

# **TOMO II**

**CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O  
AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES**

**CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN AMBIENTAL**

**CAPÍTULO 6. ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL DEL  
PROYECTO**

**CAPÍTULO 7. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

**CAPÍTULO 8. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL  
PROYECTO**

**CAPÍTULO 9. PLAN DE CONTINGENCIA**

**CAPÍTULO 10. PLAN DE ABANDONO Y RESTAURACIÓN FINAL**



***ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA  
MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA DEL PROYECTO DE  
CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE PLANTAS NUEVAS EN  
LA REFINERÍA DE CARTAGENA***

***Agosto de 2008***



**TABLA DE CONTENIDO**

	pag.
4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACION DE RECURSOS NATURALES.....	15
4.1 Aguas superficiales.....	15
4.2 Aguas subterráneas.....	15
4.3 Vertimientos .....	15
4.3.1 Identificación y localización del cuerpo receptor.....	15
4.3.2 Sistema de tratamiento.....	17
4.3.2.1 Características de los efluentes y eficiencia del sistema de tratamiento ..	17
4.3.2.2 Sistema de recolección y tratamiento de efluentes.....	18
4.3.3 Uso eficiente del agua.....	28
4.3.4 Modelación de la dispersión de contaminantes en la Bahía de Cartagena.....	29
4.4 Ocupación de cauces .....	37
4.4.1 Diseño de la Rectificación de Curso del “Arroyo Grande”.....	37
4.4.1.1 Objetivo General: .....	38
4.4.1.2 Soporte de Diseño.....	39
4.4.1.3 Descripción Conceptual del nuevo trazado del Arroyo Grande. ....	45
4.4.1.4 Balance de Movimientos de Tierra.....	54
4.5 Materiales de Construcción .....	55
4.6 Aprovechamiento forestal .....	55
4.7 Emisiones atmosféricas .....	71



4.7.1	Identificación de las fuentes fijas de emisiones de la Refinería .....	71
4.7.2	Incidencia de las emisiones de la Refinería sobre la calidad del aire en la zona .....	74
4.7.3	Sistemas de tratamiento de emisiones atmosféricas .....	74
4.7.3.1	Manejo de gases de proceso .....	74
4.7.3.2	Control de emisiones de material particulado de las unidades de manejo de productos sólidos .....	78
4.7.3.3	Control de emisiones del regenerador del catalizador de la unidad de craqueo catalítico .....	79
4.7.3.4	Control de emisiones de los equipos de combustión externa .....	80
4.7.4	Modelación de la dispersión de las emisiones de la Refinería .....	80
4.7.4.1	Resultados de la modelación de la calidad del aire en la Zona Industrial de Mamonal .....	82
4.7.4.2	Resultados de la modelación de la calidad del aire de la Refinería de Cartagena .....	87
4.8	Residuos sólidos .....	89
4.8.1	Residuos que serán generados y manejo previsto .....	90
4.8.2	Tratamiento de residuos en el área de land-farming de la Refinería de Cartagena .....	93
4.8.3	Manejo y disposición final de residuos sobrantes de excavación .....	97
5.	EVALUACION AMBIENTAL .....	99
5.1	Metodología .....	99
5.2	Calidad ambiental actual del área de influencia directa de la Refinería de Cartagena .....	109
5.3	Identificación y evaluación de los impactos del proyecto de ampliación .....	113

5.3.1	Impactos previstos durante la fase de construcción.....	113
5.3.2	Impactos previstos durante la fase de operación .....	123
6.	ZONIFICACION DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO.....	132
7.	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	135
7.1	Marco normativo .....	135
7.2	Sistema de gestión Ambiental, de Seguridad e Higiene Industrial .....	136
7.3	Diagrama de Gestión Ambiental, de Seguridad e Higiene Industrial.....	138
7.4	Fichas de manejo ambiental para la construcción de la refinería. ....	142
7.5	Fichas de manejo ambiental para la operación de la refinería.....	187
8.	PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL PROYECTO .....	242
8.1	Monitoreo y control operativo.....	243
8.2	Monitoreo de componentes abióticos .....	245
8.3	Medio biótico.....	265
8.4	Medio socioeconómico.....	270
9.	PLAN DE CONTINGENCIA .....	280
9.1	Análisis de riesgos .....	280
9.1.1	Metodología de identificación y valoración de los riesgos .....	280
9.1.1.1	Concepto de gerencia del riesgo.....	280
9.1.1.2	Identificación y calificación de los riesgos en la Refinería de Cartagena .....	285
9.1.2	Peligrosidad de las sustancias que serán utilizadas o producidas en la Refinería de Cartagena .....	289
9.1.2.1	Inventario de sustancias.....	289



