su identificación durante una respuesta.

### **Zona de medidas precautorias (ZMP)**

Es la zona designada de antemano donde se han planificado previamente medidas protectoras urgentes que se aplicarán de inmediato tras la declaración de una emergencia general. El objetivo es reducir substancialmente el riesgo de efectos deterministas en la salud mediante la adopción de medidas protectoras antes de una liberación.

Para el caso de la categoría III la ZMP se define por el área misma de emplazamiento.

### **Zona de planificación de medidas protectoras urgentes (ZPU)**

Zona designada de antemano situada alrededor de una instalación en la que se realizan preparativos para aplicar rápidamente medidas protectoras urgente basadas en la vigilancia radiológica ambiental.

Para el caso de la categoría III no corresponde designar una ZPU.

### **Zona de planificación de medidas protectoras a largo plazo (ZPL)**

Zona designada de antemano situada alrededor de una instalación, pero a mayor distancia, que incluye la zona de planificación de medidas protectoras urgentes. En ella se deben hacer por anticipados preparativos para aplicar con eficacia las medidas protectoras destinadas a reducir la dosis a largo plazo causada por depósito de sustancias radiactivas e ingestión.

Para el caso de la categoría III no corresponde designar una ZPU.

#### **9.3.1.2.2 Control de Eventos**

Como estrategia general de respuesta a emergencias, la misma unidad, departamento, edificación o área de servicio en general donde se origina la emergencia, es la encargada de realizar las primeras acciones de mitigación y control según recursos disponibles.

Una de las acciones iniciales del primer respondedor será activar a Prevención y Control de Emergencias, quienes acudirán al sitio para verificar la condición de emergencia, prestar el apoyo requerido o si es el caso, hacerse cargo de la respuesta.

Las áreas operativas estarán en capacidad de responder a emergencias menores que puedan ser atendidas con acciones inmediatas por parte del personal asignado a las mismas, con los sistemas y equipos de su área (Emergencia Grado Incipiente). Se debe garantizar que el personal que labora en las áreas operativas tenga conocimiento y experiencia en manejo de los extintores para casos de incendios.

Las áreas de servicios estarán en condición de activar un proceso de evacuación de sus edificaciones, siguiendo instrucciones de un líder del área o coordinados por Prevención y Control de Emergencias. Para ello deben designar el rol de líder de evacuación que permanezca más tiempo en el área.

Prevención y Control de Emergencias dimensiona sus recursos considerando la activación del grupo de respuesta a emergencias del área afectada y la atención del máximo escenario de riesgo en cada caso.

En cualquier emergencia se ordenará la evacuación del personal contratista del área para facilitar las acciones de control, sin embargo, cada contratista estará preparado para atender la afectación de su propio personal, así como de realizar algunas acciones de control que no impliquen acciones operativas y sin poner el riesgo a trabajadores, infraestructura ni operación.

Para el caso de las emergencias radiológicas se prevén cuatro posibles escenarios, para los cuales se plantean las correspondientes medidas de control, así:

- **Nivel inusual de dosis**
  - i. Alejarse y alejar a las personas presentes a una distancia razonable donde las lecturas de dosis equivalente se puedan considerar seguras y proveer información clara y precisa de la situación, los riesgos y las acciones a seguir al público

- ii. Descartar la posibilidad de lecturas erróneas por malfuncionamiento del equipo de medición utilizando otro instrumento. Acercarse progresivamente a la fuente radiactiva, si la tendencia concuerda con la medición inicial deténgase
- iii. Informar inmediatamente al Oficial de Protección Radiológica de la Refinería de Cartagena y al de CP INSTRUMENTS indicando cual fue la dosis inusual leída.
- iv. Diligenciar los formatos de reporte de emergencia radiactiva y realizar la investigación durante las 48 horas siguientes con el fin de tomar los correctivos necesarios para conjurar la emergencia.
- v. Si la investigación indica que el escudo de la fuente pudo haber sido afectado en su integridad mecánica proceda a planear la mitigación de la tasa de dosis excesiva colocando sobre el escudo en cuestión mantas de plomo.
- vi. Dar aviso al ente regulador

- **Pérdida o robo de fuente radiactiva**

- i. Informar inmediatamente al departamento de seguridad del cliente, al ingeniero a cargo del contrato y al Oficial de Protección Radiológica para que se activen los protocolos de seguridad.
- ii. Dar información precisa y concreta respecto de la fuente (descripción, características y riesgos) y colaborar en la búsqueda de la fuente.
- iii. Utilizar medios de prensa para alertar al público en general sobre el robo de la fuente y su peligro. Informar sobre los mecanismos de comunicación que permitan recibir información con el fin de dar con la ubicación de la fuente y atender posibles incidentes
- iv. Informar al Oficial de Protección Radiológica de REFICAR S.A quien debe también dar aviso al ente regulador.

- **Incendio**

- i. Activar los sistemas contra incendio disponibles en el área de afectación y proceder de acuerdo con las líneas de acción general y/o procedimientos operativos normalizados PON aplicables.
- ii. Retirarse y retirar al personal presente del área y dirigirse hasta el punto de encuentro más próximo hasta que se controle el incendio o hasta que se reciba la notificación que la emergencia ha sido conjurada y se puede retornar al lugar de trabajo.
- iii. Dar aviso al Oficial de Protección Radiológica, el cual a su vez debe dar aviso al ente regulador.
- iv. Cuando se retorne al área debe hacerse una medición permanente conforme se acerca al punto del evento con el fin de determinar si las dosis son seguras o por el contrario el escudo se ha afectado permitiendo una dosis mayor a la normal. Si este es el caso, no se acerque e informe sobre la persistencia de la emergencia radiológica al Oficial de Protección Radiológica.
- v. Proceda a planear la mitigación de la dosis excesiva colocando sobre el escudo en cuestión mantas de plomo.

- **Mal funcionamiento del obturador del escudo (shutter)**
  - i. Elabore el análisis de riesgos para el desmonte de la fuente radiológica.
  - ii. Elabore el procedimiento y plan de trabajo.
  - iii. Diligencie el correspondiente permiso de trabajo.
  - iv. Solicite la autorización del Oficial de Protección Radiológica.
  - v. Determinar si el trabajo de mantenimiento se puede realizar en sitio o es necesario el desmonte. Si se puede realizar en sitio pase al punto h.
  - vi. Desmontar la fuente del punto de instalación teniendo la precaución de mantener dirigida la ventana de colimación a una zona donde no esté presente personal.
  - vii. Transportar hasta la zona de almacenamiento temporal teniendo la precaución de mantener.
  - viii. Aplicar aceite penetrante extra rápido con efecto enfriador (aceite afloja tornillos) para destruir estructuras de óxido o corrosión.
  - ix. Verificar el libre movimiento del obturador (shutter).
  - x. Si se desmontó la fuente retornarla al sitio de operación y realizar su instalación nuevamente.
  
- **Evacuación**

La GRC cuenta con un plan de evacuación cuyo objetivo es garantizar la integridad de las personas que labora al interior de la Refinería de Cartagena ante la ocurrencia de un evento amenazante, definiendo las rutas y procedimientos requeridos para una evacuación de las instalaciones.

Está compuesto por un plan de evacuación general, el cual define las rutas seguras que conectan desde cada una de las áreas de proceso y de servicio hacia los puntos de encuentro más seguro dentro y fuera de las instalaciones. Cuenta adicionalmente con un plan de evacuación particular para cada una de las diferentes áreas que indica la ruta de evacuación, la salida de emergencia y los puntos de encuentro próximos al área.

El proceso de evacuación da inicio con la activación de la alarma de acuerdo con el código de pitadas que se define en la Tabla 1.21, del numeral 1.6.3, Sistema de notificación y alarma, del presente plan.

Para su ejecución este plan se apoya en un grupo de líderes y suplentes asignado a cada una de las áreas cuya responsabilidad es ordenar la evacuación inmediata del área a todas las personas que se encuentren en el lugar y que no cumplan funciones de respuesta en la emergencia, hacer el conteo de personal y notificar al Comandante del Incidente si falta alguna de las personas correspondiente a su área, para que éste tome las acciones pertinentes.

El proceso de evacuación seguirá las rutas establecidas de acuerdo al sitio y tipo de emergencia, condiciones de evacuación y cantidad de personal a evacuar. Esta acción la podrá definir el responsable de tomar las primeras acciones en una planta, el Primer Respondedor o el Comandante de Incidente, dependiendo de la organización del momento.

Las empresas contratistas participan del plan de evacuación garantizando la divulgación

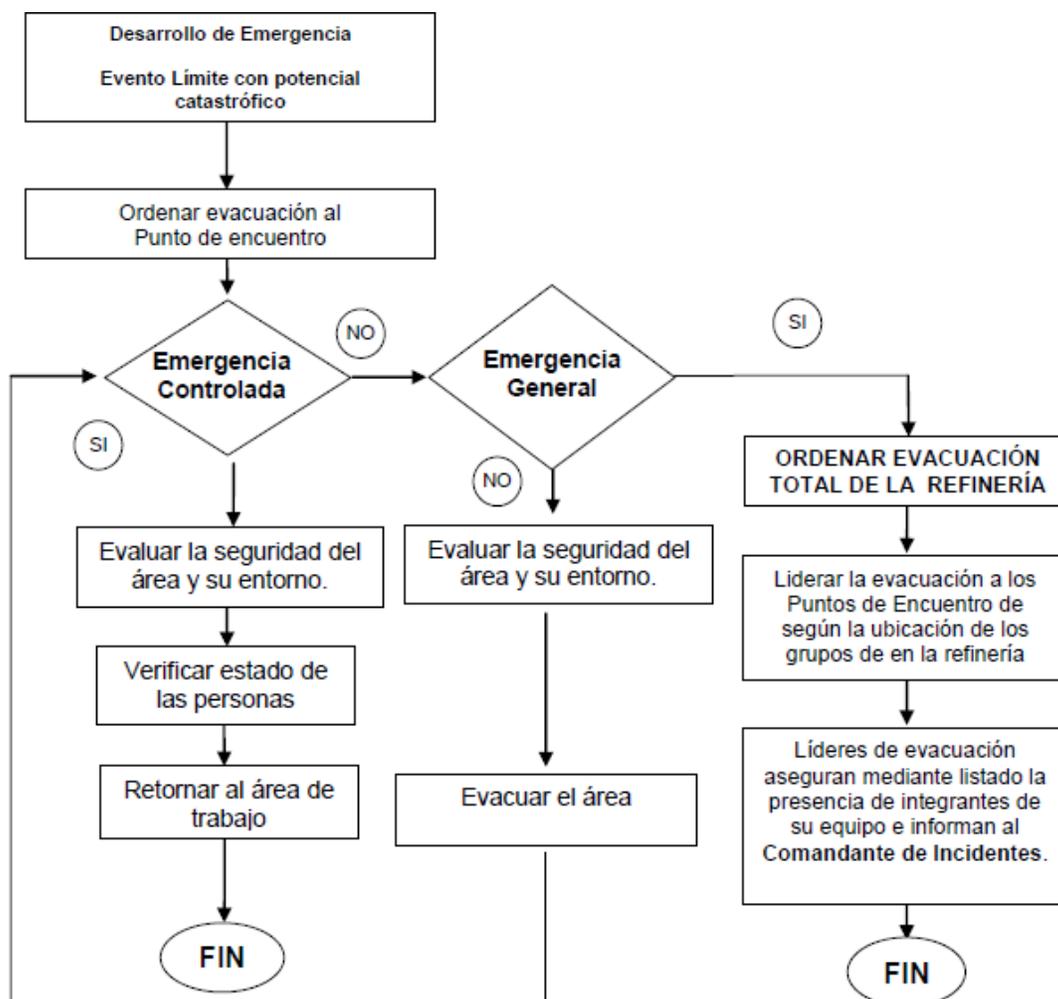


del plan de evacuación general y del área específica de trabajo a todo el personal vinculado a su firma y designando, antes de iniciar la ejecución del contrato, a dos personas, un principal y un suplente, como líderes de evacuación y velar porque éstos conozcan su responsabilidad dentro de este procedimiento de acuerdo con lo consignado en los documentos de referencia.

La asignación de recursos actuará dependiendo del personal afectado, área donde se presente el evento y la necesidad de recursos para hacer la atención. Podrán utilizarse recursos externos a petición del Comandante de Incidente.

La Coordinación Prevención y control de Emergencias dará las indicaciones de evacuación para las áreas de servicios y áreas operativas, actividad que coordinará con el Líder de evacuación del área afectada, Jefe de Turno y Comandante del incidente, con respecto a emergencias operativas, Incendios, Explosiones, Fuga de Gases tóxicos/ inflamables y derrame de productos.

Figura 9-103 Flujograma Plan de Evacuación



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

### 9.3.1.2.3 Estrategia de rescate y Atención Prehospitalaria dentro de la infraestructura

La Refinería de Cartagena contempla diversos eventos que puedan dar origen a una emergencia médica, como son los accidentes que pueden generar traumas, heridas, lesiones por calor, electrocución, intoxicación por gases, vapores, alimentarias, alergias y/o envenenamiento por picaduras y/o mordeduras de animales venenosos, insolación, entre otros. Por lo anterior es necesario contar con una estrategia que permita dar respuesta a los eventos de salud que puedan presentar los trabajadores dentro de las instalaciones.

Para la ejecución de esta estrategia dentro del marco de las emergencias que puedan tener lugar en la Refinería de Cartagena, se cuenta con un contrato para la administración del centro de atención de primeros auxilios (CAPA), que presta entre otros los servicios de Rescate y Atención Prehospitalaria.

- **Rescate**

Se cuenta con un grupo entrenado de rescatistas los cuales implementan los procedimientos de rescate para la GRC y lideran las siguientes maniobras de rescate en coordinación con el personal de Prevención y Control de Emergencias:

- Rescate en Altura
- Rescate en Espacio Confinado
- Excavaciones
- Rescate Vehicular
- Seguridad Acuática en Muelle

Este personal de apoyo participa en las fases de planeación, alistamiento, ejecución y cierre de las paradas, trabajos especiales y proyectos a través de la elaboración, actualización y seguimiento de los planes de rescate para todas las actividades críticas (alturas, espacios confinados, trabajos en tea viva, etc.) que se desarrollen en la Refinería de Cartagena, y avalar en campo lo escrito en los procedimientos estándar. Adicionalmente, capacita al personal que requiera la Refinería de Cartagena sobre temas de rescate. El personal de APH y Rescate presta sus servicios las 24 horas en tres (3) turnos de trabajo, distribuidos como lo muestra la Figura 9-104:

**Figura 9-104 Personal CAPA**

| <b>Personal requerido en el centro de atención de primeros auxilios</b> |                                |                                   |                       |
|---|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| <b>Turno</b>  | <b>Cargo</b>                   | <b>Cantidad de Personal/Turno</b> | <b>Total Personal</b> |
| 6:00 am 2:00pm  | Médico Cirujano                | 1                                 | 5                     |
|   | * Enfermera Profesional        | 1                                 |                       |
|   | Conductor de Ambulancia        | 1                                 |                       |
|   | * Rescatista Instructor        |                                   |                       |
| 2:00 pm 10:00pm   | Médico Cirujano                | 1                                 | 5                     |
|   | Auxiliar de Enfermería         | 1                                 |                       |
|   | Conductor de Ambulancia        | 1                                 |                       |
|   | Rescatista                     |                                   |                       |
| 10:00 pm 6:00am   | Médico Cirujano                | 1                                 | 5                     |
|   | Auxiliar de Enfermería         | 1                                 |                       |
|   | Conductor de Ambulancia        | 1                                 |                       |
|   | Rescatista                     |                                   |                       |
| Horario al Pito   | *Coordinador                   | 1                                 | 1                     |
| <b>Personal de Relevo</b>   |                                |                                   |                       |
|   | Relevo Médico Cirujano         | 1                                 | 1                     |
|   | Relevo Auxiliar de Enfermería  | 1                                 | 1                     |
|   | Relevo Conductor de Ambulancia | 1                                 | 1                     |
|   | Relevo Rescatista              | 2                                 | 2                     |
| <b>Total Personal CAPA</b>  |                                |                                   | <b>21</b>             |

\*El Coordinador Médico del centro de Atención de Primeros Auxilios, laborara en Media Jornada, en horario de 8:00 am a 12:00 m.