9.1.2.2	Peligrosidad de las sustancias.....	291
9.1.2.3	Incompatibilidades entre sustancias .....	308
9.1.3	Análisis de riesgos por operación.....	319
9.1.3.1	Identificación y calificación de los riesgos.....	319
9.1.4	Escenarios de riesgo .....	329
9.1.5	Plan de contingencia.....	335
9.1.5.1	Conclusiones.....	338
10.	Plan de abandono y restauración final.....	340
10.1	Programa de gestión social previo al abandono de la planta.....	341
10.2	Programa de manejo de inventarios y equipos en desuso .....	341
10.3	Programa de monitoreo ambiental para detección de pasivos ambientales. ....	342
10.4	Programa de recuperación y saneamiento ambiental de sitios contaminados en los terrenos de la refinería de Cartagena con ocasión del abandono de los terrenos de la misma. ....	343

## LISTA DE ANEXOS

	pag.
ANEXO 4-1 Archivo fotográfico del estado inicial del lote para el aprovechamiento forestal.	347
ANEXO 4-2 Datos de campo recolectados para cada parcela del aprovechamiento forestal.	358
Anexo 4-3 Apéndices del resultado de la simulación del modelo matemático de dispersión de contaminantes. (En formato Digital).	375

## LISTA DE FIGURAS

	pag.
Figura 4-1	Plano de ubicación del futuro punto de vertimiento de la Refinería de Cartagena..... 16
Figura 4-2	Configuración del futuro sistema de recolección, tratamiento y aprovechamiento de los efluentes de la Refinería de Cartagena..... 19
Figura 4-3	Esquema de ubicación de los elementos de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Refinería de Cartagena ..... 20
Figura 4-4	Localización del futuro punto de vertimiento de la Refinería de Cartagena ..... 29
Figura 4-5	Tiempo de residencia de los aceites y grasas (hidrocarburos) en la Bahía de Cartagena..... 33
Figura 4-6	Dispersión y difusión de sustancias – Escenarios 1, 2 y 8: Sin viento, caudal del Canal del Dique = 100 m <sup>3</sup> /s (escenarios 1 y 8) o 200 m <sup>3</sup> /s (escenario 2), marea ascendente (escenarios 1 y 2) o descendente (escenario 8)..... 34
Figura 4-7	Dispersión y difusión de sustancias – Escenario 3: viento 30° (NNE) 7 m/s, caudal del Canal del Dique = 100 m <sup>3</sup> /s, marea ascendente ..... 35
Figura 4-8	Dispersión y difusión de sustancias – Escenario 4: Viento 30° (NNE) 15 m/s, caudal del Dique = 100 m <sup>3</sup> /s, marea ascendente ..... 35
Figura 4-9	Dispersión y difusión de sustancias – Escenario 5: Viento 0° (N) 7 m/s, caudal del Dique = 100 m <sup>3</sup> /s, marea ascendente ..... 36
Figura 4-10	Dispersión y difusión de sustancias – Escenario 6: Viento 180° (S) 7 m/s, caudal del Dique = 100 m <sup>3</sup> /s, marea ascendente ..... 36
Figura 4-11	Dispersión y difusión de sustancias – Escenario 7: Viento 270° (W) 10 m/s, caudal del Dique = 100 m <sup>3</sup> /s, marea ascendente ..... 37
Figura 4-12	Curvas IDF de la Muestra ..... 43
Figura 4-13	Curvas de IDF generadas para condiciones extremas de caudales en la cuenca del arroyo grande ..... 44
Figura 4-14	Encauce del Arroyo Grande ..... 48
Figura 4-15	Sección Trapezoidal del Canal..... 50
Figura 4-16	Transición del Canal de sección Trapezoidal a una Rectangular..... 51
Figura 4-17	Sección Rectangular del Canal..... 51
Figura 4-18	Dimensiones previstas para un Box Culvert Típico..... 52