\*La Enfermera Profesional estará siempre cubriendo el turno de 06:00 a.m.-02:00 p.m., en casos requeridos por Ecopetrol estará en los rotativos

\*El rescatista instructor cubrirá el turno de 06:00 a.m.-02:00 Pm, en casos requeridos por Ecopetrol entrará en los rotativos.

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)



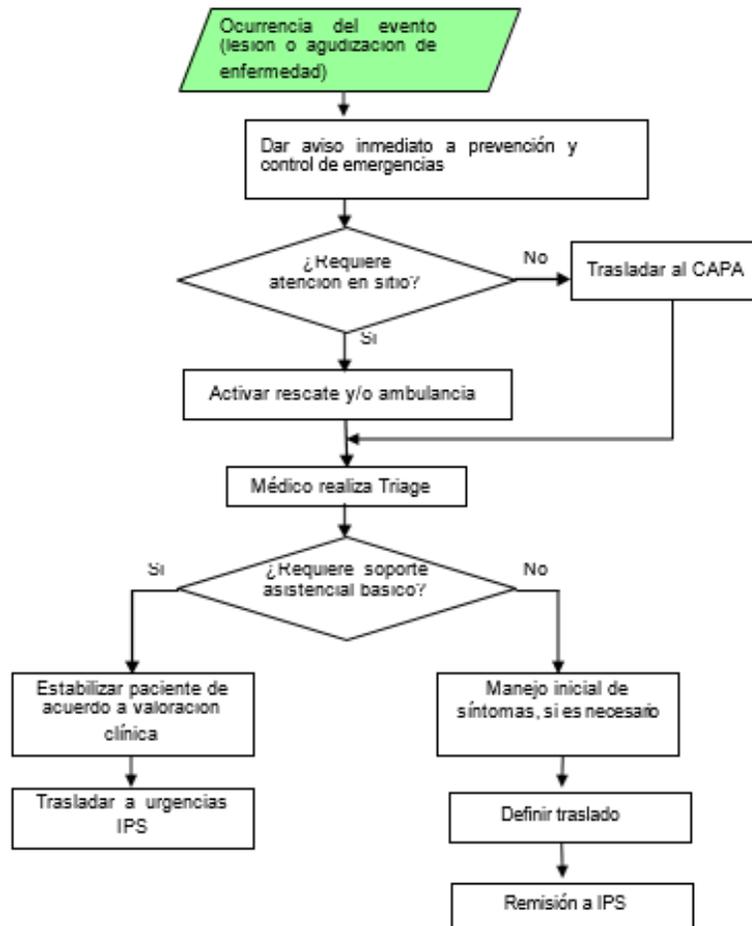
- **Atención Prehospitalaria (APH)**

Se prestará la atención de primeros auxilios en el sitio donde se requiera el servicio al personal propio y contratista de la GRC durante las 24 horas, 7 días a la semana. Adicional se contará con un servicio de Transporte de Ambulancia Medicalizada (TAB) para trasladar a trabajadores directos y contratistas lesionados o con afectación de salud a los Centros de Atención de Urgencias y Hospitalarios en los casos requeridos, según valoración médica y establecimiento de Triage.

El personal del CAPA, participará de forma activa en las fases de planeación, alistamiento, ejecución y cierre de las paradas y proyectos a través de la elaboración y seguimiento de los planes de respuesta de emergencias en la Refinería de Cartagena.

El personal del CAPA mantendrá comunicación permanente con la Coordinación de Prevención y Control de Emergencias y el Jefe de Turno, para el apoyo de las acciones requeridas durante la emergencia e interactuar con los servicios de salud de Ecopetrol S.A. (Regional de Salud Norte) para el adecuado manejo y remisión a los centros de la red de prestación de servicios de salud de Ecopetrol S.A. en los casos requeridos.

Figura 9-105 Flujograma Atención Pre- hospitalaria

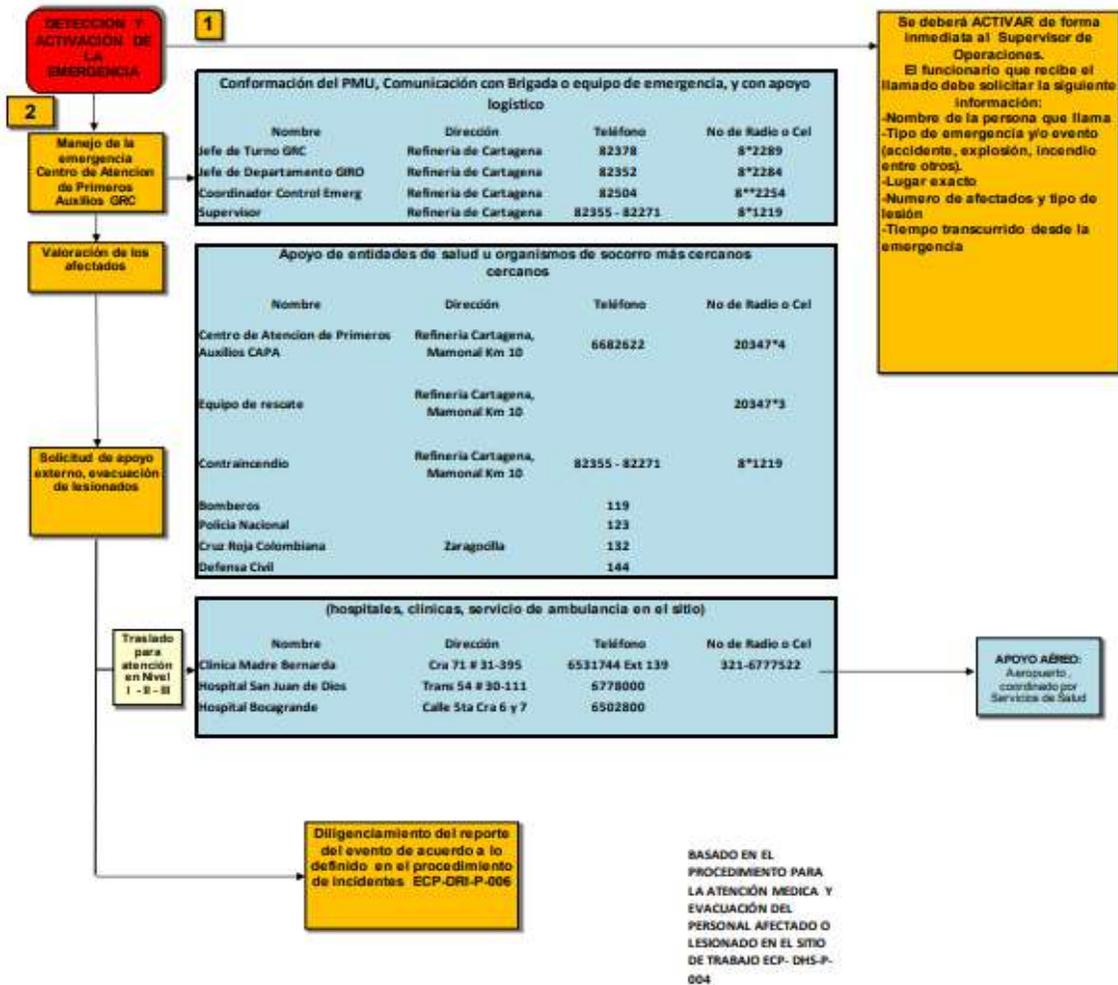


Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Proceso de Atención Pre-hospitalaria fuera de las instalaciones de la Refinería de Cartagena**

El siguiente flujograma describe el proceso seguido para el traslado de pacientes hacia la red externa hospitalaria.

Figura 9-106 Modelo de activación para emergencias médicas Refinería de Cartagena



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

- **Atención a Comunidades en Áreas de Afectación**

Si se ha identificado comunidad afectada o que pueda ser afectada por eventos originados en la operación, debe seguirse la siguiente estrategia general:

- Activación del Plan de Emergencias del Municipio o municipios involucrados. Se activará el Plan de Emergencias de Cartagena y dependiendo de las características de la emergencia podrán activarse el Plan de Emergencias de otros municipios.
- Suministrar la información de riesgo a las autoridades y entidades organizadas para las acciones de respuesta en los respectivos territorios.
- Realizar las acciones de control relacionadas con la mitigación en la fuente y posible control del producto en su trayectoria de derrame o escape.
- Estar a disposición de las autoridades para brindar apoyo a los territorios en el proceso de atención de la emergencia presentada en la comunidad, de acuerdo con

las necesidades y disposición de recursos.

Las comunidades cercanas a la refinería que eventualmente podrían resultar impactadas son:

- i. Pasacaballos
- ii. Policarpa
- iii. Membrillal
- iv. Arroz Barato
- v. Villa Hermosa, sector el Barril
- vi. Puerta de Hierro
- vii. Albornoz

#### **9.3.1.2.4 Emergencias Derivadas del Medio Socio – Ambiental**

Estas son las situaciones socio ambientales externas a la Refinería de Cartagena que ponen en riesgo su operación normal.

Para cualquier emergencia originada por orden público, acciones de la comunidad, acciones intencionales de terceros o eventos naturales se debe activar la respuesta a emergencias de la ciudad de Cartagena. Esta activación es independiente de si se requiere o no la participación de las entidades operativas o de fuerza pública.

En caso de emergencias originadas por la actividad de terceros se debe proceder con las acciones legales si existe o se presume una acción intencional.

Cuando el evento ha sido originado por una inundación, esta se considera de carácter generalizado, es decir, que puede estar afectando no solo a GRC sino a la comunidad del área cercana. Las acciones de control en este caso deben estar dirigidas a la atención a personas de manera prioritaria y el personal de operaciones deberá estar atento a la verificación de las condiciones de operación e integridad de la infraestructura, dependiendo del tipo de evento.

- i. Activación de la emergencia Grado Mayor definida en el presente plan (numeral 1.7.2.1)
- ii. Activación del Plan de Emergencia del Municipio. Se activará el Plan de Emergencia de la ciudad de Cartagena bajo todos los posibles escenarios.
- iii. Estar a disposición de las autoridades para brindar apoyo en el proceso requerido para la atención de la emergencia, de acuerdo con las necesidades y los recursos disponibles.

#### **9.3.1.2.5 Emergencias Operacionales**

Son todas aquellas desviaciones del proceso que generan una respuesta inmediata por parte del personal de operaciones con el propósito de evitar la ocurrencia de un evento no deseado.

En las emergencias operacionales se consigna las acciones iniciales para la atención del

evento como son: la notificación de la desviación, la verificación de las condiciones de proceso en consola o en campo, la notificación al jefe de turno, el desvío del flujo del equipo afectado hacia un equipo alterno, el aislamiento del equipo del resto del proceso, el alivio de presión hacia el sistema de Tea o el apagado de emergencia de la unidad, entre otros. En aquellos casos en que la desviación conduzca o pueda conducir a la generación de una emergencia se procederá a la notificación del evento al personal de CCN para el apoyo en la misma, indicando el tipo de evento amenazante y el sitio de ocurrencia de este. Cada unidad de proceso ha catalogado las diferentes emergencias de tipo operativo que pueden tener lugar y se encuentran consignadas en los Procedimientos Operacionales de Emergencias.

Independiente de si las emergencias operacionales generan estado de emergencia en otras plantas y áreas externas de GRC, deberá seguirse un procedimiento de respuesta que inicia en la planta, unidad o sistema afectado, acciones a cargo del grupo de operaciones.

El grupo de Brigadistas de turno del respectivo Departamento estará atento a su activación como grupo de respuesta en caso de una emergencia. En todos los casos debe avisarse a Control de Emergencias, quienes estarán preparados para apoyar a la respectiva unidad si es necesario.

#### **9.3.1.2.6 Control de Incendios**

La Refinería de Cartagena cuenta con personal competente disponible las 24 horas del día para prestar una respuesta oportuna a los diferentes tipos de eventos que puedan presentarse al interior de las instalaciones.

El personal de Prevención y Control de Emergencias se encuentra ubicado en el Edificio de Contraincendios de la refinería.

Adicional a contar con personal dedicado a la atención de emergencias, se cuenta con el soporte de la brigada industrial, conformada por 150 operadores que hacen parte de las diferentes unidades de proceso de la refinería, los cuales han recibido formación y entrenamiento en técnicas de control del fuego, manejo seguro de materiales peligrosos, rescate y APH. Este personal se encuentra disponible en cada una de las unidades de proceso las 24 horas y son los responsables de prestar la primera respuesta ante la materialización de un evento.

Dentro de los recursos disponibles para la atención de emergencias sobresale la red de agua contra incendios, la cual cuenta con un sistema de tuberías que interconecta las estaciones de bombeo ubicadas en Poza 4 (GRC), Dársenas y TNP – PLR compuesto por cuatro bombas de 3000 gpm ubicadas en el área de poza 4, dos bombas de 3000 gpm ubicadas en dársenas, interconectadas con el sistema contra incendio del PLR compuesto por cuatro (4) bombas de 3000 gpm. Además, se cuenta con dos bombas de 2000 gpm, ubicadas en el muelle de refinería. Cada sistema cuenta con una bomba eléctrica principal y bombas de apoyo diesel.

La estación de contra incendios cuenta con cinco (5) máquinas de combate de incendio y tres (3) máquinas nodrizas.

Las áreas operativas estarán en capacidad de responder a emergencias menores que puedan ser atendidas con acciones inmediatas por parte del grupo de operaciones y con los sistemas y equipos de su área. Se debe garantizar que el personal que labora en las áreas operativas tenga conocimiento y experiencia en manejo de los extintores para casos de incendios. Dentro de las principales consideraciones a aplicar en caso de incendios están las siguientes:

- i. Se debe evacuar inicialmente el área afectada y las áreas adyacentes a la zona afectada
- ii. Si el incendio escala a una fase declarada y con potencial de explosión se autorizará la evacuación de todas las plantas y edificios vecinos.