Figura 4-19	Ubicación de la refinería de Cartagena S.A. - REFICAR.....	55
Figura 4-20	Áreas de estudio y ubicación de las parcelas de muestreo al interior del matorral de los Terrenos de REFICAR.....	63
Figura 4-21	Diagrama de corrientes de la unidad de purificación de Hidrógeno (PSA) .....	77
Figura 4-22	Diagrama de corriente del sistema de control de emisiones del regenerador del catalizador de la unidad de craqueo catalítico.....	80
Figura 4-23	Ubicación de las fuentes fijas de emisión que fueron consideradas en la modelación de calidad de aire de la Zona Industrial de Mamonal.....	82
Figura 4-24	Importancia relativa de la Refinería de Cartagena respecto a emisiones de PM <sub>10</sub> .....	84
Figura 4-25	Importancia relativa de la Refinería de Cartagena respecto a emisiones de SO <sub>2</sub> .....	84
Figura 4-26	Importancia relativa de la Refinería de Cartagena respecto a emisiones de NO <sub>2</sub> .....	85
Figura 4-27	Distribución espacial del área de land-farming.....	94
Figura 4-28	Área de land-farming: foto de una de las piscinas de recuperación de hidrocarburos.....	95
Figura 4-29	Área de land-farming: foto y diagrama de flujo de un equipo “tricanter”.....	95
Figura 4-30	Área de <i>land-farming</i> : foto tomada durante la actividad de corte de capa superficial.....	96
Figura 5-1	Diagrama de flujo de las actividades de las obras de ampliación de REFICAR.....	114
Figura 5-2	Procesos operativos de la Refinería de Cartagena S.A., ampliada y mejorada.....	124
Figura 6-1	Identificación de áreas de Intervención y de Exclusión Ambiental. ....	133
Figura 8-1	Plano de ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de agua y sedimentos en la Bahía de Cartagena.....	250
Figura 8-2	Plano de ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad del aire .	260
Figura 8-3	Esquema de ubicación de las estaciones de monitoreo de ruido ambiental .....	261
Figura 8-4	Plano de ubicación de las estaciones de monitoreo de comunidades biológicas en la Bahía de Cartagena .....	267
Figura 9-1	Gerencia del riesgo.....	281

Figura 9-2	Elementos que se deben considerar en el análisis de riesgo en las actividades de ampliación y operación de la Refinería de Cartagena....	284
Figura 9-3	Matriz simplificada de incompatibilidades químicas general según las clases de peligrosidad ONU/IMDG de las sustancias.....	309
Figura 9-4	Desplazamiento de la mancha (en gris) y su posición final en la costa (en rojo) en el caso de los escenarios 1, 2 y 8 (condiciones de calma) .....	331
Figura 9-5	Desplazamiento de la mancha (en gris) y su posición final en la costa (en rojo) en el caso del escenario 3 (vientos moderados del nor-noreste) ...	332
Figura 9-6	Desplazamiento de la mancha (en gris) y su posición final en la costa (en rojo) en el caso del escenario 4 (vientos fuertes del nor-noreste) .....	332
Figura 9-7	Desplazamiento de la mancha (en gris) y su posición final en la costa (en rojo) en el caso del escenario 5 (vientos moderados del norte) .....	333
Figura 9-8	Desplazamiento de la mancha (en gris) y su posición final en la costa (en rojo) en el caso del escenario 6 (vientos moderados del sur).....	333
Figura 9-9	Desplazamiento de la mancha (en gris) y su posición final en la costa (en rojo) en el caso del escenario 7 (vientos fuertes del oeste) .....	334
Figura 9-10	Contenido del Plan Integral de Contingencia – REFICAR.....	336

## LISTA DE TABLAS

	pag.
Tabla 4-1	Características de los efluentes y del nuevo sistema de tratamiento de la Refinería..... 18
Tabla 4-2	Balance de masa y eficiencias de remoción de la futura planta de tratamiento de aguas residuales (época seca)..... 26
Tabla 4-3	Balance de masa y eficiencias de remoción de la futura planta de tratamiento de aguas residuales (época lluviosa) ..... 27
Tabla 4-4	Condiciones de vertimientos utilizadas en la modelación de dispersión y difusión de contaminantes en la Bahía de Cartagena..... 30
Tabla 4-5	Escenarios simulados para modelar la dispersión de sustancias en la Bahía de Cartagena..... 32
Tabla 4-6	Concentraciones previstas de contaminantes en la Bahía de Cartagena como producto del vertimiento continuo de los efluentes de la Refinería de Cartagena..... 34
Tabla 4-7	Registros Pluviométricos de Cartagena ..... 39
Tabla 4-8	CURVAS DE INTESIDAD DURACION PARA EVENTOS EXTREMOS ..... 42
Tabla 4-9	Caudales pico estimados para eventos de aguaceros máximos en el arroyo grande..... 45
Tabla 4-10	Presupuesto Base para la Modificación del Cauce ..... 49
Tabla 4-11	Balance de Movimiento de Tierras ..... 54
Tabla 4-12	Listado general de especies dentro del área de estudio..... 59
Tabla 4-13	Coordenadas en los vértices de las parcelas de muestreo ..... 65
Tabla 4-14	Resultados del análisis estadístico del inventario forestal. .... 67
Tabla 4-15	Fuentes fijas atmosféricas de la nueva configuración de la Refinería de Cartagena..... 72
Tabla 4-16	Límites permisibles de emisión a la atmósfera aplicables a las fuentes fijas de la Refinería de Cartagena (en mg/m <sup>3</sup> , a 25°C y 760 mm Hg), conforme las disposiciones de la Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial ..... 73
Tabla 4-17	Balance de generación de sulfuro de hidrógeno por parte de las diferentes de la Refinería de Cartagena ..... 74
Tabla 4-18	Balance de generación de amoníaco por parte de las diferentes de la Refinería de Cartagena..... 76
Tabla 4-19	Emisiones estimadas de las industrias de la Zona Industrial de Mamonal ..... 83
Tabla 4-20	Aportes de las emisiones actuales y futuras de la Zona Industrial de Mamonal (concentraciones máximas)..... 86
Tabla 4-21	Distancias y coordenadas donde se encontraron las mayores concentraciones por modelación de dispersión de aire de las fuentes fijas de la Zona Industrial de Mamonal ..... 87

Tabla 4-22	Aportes de las emisiones actuales y futuras de la Refinería de Cartagena en la calidad de aire de la Zona Industrial de Mamonal (concentraciones máximas).....	88
Tabla 4-23	Distancias y coordenadas donde se encontraron las mayores concentraciones por modelación de dispersión de aire de las emisiones de la Refinería.....	89
Tabla 4-24	Principales residuos que serán generados por la operación de la Refinería de Cartagena.....	91
Tabla 4-25	Resultados obtenidos en un área de tratamiento por land-farming (agosto de 2006).....	97
Tabla 5-1	Valoración conjugada de los impactos.....	109
Tabla 5-2	Identificación de aspectos e impactos asociados a la operación actual de la Refinería de Cartagena, sin su ampliación.....	110
Tabla 5-3	Resumen de la línea base en el área de influencia de la Refinería de Cartagena.....	112
Tabla 5-4	Calidad ambiental actual del área de influencia directa de la Refinería de Cartagena.....	113
Tabla 5-5	Identificación de impactos ambientales relacionados con la construcción de la Refinería de Cartagena.....	116
Tabla 5-6	Valoración de impactos ambientales generados durante las obras de ampliación de la Refinería de Cartagena.....	121
Tabla 5-7	Identificación de impactos ambientales relacionados con la operación de la Refinería de Cartagena ampliada y mejorada.....	125
Tabla 5-8	Valoración de los impactos ambientales de la operación de la Refinería de Cartagena, ampliada y mejorada.....	128
Tabla 7-1	Fichas de Manejo Ambiental para la construcción de la Refinería.....	140
Tabla 7-2	Fichas de Manejo Ambiental para la operación de la Refinería.....	141
Tabla 8-1	Monitoreo de control operativo del sistema de tratamiento de aguas residuales previsto para la fase de operación de la Refinería de Cartagena (Semestral).....	248
Tabla 8-2	Georreferenciación de las estaciones previstas de monitoreo de calidad de agua y sedimentos.....	251
Tabla 8-3	Facilidades previstas para el monitoreo de las fuentes fijas atmosféricas en la nueva configuración de la Refinería de Cartagena.....	256
Tabla 8-4	Georreferenciación de las estaciones previstas de monitoreo de calidad del aire.....	260
Tabla 8-5	Georreferenciación de las estaciones previstas de monitoreo de ruido ambiental.....	261
Tabla 8-6	Georreferenciación de las estaciones de monitoreo de calidad de agua y sedimentos previstas.....	268
Tabla 9-1	Calificación del Nivel de Deficiencia frente a las amenazas.....	287
Tabla 9-2	Calificación del Nivel de Exposición frente a las amenazas.....	287
Tabla 9-3	Calificación del Nivel de Probabilidad.....	287
Tabla 9-4	Significado de los diferentes niveles de probabilidad.....	288