### 9.3.1.2.7 Control de Derrames

En caso de control de derrames debe verificarse la posibilidad de que este trascienda o pueda pasar los límites de GRC, ya que, en este caso, deberá activarse la respuesta de emergencias de la vicepresidencia de transportes (VIT) y verificar la necesidad de activar la respuesta a emergencias en otros municipios vecinos que estén dentro del área de afectación real o potencial.

**Tabla 9-110 Sitios Claves para el Control del Derrame**

| Nombre ficha de control  |
|--|
| Arroyo Grande Entrada a REFICAR  |
| Arroyo Grande Intersección Vía Mamonal                                       |
| Arroyo Propilco Intersección Vía Mamonal                                     |
| Arroyo Grande Intersección Puente Área 1000                                  |
| Piscina Pulmón Área 1000   |
| Canal de Vertimiento del STAR  |
| Cunetas Aguas Lluvias Entrada Contratistas                                   |
| Puente parte baja torre de comunicaciones                                    |
| Piscina Pulmón Área 1000   |
| Piscina Pulmón Área 3000   |
| Cunetas Aguas Lluvias Entrada Contratistas                                   |
| Punto de Control #1 STAR   |
| Punto de Control #2 STAR   |
| Punto de Control #3 STAR   |
| Punto de Control #4 STAR   |
| Punto de Control #5 STAR   |
| Punto de Control #6 STAR   |
| Entrada canal de Vertimiento STAR  |
| Salida canal de Vertimiento STAR   |
| Puente elevado ubicado a la entrada del área de contenedores de contratistas |
| Punto de Control Trampa de Coveñas   |
| Cuneta Sur Planta 21   |
| Nombre Ficha de Control  |
| Piscina A (NorteU-111)   |
| Piscina B (Este U-044)   |

| Nombre ficha de control        |
|--------------------------------|
| Piscina C (Este U-135 y U-136) |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

Información detallada y de gran relevancia en la atención de la emergencia se encuentra relacionada en las fichas de control de cada uno de los sitios claves incluidos en esta tabla.

### 9.3.1.2.8 Eventos Radioactivos

Las fuentes radioactivas se encuentran en las unidades U-100, U-111, U-044 y U-002. Estas fuentes se encuentran ubicadas dentro de los equipos de proceso en los instrumentos de medición, de acuerdo con la información consignada en los manuales de proceso de la unidad dentro de recipientes diseñados para contener este tipo de materiales y evitar afectar al personal.

Ante la eventualidad de una pérdida de contención del reservorio que contiene el elemento radioactivo, es necesario contar un elemento de protección personal especializado para proteger a las personas de la radioactividad.

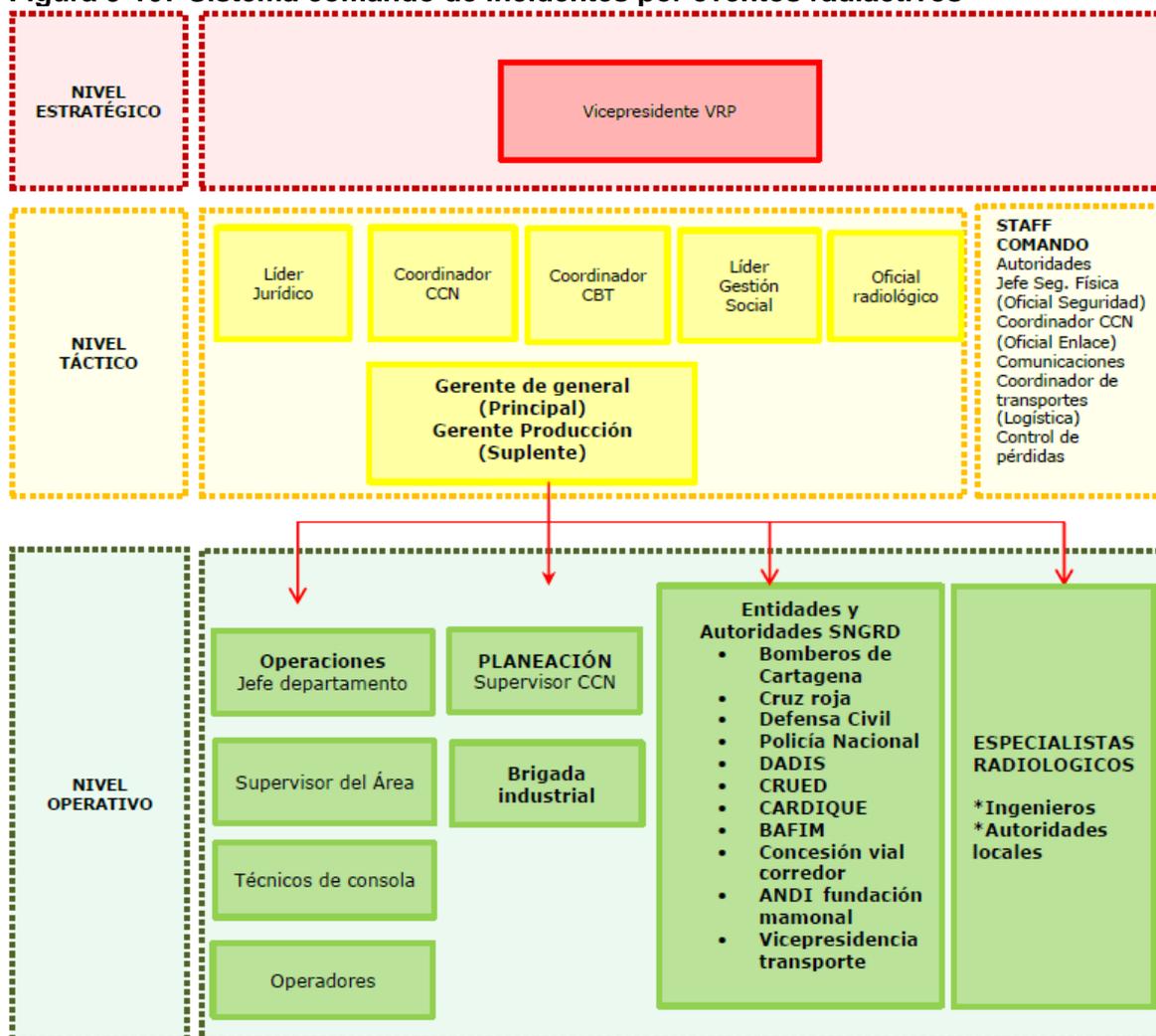
En caso de presentarse eventos que involucren materiales radiológicos se debe seguir el esquema de sistema de comando de incidente definido en el *Anexo 9.1. Plan de Emergencias y Plano de evacuación/ RFN-L-031 V3 rCP 05.05.2017*/y en la Figura 9-107, la cual permite apreciar que la refinería de Cartagena cuenta con un Oficial de Protección Radiológica y un staff de dos (2) Auxiliares Radiológicos para la atención de emergencias por evento radiactivo. En caso de presentarse una emergencia que involucren materiales radioactivos, el Oficial de Enlace activa el Plan de Emergencias de la GRC y coordina con la red de apoyo externo en caso de ser necesario. En la Tabla 9-111 se encuentra el directorio del personal disponible para la atención de eventos radiológicos.

**Tabla 9-111 Directorio para emergencias radiológicas**

| Funcionario   | Avantel / Teléfono   |
|---|----------------------|
| Plinio Uribarren<br>Oficial de Protección radiológica | 8*4435 / 3503037834  |
| Wilfrido Ibarra<br>Oficial de enlace                  | 8 *2254 / 3157368465 |
| Sonia Raquel Duarte<br>Auxiliar radiológico           | 8*4430               |
| Jasson Polo<br>Auxiliar radiológico                   | -                    |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

Figura 9-107 Sistema comando de incidentes por eventos radiactivos



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

### 9.3.1.2.9 Procedimientos Generales

- **Líneas de acción**

A continuación, se listan las acciones iniciales y finales que deben llevarse a cabo para la notificación, control y remediación acordes con la atención de un evento en la GRC.

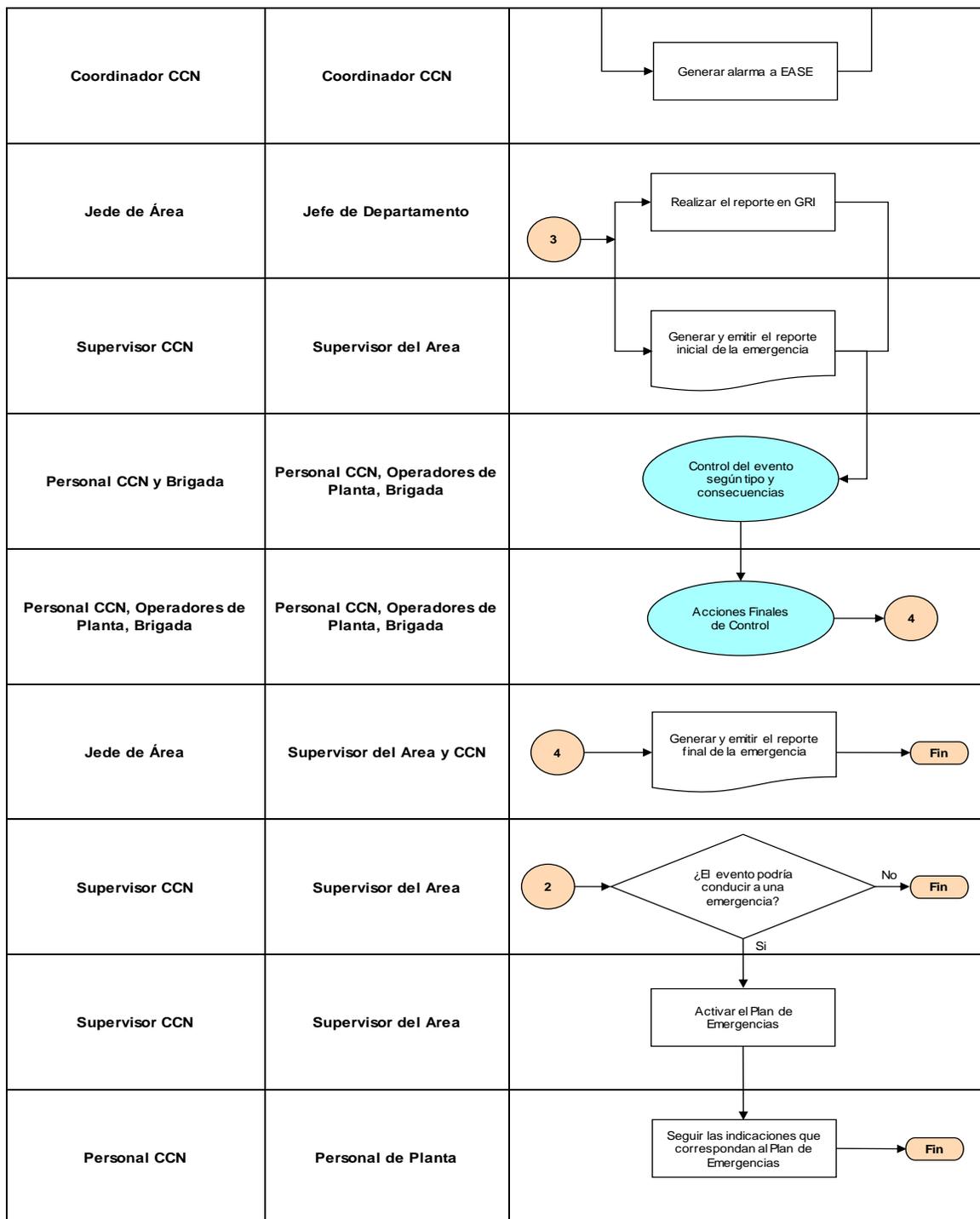
Adicional en el Anexo 9.7. PON, se presentan los Procedimientos Operativos Normalizados para los diferentes escenarios y unidades de procesos de la Refinería de Cartagena

#### Líneas de Acción General

La Tabla 9-112 muestra la línea de acción general para respuesta a emergencias, con los responsables en el área de servicios y en el área operativa.

**Tabla 9-112 Línea de Acción General**

| RESPONSABLE ÁREA DE SERVICIOS | RESPONSABLE ÁREA OPERATIVA             | ACTIVIDADES   |
|-------------------------------|--|---|
| Jefe de Área                  | Supervisor o Técnico de Consola        | Recepción del Aviso del Evento  |
| Personal de Área              | Operador de Campo o Técnico de Consola | Confirmación del Evento   |
| Supervisor CCN                | Supervisor                             | Generar alerta según Acuerdos de Servicio   |
| Personal CCN                  | Operador de Campo o Técnico de Consola | Acciones iniciales de Control   |
| Supervisor CCN                | Supervisor CCN                         | Notificación resiv y alarma   |
| Jefe de Área y Supervisor CCN | Supervisor del Área y CCN              | Evaluar evento  |
| Supervisor CCN                | Supervisor del Área                    | ¿El evento se considera una emergencia?   |
| Supervisor CCN                | Supervisor del Área y CCN              | Evaluar la emergencia (grado de emergencia, nivel de alarma, recursos requeridos y apoyo necesario en áreas de soporte) |
| Supervisor CCN                | Supervisor CCN                         | Activar el grupo de respuesta interno y externo   |
| Supervisor CCN                | Supervisor del Área y CCN              | Revisar declaración de emergencia   |

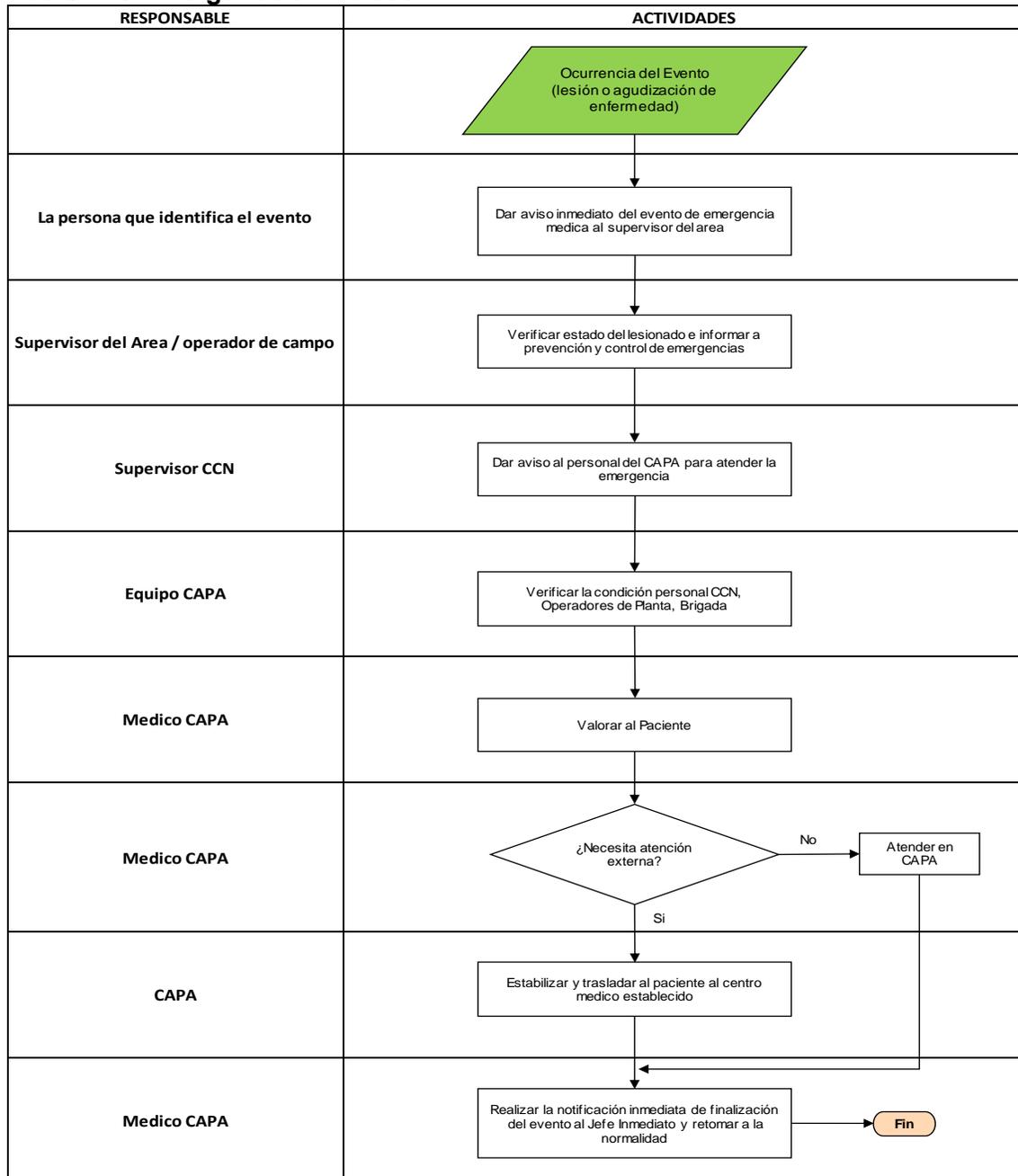


Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

### Emergencias médicas

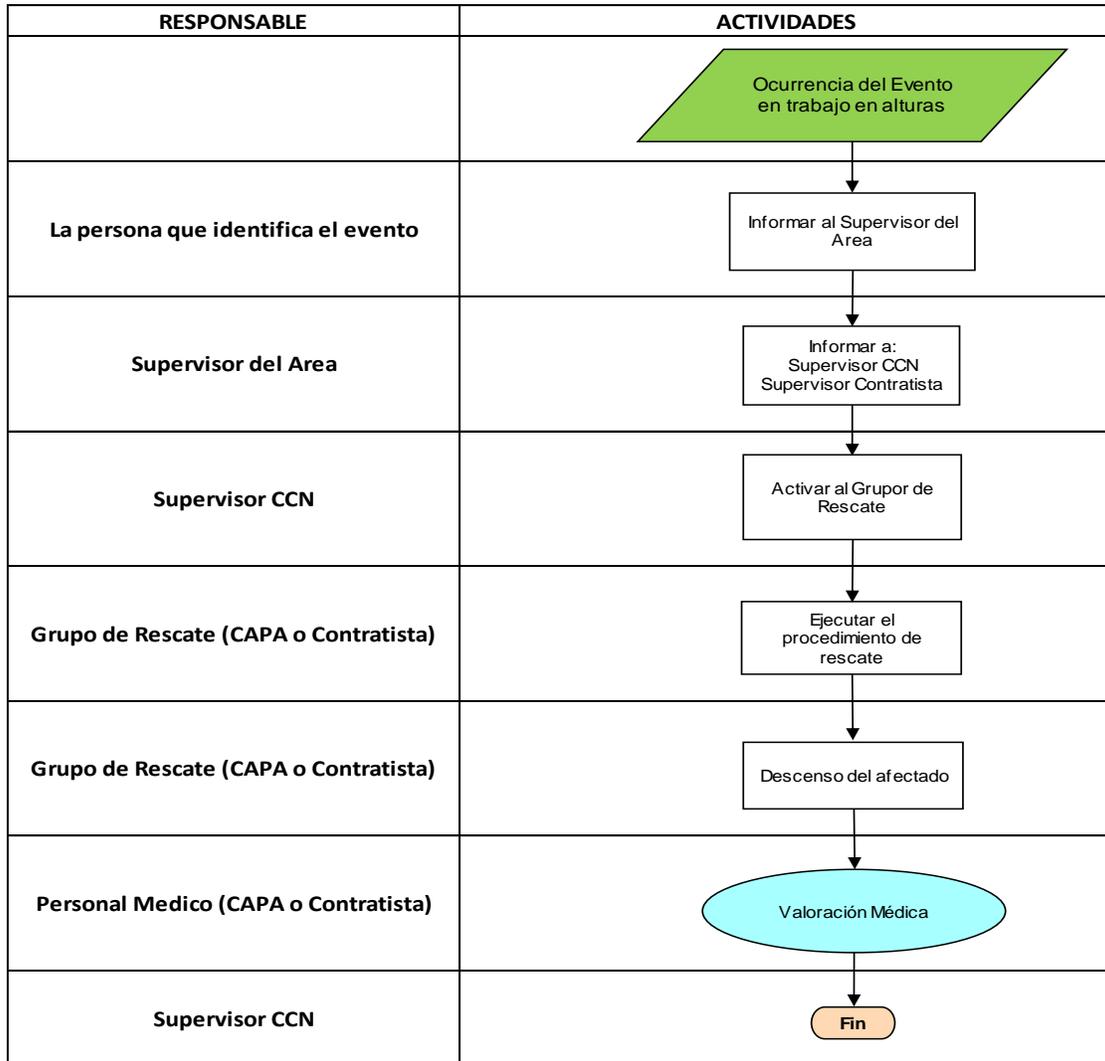
Con el fin de preservar la integridad del personal ajeno a la atención de la emergencia, la orden de evacuación parcial o total y la Atención Pre-hospitalaria del personal en GRC se realizarán en base a los siguientes escenarios.

**Tabla 9-113 Emergencias médicas**



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Tabla 9-114 Rescate en alturas**

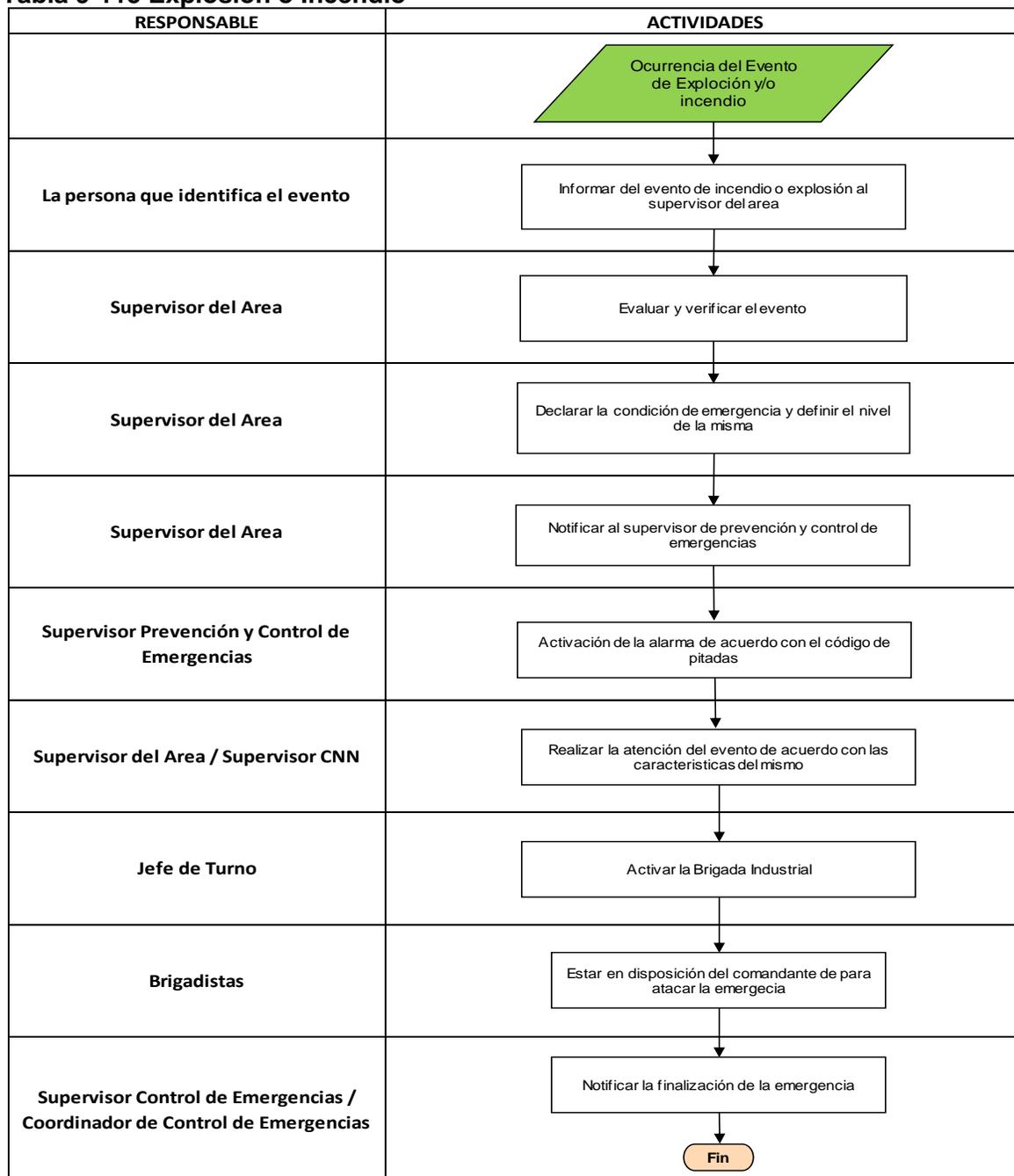


Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Explosión o Incendio**

Se evacuará inicialmente el área afectada y las áreas adyacentes a la zona afectada; Si el incendio escala a una fase declarada y con potencial de explosión se autorizarán la evacuación de todas las Plantas y Edificios vecinos.

**Tabla 9-115 Explosión o Incendio**



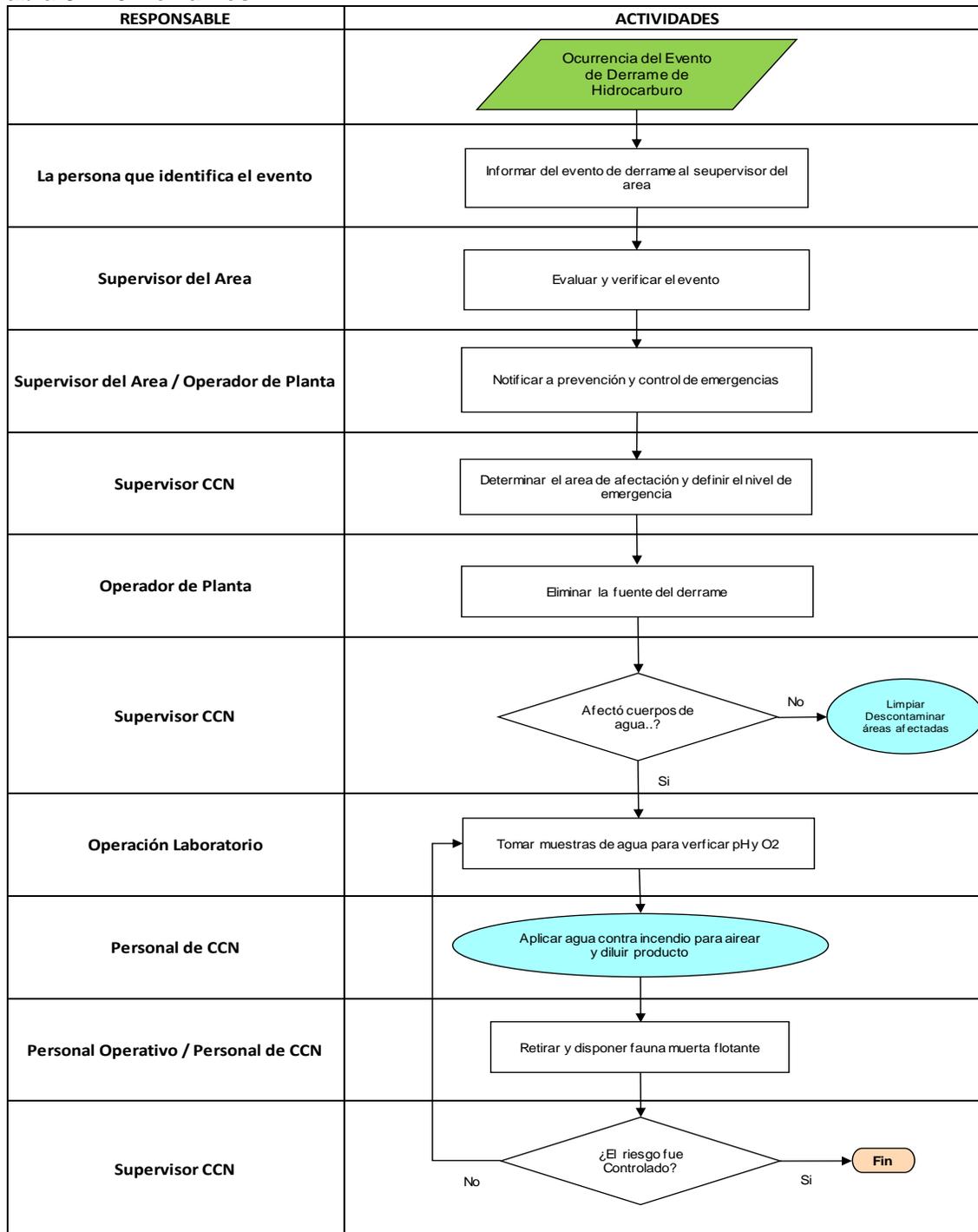
Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

### Derrames de combustibles

Evacuar el lugar y las zonas vecinas del derrame en caso de presentarse nube de vapores que afecten la integridad del personal. Si presenta la posibilidad de extenderse o producir daños más allá de la zona en donde se encuentra localizado, se deberán evacuar áreas

vecinas.

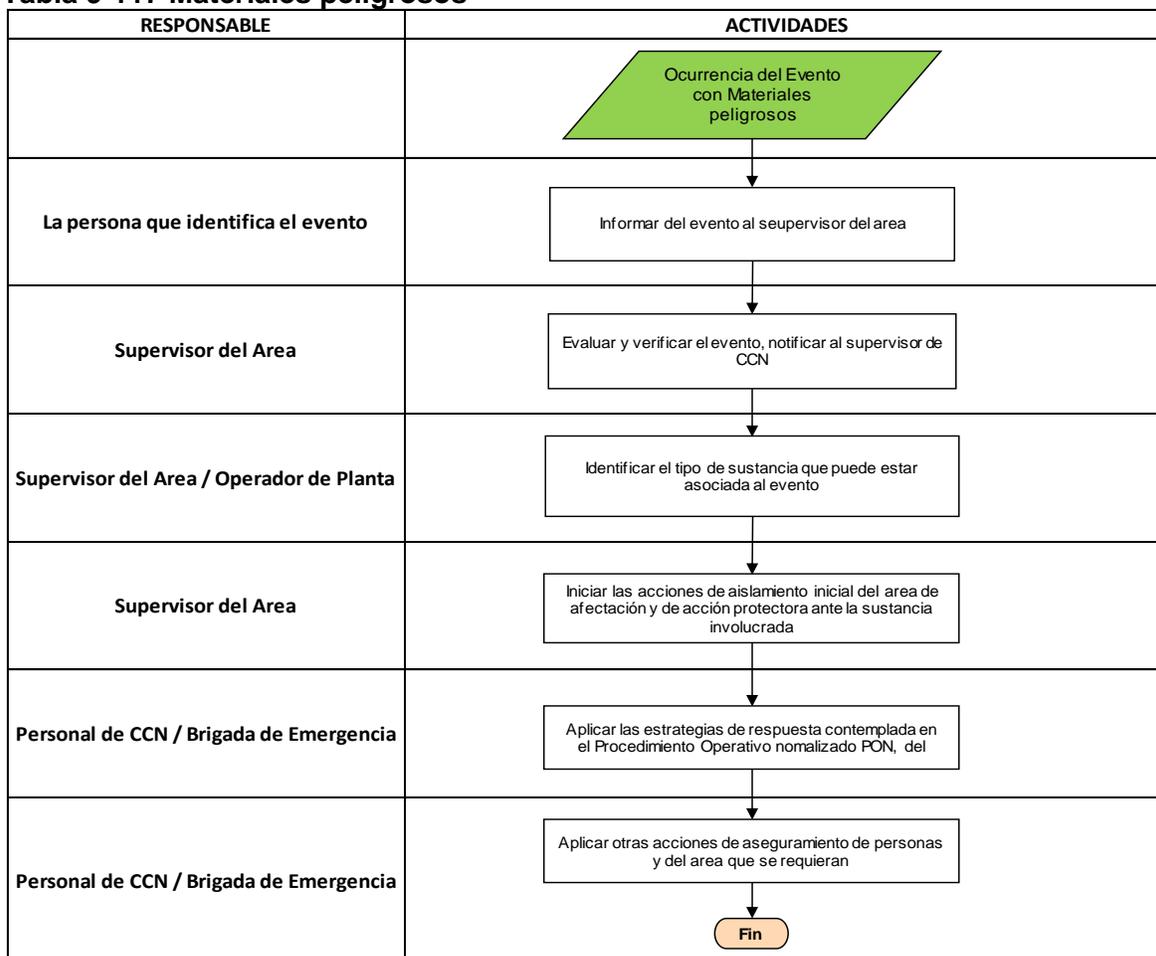
**Tabla 9-116 Derrames**



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

## Atención de emergencias con materiales peligrosos

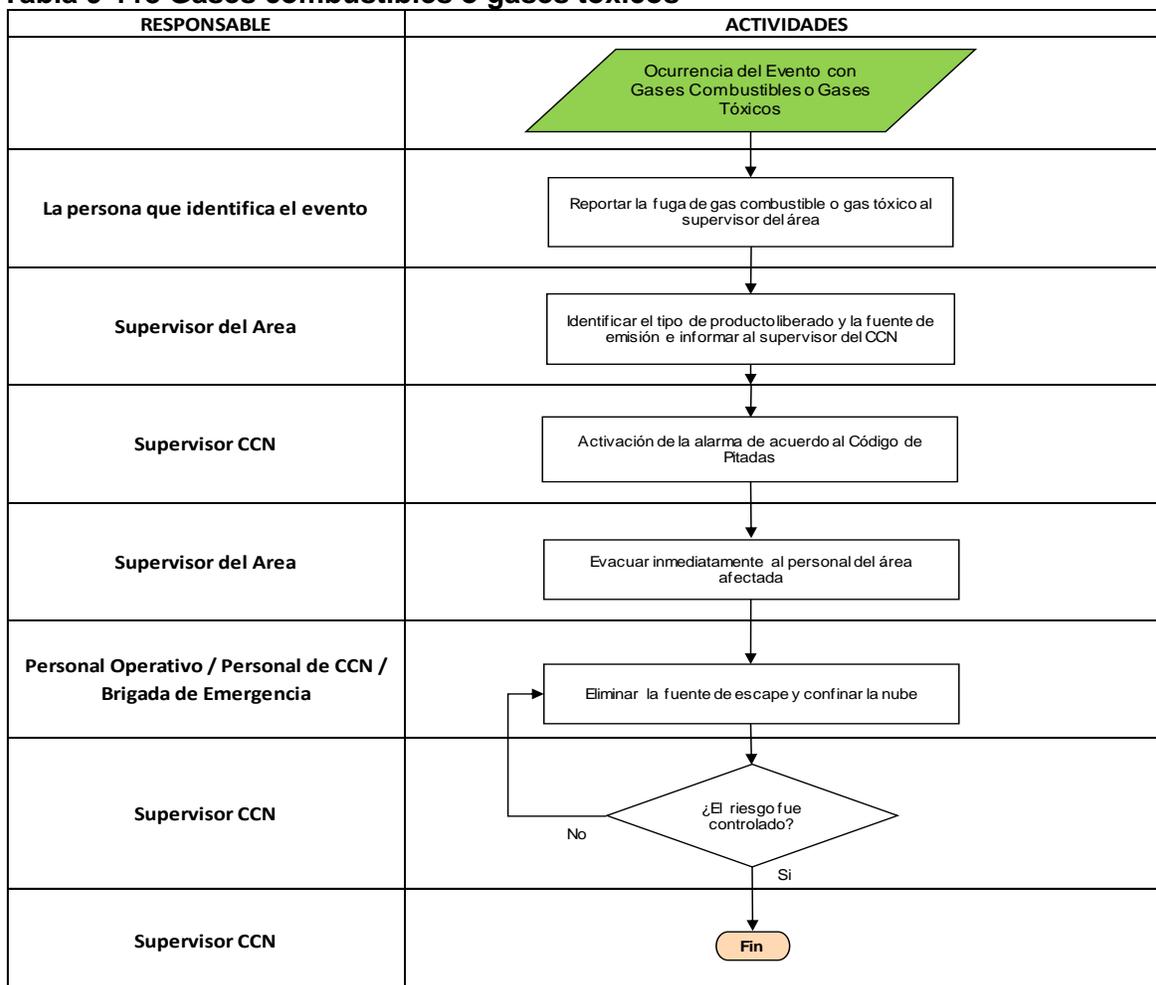
**Tabla 9-117 Materiales peligrosos**



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

### Gases combustibles o gases tóxicos

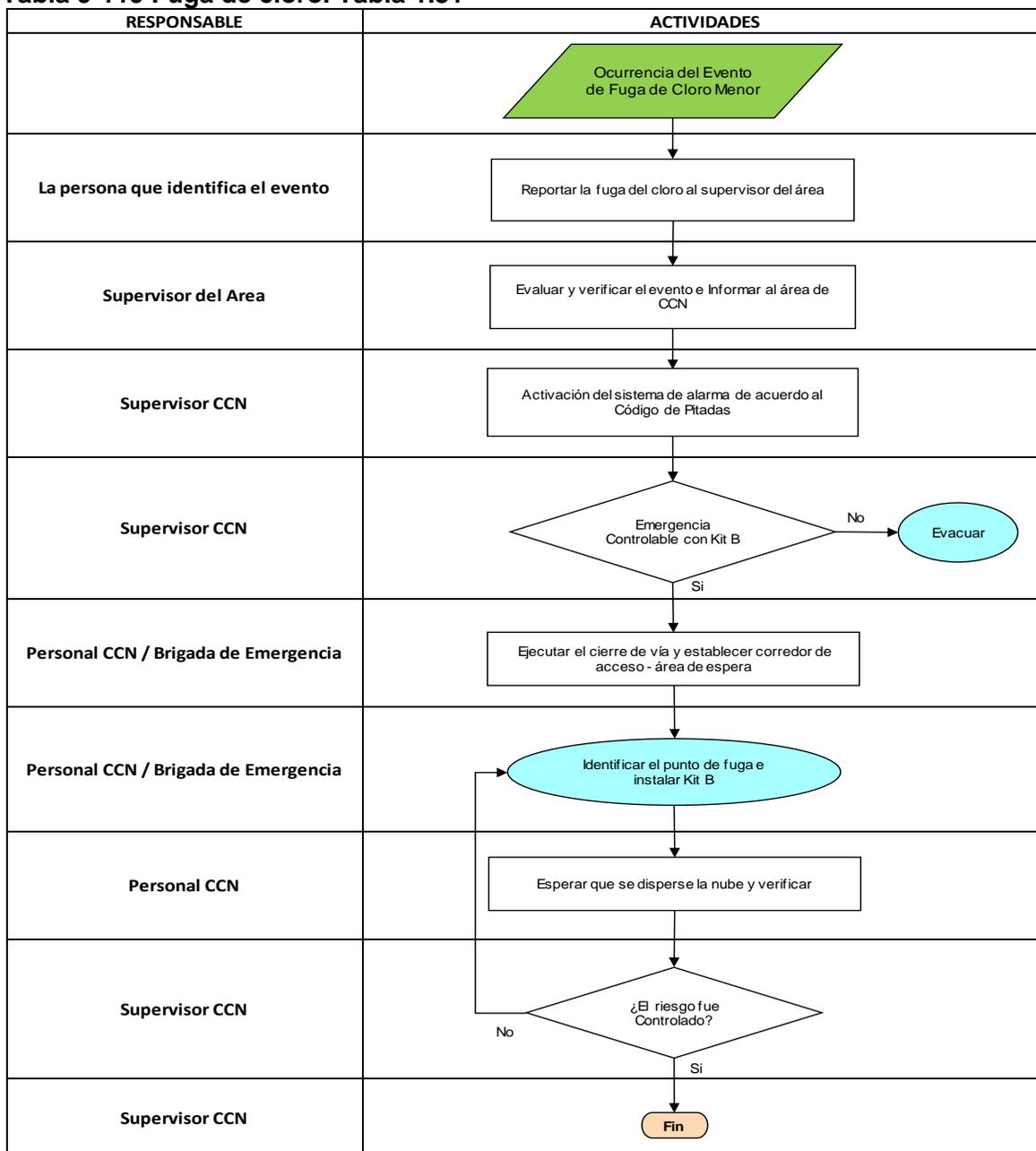
**Tabla 9-118 Gases combustibles o gases tóxicos**



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

## Fuga de Cloro

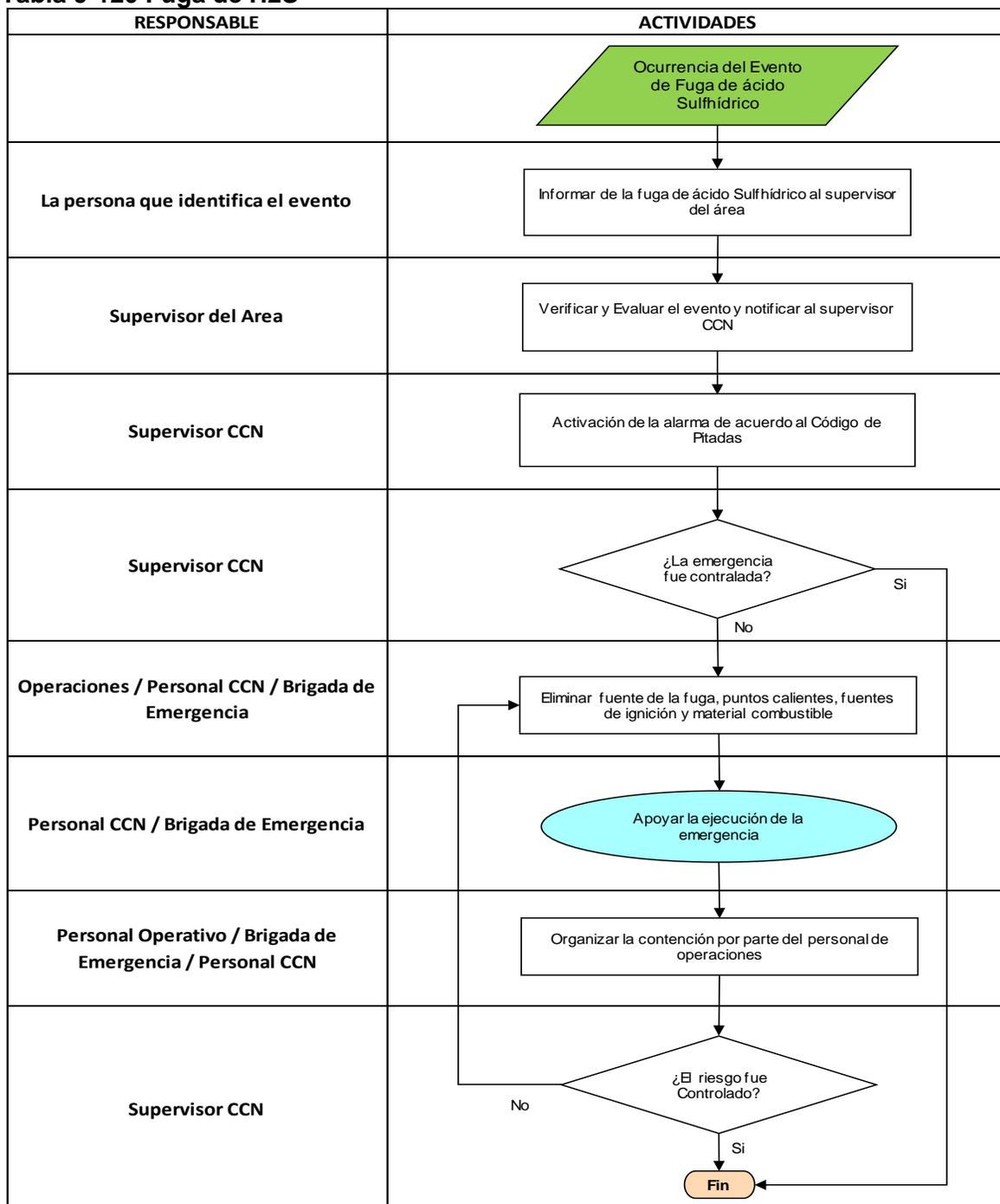
Tabla 9-119 Fuga de cloro. Tabla 1.31



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

## Fuga de Ácido Sulfhídrico

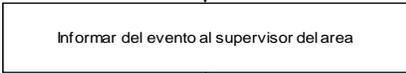
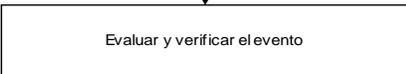
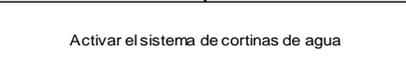
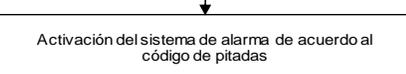
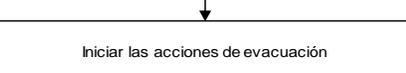
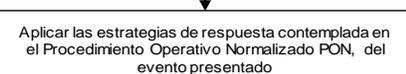
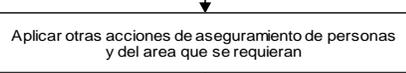
**Tabla 9-120 Fuga de H2S**



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

## Fuga de Ácido Fluorhídrico HF

**Tabla 9-121 Fuga de HF**

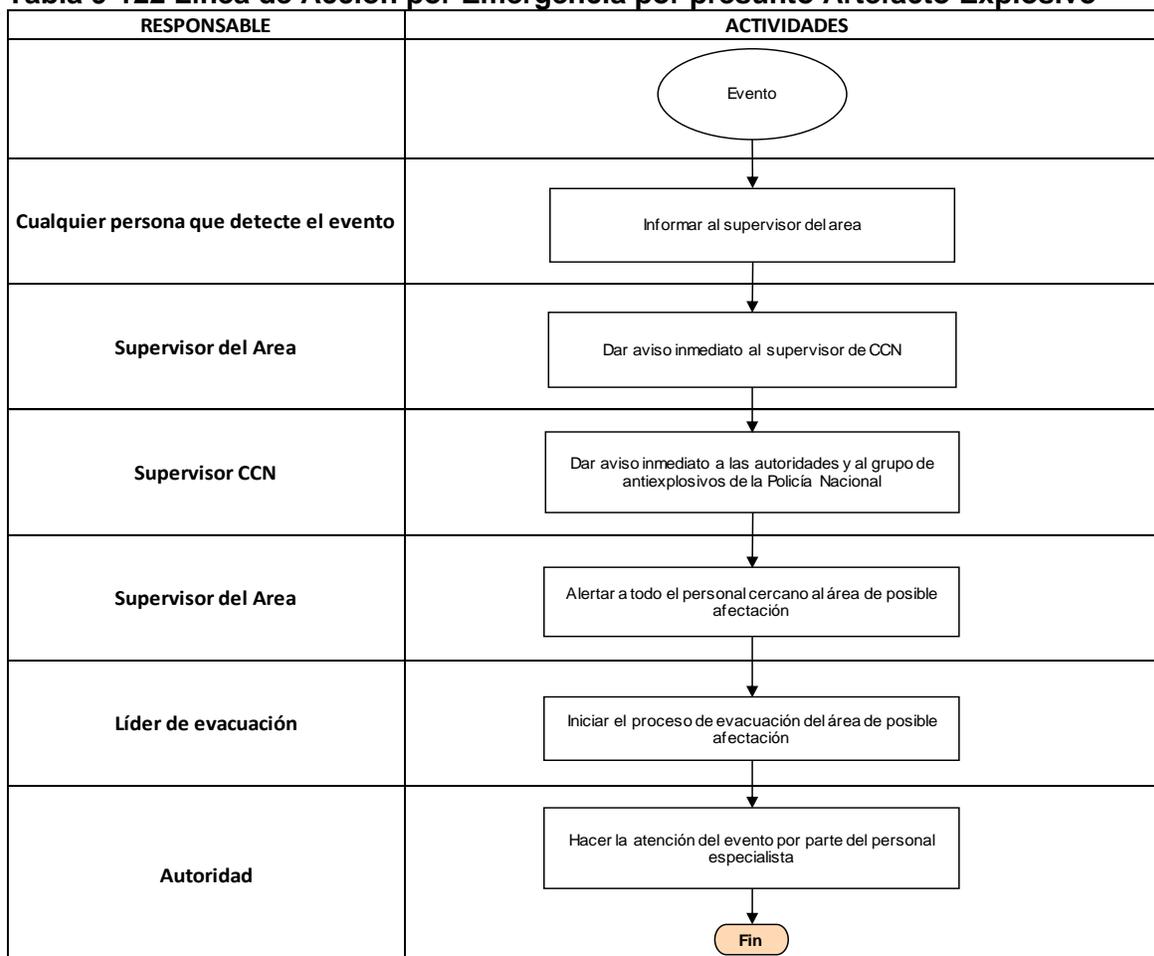
| RESPONSABLE   | ACTIVIDADES  |
|---|--|
|   |    |
| La persona que identifica el evento                   |    |
| Supervisor del Area                                   |    |
| Supervisor del Area                                   |    |
| Supervisor CCN  |    |
| Operaciones   |   |
| Operaciones / Personal de CCN / Brigada de Emergencia |  |
| Operaciones / Personal de CCN / Brigada de Emergencia |  |
|   |  |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

### Procedimiento ante una emergencia terrorista

Los Coordinadores de Seguridad Física y de Prevención y Control de Emergencias se mantendrán comunicados y liderando desde el Puesto de Comando de Incidentes las acciones de su competencia para la atención de la emergencia. Ante la amenaza por artefacto explosivo, si se conoce la ubicación del artefacto, a discreción se evacuará la zona amenazada. En caso contrario se mantendrá en estado de alerta al personal clave de la organización para activar las acciones de respuesta en las áreas más vulnerables de la refinería y de manera específica, la de evacuación.

**Tabla 9-122 Línea de Acción por Emergencia por presunto Artefacto Explosivo**

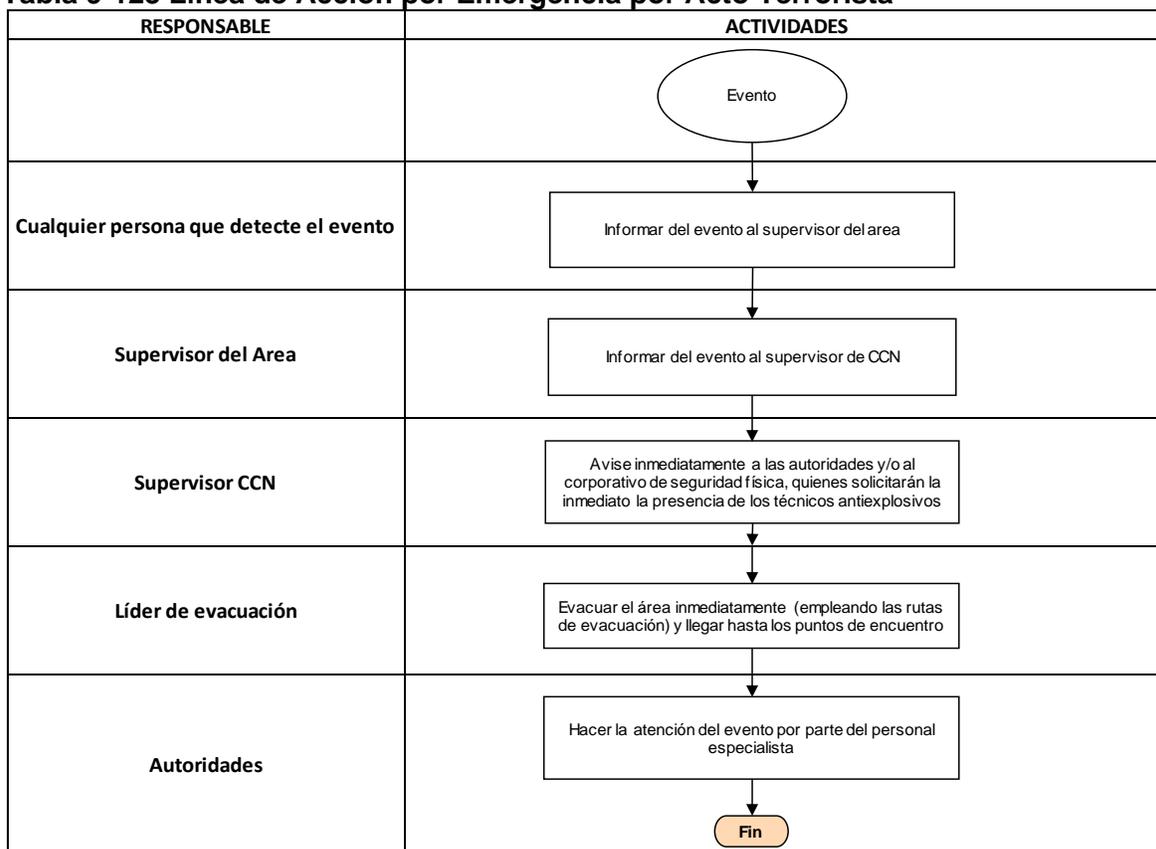


Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

### Explosión de artefacto explosivo

Presentada una explosión en el área de la Refinería, se evacuará totalmente el área afectada y las adyacentes, mientras se controlan los efectos del evento. El Comandante de Incidentes liderará las acciones pertinentes.

**Tabla 9-123 Línea de Acción por Emergencia por Acto Terrorista**



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Recomendaciones:**

- i. No correr y evitar actos que incrementen el pánico.
- ii. Jamás, durante la evacuación por alarma de acto terrorista, emplear celulares cerca de los paquetes sospechosos. Las ondas eléctricas o magnéticas que producen estos equipos podrían activar una carga explosiva.
- iii. Durante una evacuación no recoger paquetes, bolsas, u objetos que se encuentren en el camino.
- iv. Alejarse del posible vehículo o artefacto explosivo por el centro de las vías alejado de ventanales y cables de conducción eléctrica.

- **Procesos Iniciales**

### Recibo del Aviso del Evento

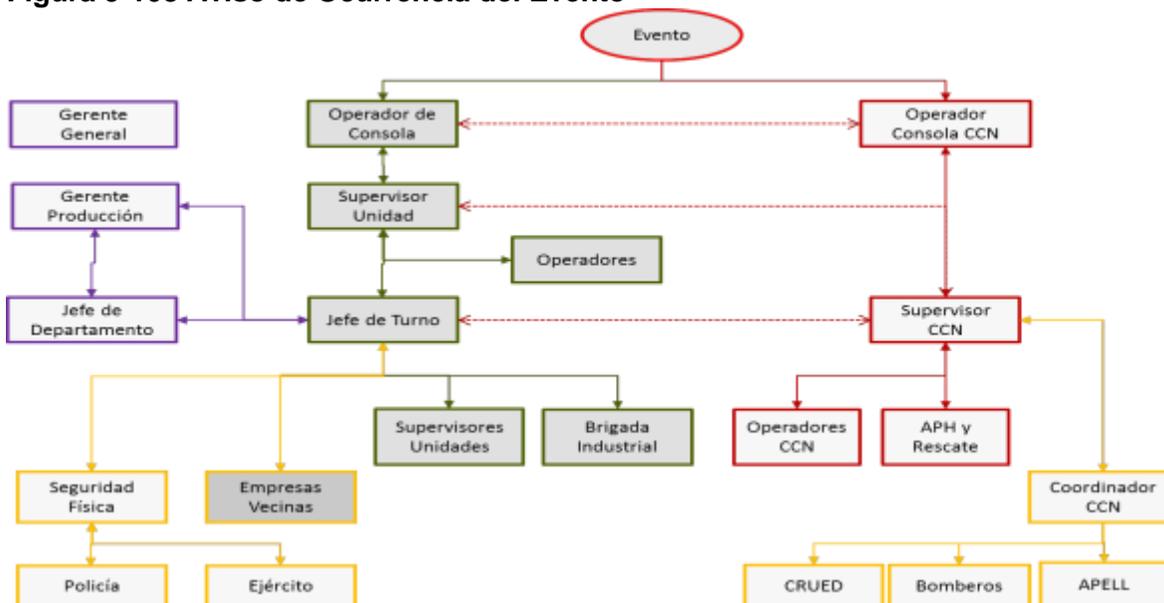
El procedimiento de aviso de una situación de emergencia en la GRC, incluye:

#### **Dar aviso inmediato**

Cualquier persona sea trabajador de GRC, contratista, tercero, visitante, que detecte alguna situación de emergencia, deberá **DAR AVISO INMEDIATO** al Supervisor o Encargado del área afectada, a la Coordinación de Prevención y Control de Emergencias, y/o Seguridad Física.

La Figura 9-108 muestra el esquema de aviso de ocurrencia de un evento en las Unidades Operativas y en las Áreas de Servicio.

**Figura 9-108 Aviso de Ocurrencia del Evento**



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

#### **Información Básica del Aviso**

La persona que reciba el aviso de la situación de emergencia debe solicitar al anunciante la siguiente información mínima:

- i. ¿Donde ocurrió el accidente o emergencia?
- ii. Descripción breve de la situación (Tipo de emergencia).
- iii. Número de personas lesionadas o fallecidas, si las hay.

Esta información deberá ser registrada en el Formato de Reporte de la Emergencia (Ver Formato ECP- DHS-F-089). Una vez superada la emergencia, los formatos deben enviarse a la Coordinación de Prevención y Control de Emergencias, para el correspondiente

análisis.

### **Informar al Encargado del Área afectada.**

Una vez recibido el aviso de la situación de emergencia, el personal de las dependencias que reciban el llamado: será el responsable por la verificación del aviso y evaluación del evento, el supervisor del área debe dar aviso al supervisor de prevención y control de emergencias.

### **Confirmación del Evento**

El Responsable o Encargado del área afectada, al recibir el aviso de una situación de emergencia en su área de trabajo, deberá realizar una inspección visual de la situación, desplazándose al sitio de la emergencia para verificar el aviso, valorar la magnitud y dimensionar las acciones requeridas para el manejo de la emergencia.

Realizada la inspección visual, el Encargado o Responsable del área afectada, determinará el tipo de emergencia y clasificará la emergencia en: emergencia grado menor, medio, mayor.

### **Notificación Masiva y Alarma**

Cuando se presente una emergencia se debe realizar la respectiva notificación: activación del canal de emergencias #78, tener en cuenta que el canal de emergencias es únicamente para la comunicación de un evento y la activación de la alarma acorde a los requerimientos y siguiendo lo establecido en la Guía ECP-DHS-G-018 “Guía de Notificación Masiva y Alarma en Situaciones de Emergencia”.

En cada actividad debe llevarse un registro permanente del personal que labora en las respectivas instalaciones operativas, administrativas o de desplazamiento de personal, con el objeto de poder tener un control eficaz en procedimientos de evacuación. Este registro de personal debe incluir la siguiente información por cada trabajador, contratista, o persona que ocupa un área operativa o administrativa, o en ruta de transporte:

- i. Nombre completo de la persona
- ii. Nombre de la empresa a la que pertenece
- iii. Nombre de la entidad promotora de salud (EPS)
- iv. Nombre de la administradora de riesgos Laborales (ARL)
- v. Grupo sanguíneo y factor RH
- vi. Información sobre alergias
- vii. Persona y teléfono en caso de emergencia

Todas las áreas deben tener definidas rutas de evacuación y puntos de encuentro adecuados a los eventos que se pueden presentar. Los puntos de encuentro deben estar señalados y las rutas deberán verificarse para cada emergencia y área de concentración de personal que deba evacuarse.

## Evaluación de la Emergencia

Una vez concluidas las labores de control y de acuerdo con el nivel de la emergencia, los responsables del informe conformarán un equipo de personas cuya función será analizar la respuesta a la emergencia y emitir las correspondientes recomendaciones para el mejoramiento continuo del proceso.

En la siguiente tabla, se relacionan los responsables por las funciones antes mencionadas.

**Tabla 9-124 Conformación Equipo Evaluador de la Atención de la Emergencia**

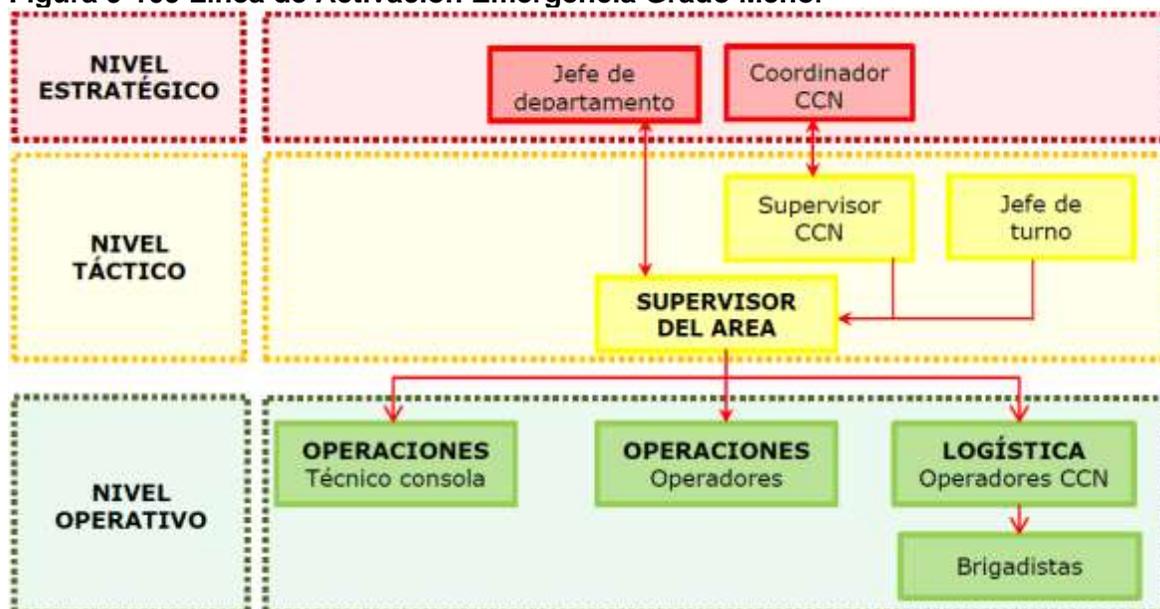
| NIVEL DE EMERGENCIA | RESPONSABLE                      | APOYO   |
|---------------------|----------------------------------|---|
| Menor               | Jefe Dpto./Supervisor del área   | Supervisor Prevención y Control de Emergencias  |
| Medio               | Gerente Producción/Jefe de Turno | Jefe D p t o . área afectada / Coordinador de Prevención y Control de Emergencias                                   |
| Mayor               | Gerente General                  | Gerente de producción /Jefe Dpto. área afectada / Coordinador de Prevención y Control de Emergencias/ Jefe de turno |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

## Activación de la Respuesta

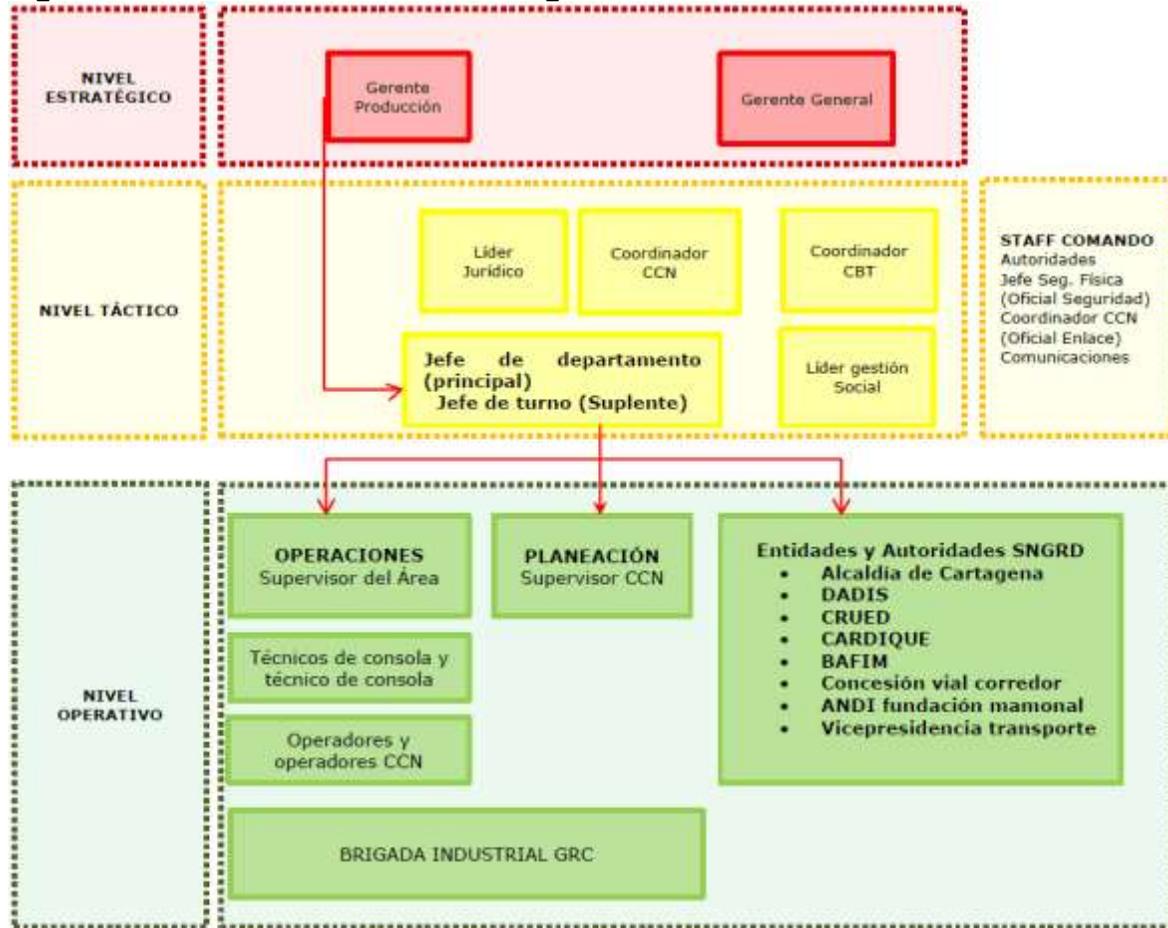
En el momento en que una emergencia es detectada, es necesario gestionar la movilización de recursos para verificar su ocurrencia e iniciar la atención del evento, movilización que se realiza a través de las líneas de activación que se muestran en las Figuras 1.9 a 1.12, según el grado de la emergencia que se presente.

**Figura 9-109 Línea de Activación Emergencia Grado Menor**



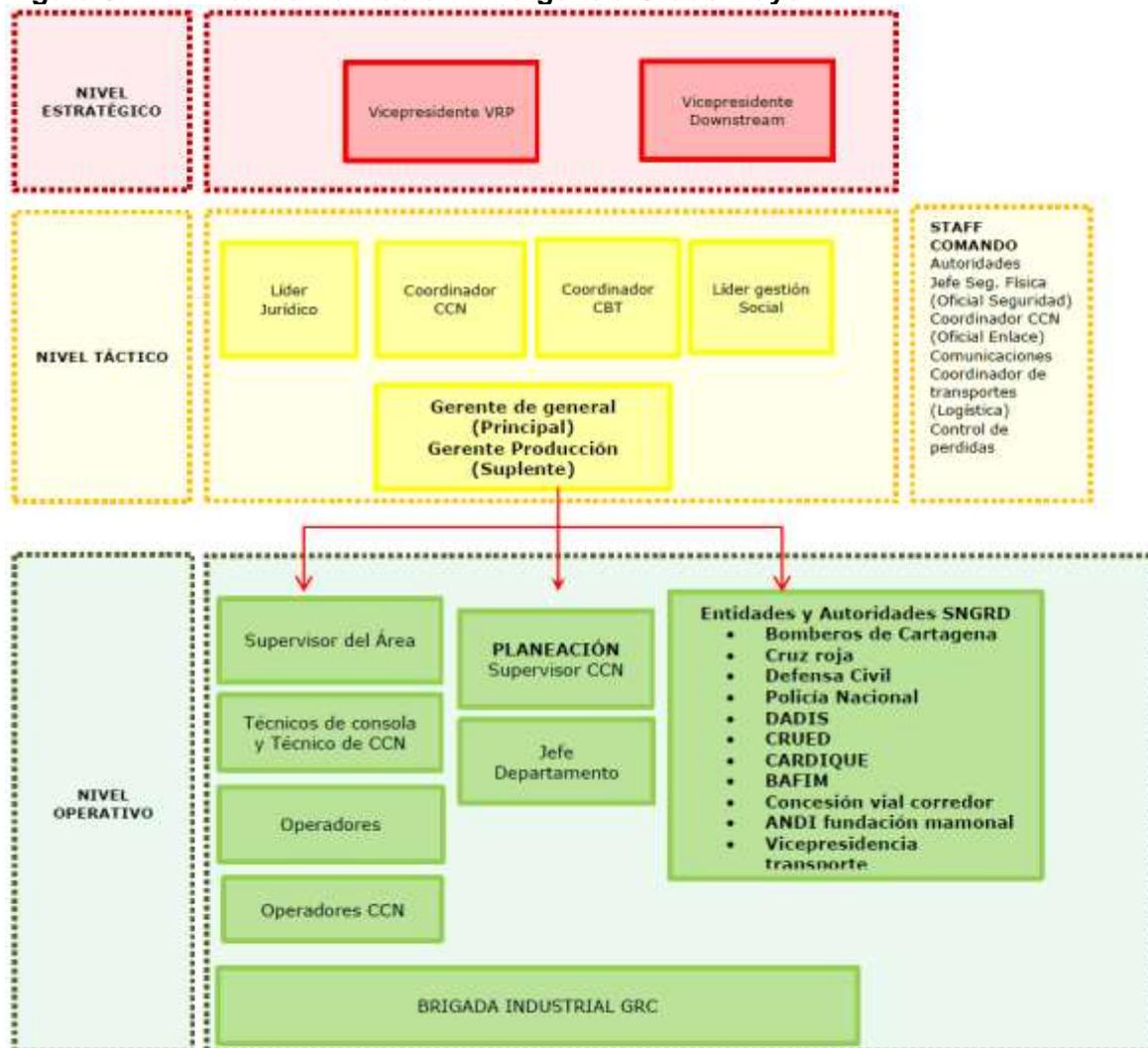
Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

Figura 9-110 Línea de Activación Emergencia Grado Medio



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

Figura 9-111 Línea de Activación Emergencia Grado Mayor

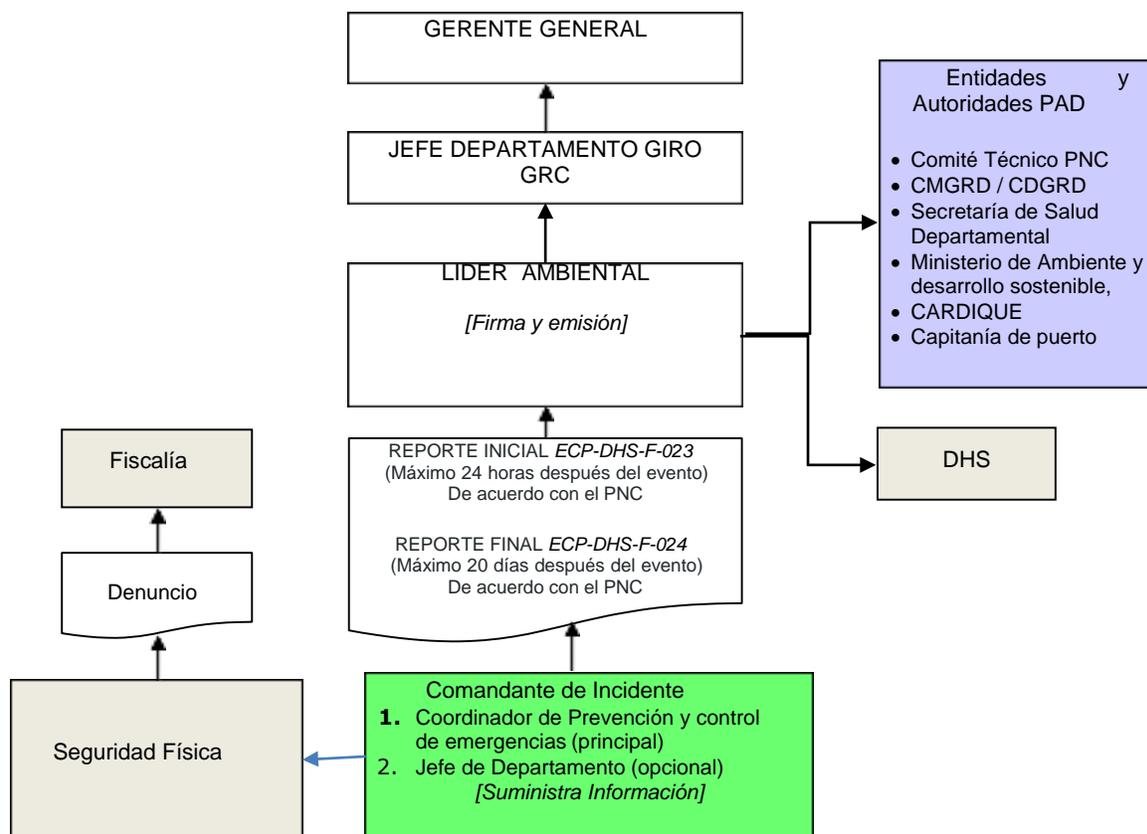


Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

### Reporte de Emergencia a Autoridades y Entidades

El reporte inicial del derrame debe ser presentado a las autoridades ambientales respectivas y deberá ser documentado en el formato ECP-DHS-F-023 Reporte Inicial de Derrame de Hidrocarburo, mientras que el informe final de la atención del derrame se desarrollará por medio del formato ECP-DHS-F-024 Reporte Final de Derrame de Hidrocarburos en caños.

Figura 9-112 Línea de Reporte de Emergencia por derrame en caños con afectación interna



Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

- **Fichas de Control**

En la Tabla 9-35 se mencionan las fichas de control con que cuenta la Refinería de Cartagena dentro y fuera de sus instalaciones con el objetivo de identificar las condiciones que puedan generar un posible incidente ambiental por derrame.

Tabla 9-125 Fichas de Control

| Tipo | Nombre Ficha de Control                     | No Control | Criticidad |
|------|---|------------|------------|
| PO   | Arroyo Grande Entrada a REFICAR             | PO01       | BAJA       |
| PO   | Arroyo Grande Intersección Vía Mamonal      | PO02       | ALTA       |
| PO   | Arroyo Propilco Intersección Vía Mamonal    | PO03       | ALTA       |
| PO   | Arroyo Grande Intersección Puente Área 1000 | PO04       | INTERMEDIA |
| PO   | Piscina Pulmón Área 1000                    | PO05       | ALTA       |
| PO   | Canal de Vertimiento del STAR               | PO06       | ALTA       |
| PO   | Cunetas Aguas Lluvias Entrada Contratistas  | PO07       | ALTA       |

| Tipo | Nombre Ficha de Control  | No Control | Criticidad |
|------|--|------------|------------|
| PO   | Puente elevado ubicado a la entrada del área de contenedores de contratistas | PO08       | ALTA       |
| PCi  | Piscina Pulmón Área 1000   | PC01       | ALTA       |
| PCi  | Piscina Pulmón Área 3000   | PC02       | ALTA       |
| PCi  | Cunetas Aguas Lluvias Entrada Contratistas                                   | PC03       | ALTA       |
| PCi  | Punto de Control #1 STAR   | PC04       | ALTA       |
| PCi  | Punto de Control #2 STAR   | PC05       | ALTA       |
| PCi  | Punto de Control #3 STAR   | PC06       | ALTA       |
| PCi  | Punto de Control #4 STAR   | PC07       | ALTA       |
| PCi  | Punto de Control #5 STAR   | PC08       | ALTA       |
| PCi  | Punto de Control #6 STAR   | PC09       | ALTA       |
| PCi  | Entrada canal de Vertimiento STAR  | PC10       | ALTA       |
| PCi  | Salida canal de Vertimiento STAR   | PC11       | ALTA       |
| PCi  | Cuneta Aguas Abajo Puente San Feliu  | PC12       | ALTA       |
| PCi  | Punto de Control Trampa de Coveñas   | PC13       | INTERMEDIA |
| PCi  | Cuneta Sur Planta 21   | PC14       | BAJA       |
| PCi  | Piscina A (NorteU-111)   | PC15       | ALTA       |
| PCi  | Piscina B (Este U-044)   | PC16       | ALTA       |
| PCi  | Piscina C (Este U-135 y U-136)   | PC17       | ALTA       |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

- **Sustancias Peligrosas**

En la siguiente tabla se relacionan las principales sustancias peligrosas y/o nocivas identificadas durante la operación de las distintas Unidades de la Refinería de Cartagena.

**Tabla 9-126 Relación de Sustancias Peligrosas**

| No | Sustancias Químicas Peligrosas GRC | Clasificación NFPA |                |             |          | Clasificación ONU  |
|----|------------------------------------|--------------------|----------------|-------------|----------|--|
|    |                                    | Salud              | Inflamabilidad | Reactividad | Especial |  |
| 1  | Dimetil de Sulfuro                 | 3                  | 4              | 0           |          | Clase 3. Líquidos Inflamables                            |
| 2  | Ácido Fluorhídrico                 | 4                  | 0              | 1           |          | Clase 8. Sustancias Corrosivas                           |
| 3  | Hidróxido de Potasio en Briquetas  | 3                  | 0              | 1           |          | Clase 8. Sustancias Corrosivas                           |
| 4  | Hidróxido de Potasio en Solución   | 3                  | 0              | 1           |          | Clase 8. Sustancias Corrosivas                           |
| 5  | Cal Apagada                        | 3                  | 0              | 0           |          | Clase 8. Sustancias Corrosivas                           |
| 6  | Aditivo Alkad-Betapicolina         | 3                  | 2              | 0           |          | Clase 3. Líquidos Inflamables                            |
| 7  | Soda Cáustica 50°Be                | 3                  | 0              | 1           |          | Clase 8. Sustancias Corrosivas                           |
| 8  | Ácido Sulfhídrico H <sub>2</sub> S | 4                  | 4              | 0           |          | Clase 2.3 Gases Tóxicos/<br>Clase 6.1 Sustancias Tóxicas |

| No | Sustancias Químicas Peligrosas GRC                 | Clasificación NFPA |                |             |          | Clasificación ONU   |
|----|--|--------------------|----------------|-------------|----------|---|
|    |  | Salud              | Inflamabilidad | Reactividad | Especial |   |
| 9  | Hidrógeno H <sub>2</sub>                           | 0                  | 4              | 0           |          | Clase 2.1 Gases Inflamables                                     |
| 10 | Metildietanolamina MDEA                            | 1                  | 3              | 0           |          | Clase 3. Líquidos Inflamables                                   |
| 11 | Percloroetileno                                    | 3                  | 1              | 0           |          | Clase 6.1 Sustancias Tóxicas                                    |
| 12 | Amoniaco   | 3                  | 1              | 0           |          | Clase 2.3 Gases Tóxicos/<br>Clase 8. Sustancias Corrosivas      |
| 13 | Dietanolamina                                      | 3                  | 1              | 0           |          | Clase 3. Líquidos Inflamables                                   |
| 14 | Polisulfuro de Amonio                              | 3                  | 1              | 1           |          | Clase 6.1 Sustancias Tóxicas                                    |
| 15 | Monoetanolamina MEA                                | 3                  | 1              | 0           |          | Clase 3. Líquidos Inflamables                                   |
| 16 | Ácido Sulfúrico                                    | 3                  | 0              | 2           |          | Clase 8.  |
| 17 | Cloro  | 4                  | 0              | 0           | OXI      | Clase 6.1 Sustancias Tóxicas                                    |
| 18 | NALCO 8558 / de Inhibidor corrosión                | 3                  | 1              | 0           |          | Clase 8. Sustancias Corrosivas                                  |
| 19 | 3DT198 / Inhibidor de corrosión                    | 3                  | 1              | 0           |          | Clase 8. Sustancias Corrosivas                                  |
| 20 | Amina Neutralizante/EC-1349A                       | 3                  | 2              | 0           |          | Clase 8. Sustancias Corrosivas                                  |
| 21 | Amina Fílmica/NALCO 7986; EC1010A                  | 3                  | 2              | 0           |          | Clase 8. Sustancias Corrosivas                                  |
| 22 | Marcador de Gasolina/Diésel                        | 3                  | 3              | 0           |          | Clase 3 Líquidos Inflamables/<br>Clase 8. Sustancias Corrosivas |
| 23 | UNISOL LIQUID BLUE A (Marcador de Diésel Marino)   | 1                  | 3              | 0           |          | Clase 3 Líquidos Inflamables                                    |
| 24 | Cloruro Férrico (Coagulante)                       | 3                  | 0              | 0           |          | Clase 8. Sustancias Corrosivas                                  |
| 25 | Ácido Fosfórico                                    | 3                  | 0              | 1           |          | Clase 8. Sustancias Corrosivas                                  |
| 26 | Hipoclorito de Sodio 12%                           | 3                  | 0              | 1           | OXI      | Clase 8. Sustancias Corrosivas                                  |
| 27 | Secuestrante de Oxígeno/Sulfito de Sodio NALCO 780 | 3                  | 0              | 0           |          | Clase 8. Sustancias Corrosivas                                  |
| 28 | Acetileno  | 0                  | 4              | 3           |          | Clase 2.1 Gases Inflamables                                     |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

### 9.3.1.2.10 Coordinación Operativa

En la Tabla 9-127 se presentan las acciones que debe realizar el personal con otras áreas operativas que puedan verse involucradas en los diferentes escenarios identificados en la

infraestructura.

**Tabla 9-127 Acciones de Coordinación Institucional<sup>4</sup>**

| Escenario   | Acción  | Responsable                                   |
|---|---|---|
| Salida de 2 Turbogeneradores simultáneamente          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informar a Jefe de Turno sobre la falla.</li> <li>• Informar a los Jefes de Departamentos sobre la salida de servicio de la Refinería</li> </ul>   | Departamento de Servicios Industriales        |
| Falla en el suministro de gas natural                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinar con servicios industriales el contacto con el proveedor para el restablecimiento del suministro del producto</li> <li>• Informar al Jefe de turno sobre la pérdida del suministro de gas natural</li> <li>• Informar a los Jefes de Departamento sobre la falla del suministro de gas natural</li> </ul> | Departamento de Servicios Industriales        |
| Retraso en la llegada de Buque tanque de Nafta Virgen | Solicitar a programación de la producción para suplir la demanda  | Departamento de Programación de la Producción |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

### 9.3.1.2.11 Convenios de Ayuda Mutua

A continuación, se describen los acuerdos o planes de ayuda mutua vigentes para la Refinería de Cartagena, relacionando las áreas, empresas o entidades con las cuales se han firmado estos acuerdos, al igual que un listado con las personas de contacto para su activación.

Se incluye los objetivos y alcance de estos acuerdos y planes de ayuda en la Tabla 9-128, Acuerdos y Planes de Ayuda Mutua.

**Tabla 9-128 Participantes del Acuerdo o Plan**

| Acuerdo o plan            | Entidades o empresas              | Responsables                                |
|---------------------------|-----------------------------------|---|
| Plan de Ayuda Mutua # 001 | ANDI – FUNDACIÓN MAMONAL          | Gerente General, Jefe GIRO, Coordinador CCN |
| Plan de Ayuda Mutua # 002 | Vicepresidencia de Transporte-VIT | Gerente General, Jefe GIRO, Coordinador CCN |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Tabla 9-129 Acuerdos y Planes de Ayuda Mutua**

| Acuerdo o plan            | Objetivo   | Alcance   |
|---------------------------|--|---|
| Plan de Ayuda Mutua # 001 | Establecer los Deberes y Derechos que regulan la Ayuda Mutua entre las empresas participantes en el comité de Seguridad Industrial de la ANDI Seccional Cartagena. | Empresas afiliadas a la ANDI Seccional Cartagena. |
| Plan de Ayuda Mutua # 002 | Establecer los Deberes y Derechos que regulan la Ayuda Mutua entre las empresas participantes  | Empresas participantes REFICAR y ECOPETROL        |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

**Tabla 9-130 Eventos Cubiertos por el Acuerdo o Plan**

| Acuerdo o plan               | Eventos cubiertos   | Recursos comprometidos  |
|------------------------------|---|---|
| Acuerdo de Ayuda Mutua # 001 | 1. Eventos tecnológicos   | 1. Personal y equipos   |
| Acuerdo de Ayuda Mutua # 002 | 1. Eventos tecnológicos<br>2. Traslado por emergencias médicas vía marítima | 1. Personal y equipos para atención de derrames<br>2. Piloto de la embarcación. |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

### 9.3.1.2.12 Etapa de recuperación

A continuación, se incluye una descripción de cómo se realizarán las actividades de evaluación de daños, actividades de rehabilitación del sistema, seguimiento al proceso de recuperación ambiental y la gestión social de la emergencia, usando la Tabla Actividades de la Etapa de Recuperación, la cual presenta una lista de las actividades mínimas a ser contempladas.

**Tabla 9-131 Actividades de la Etapa de Recuperación**

| Actividad  | Representante Ecopetrol S.A.          | Descripción de la actividad  |
|--|---------------------------------------|--|
| Evaluación de daños                              | Gestión de activos- Unidad de Riesgos |  |
| Rehabilitación del sistema                       | Gestión de activos                    |  |
| Seguimiento al proceso de recuperación ambiental | Líder Ambiental                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección y almacenamiento de residuos para su disposición final</li> <li>• Limpieza y habilitación de trampas y puntos de control</li> <li>• Revisión y habilitación de sistemas de protección y contención</li> </ul> |
| Seguimiento a la gestión social de la emergencia | Líder Gestión Social                  | Cuantificación económica de daños a personas, viviendas y Estructuras que permitan remediar los efectos de los daños debido a la emergencia.   |

| Actividad                 | Representante Ecopetrol S.A. | Descripción de la actividad |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Normalización del proceso | Jefe de Departamento         |                             |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

### 9.3.1.3 Plan Informativo

Como parte del plan informativo considerado en el presente Plan de Contingencia se relaciona a continuación la relación de contactos internos y externos para el manejo de la información, según los niveles de activación de las emergencias.

#### 9.3.1.3.1 Personal Interno

**Tabla 9-132 Personal**

| CARGO  | TELÉFONO | AVANTEL |
|--|----------|---------|
| Gerente General GRC                                    | 82586    | 8*3911  |
| Gerente de Producción                                  | 82584    | 8*2276  |
| Gerente Técnico  | 82592    | 8*2277  |
| Gerente de Mantenimiento                               | 82413    | 8*2285  |
| Coordinador de Seguridad Física                        | 82286    | 8*2297  |
| Comunicaciones   | 82496    | 8*277   |
| Jefe Dpto. Programación de la producción               | 82654    | 8*2281  |
| Jefe Dpto. de Gestión integral del riesgo operacional  | 82261    | 8*2284  |
| Coordinador de Gestión Integral del Riesgo Operacional | 82558    | 8*80    |
| Coordinador de Tratamientos Ambientales                | 82336    | 8*3904  |
| Coordinador de Prevención y Control de Emergencias     | 82504    | 8*2254  |
| Líder Ambiental  | 82818    | 8*4430  |
| Líder SISO   | 82341    | 8*2818  |
| Profesional de Salud GRC                               | 82929    | NO      |
| Custodio de Prevención y Control de Emergencias        | 82504    | 8*3202  |
| Jefe de Turno  | 6682378  | 8*2289  |
| CAPA APH   | 82622    | 20347*4 |
| CAPA Rescate   |          | 20347*3 |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

### 9.3.1.3.2 Grupos de Ayuda Mutua

**Tabla 9-133 Entidades de Ayuda Mutua**

| Nombre del acuerdo     | Participantes     |                      |                      |              |
|------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|--------------|
|                        | Empresa           | Nombre representante | Cargo                | Teléfono     |
| ANDI-Fundación Mamonal | Fundación Mamonal | Olga Lucia Ebratt    | Coordinadora General | 6686560/544  |
| ECOPETROL-VIT          | VIT               | Mauricio Cely        | Coordinador General  | Avantel: 103 |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

### 9.3.1.3.3 Grupos Externos

**Tabla 9-134 Entidades de Ayuda Externa**

| Entidad   | Teléfonos                                   |
|---|---|
| BOMBEROS (119)  | 6658039<br>Bgde./6550072/ 6600532 / 6620136 |
| CAPITANIA DE PUERTOS  | 6643237/7228/ 6125                          |
| Cruz Roja -- 132  | 6625267/6627202/200                         |
| Defensa Civil   | 6566183                                     |
| DATT Línea Efectiva 128   | 6564412                                     |
| Aeronaval del Caribe  | 6657686/65640 60                            |
| Estación Guardacostas C/gena (146)                              | 6654044/65503 16                            |
| CRUE -125   | 6697444                                     |
| Puesto Militar Mamonal  | 6685205                                     |
| Batallón de Fusileros de Inf. De Marina - BAFIM 2 Inteligencia) | 6656279                                     |
| Policía Metropolitana de C/gena.                                | 6609125/66091 24                            |
| Policía de Carreteras de Cartagena                              | 6607627                                     |
| Policía Metropolitana Distrito III                              | 6573800                                     |
| Antinarcóticos C/gena   | 6608162/6502444                             |
| Concesión Vial  | 6686249                                     |

Fuente: (Refinería de Cartagena S.A.S, 2019)

Información más detallada de estas entidades está consignada en el Anexo 9.8. Información Municipal, referente al PDGR de Bolívar y la estrategia de respuesta a emergencias de Cartagena, entre otros.