Tabla 9-5	Calificación del Nivel de Consecuencia de un incidente .....	288
Tabla 9-6	Calificación del Nivel de Riesgo.....	289
Tabla 9-7	Significado del nivel de intervención.....	289
Tabla 9-8	Materia prima, insumos, productos intermedios y productos terminados por proceso .....	290
Tabla 9-9	Peligrosidad de los productos, productos intermedios, materias primas e insumos .....	292
Tabla 9-10	Valores máximas de exposición y efectos reportados según el <i>National Institute for Occupational Safety and Health</i> (NIOSH, Estados Unidos) y la <i>Occupational Safety and Health Administration</i> (OSHA, Estados Unidos).....	306
Tabla 9-11	Clases de peligrosidad ONU manejadas en y a proximidad de la Refinería de Cartagena.....	310
Tabla 9-12	Incompatibilidades químicas en sustancias de plantas vecinas y sustancias almacenadas en grandes cantidades en la Refinería de Cartagena.....	313
Tabla 9-13	Incompatibilidades químicas en unidades que utilizan monoetanolamina o dietanolamina .....	314
Tabla 9-14	Incompatibilidades químicas en la unidad de Kero Merichem .....	315
Tabla 9-15	Incompatibilidades químicas en la unidad de craqueo catalítico .....	315
Tabla 9-16	Incompatibilidades químicas en la unidad de coquización .....	316
Tabla 9-17	Incompatibilidades químicas en la planta de saturación de gas .....	316
Tabla 9-18	Incompatibilidades químicas en la unidad de reformado catalítico .....	317
Tabla 9-19	Incompatibilidades químicas en las plantas de Azufre .....	317
Tabla 9-20	Incompatibilidades químicas en la unidad de alquilación.....	318
Tabla 9-21	Incompatibilidades químicas en la planta de tratamiento de aguas residuales .....	318
Tabla 9-22	Incompatibilidades químicas en la planta de tratamiento de agua industrial .....	319
Tabla 9-23	Identificación de riesgos por unidades productivas .....	320
Tabla 9-24	Identificación de riesgos y medidas de prevención y de control – Fase de operación .....	321
Tabla 9-25	Calificación de riesgos – Fase de operación .....	327
Tabla 9-26	Escenarios simulados con las sustancias, variando los vientos, el caudal del canal del Dique y la fase de la marea (A – en ascenso; D – en descenso) .....	330

## LISTA DE PLANOS

	pag.
PLANO 4-1 Simulación de NO <sub>2</sub> , 1 hora – Mamonal condiciones actuales.	376
PLANO 4-2 Simulación de NO <sub>2</sub> , 24 horas – Mamonal condiciones actuales.	377
PLANO 4-3 Simulación de NO <sub>2</sub> , anual – Mamonal condiciones actuales.	378
PLANO 4-4 Simulación de NO <sub>2</sub> , anual – Mamonal condiciones actuales.	379
PLANO 4-5 Simulación de NO <sub>2</sub> , 24 horas – Mamonal condiciones futuras.	380
PLANO 4-6 Simulación de NO <sub>2</sub> , anual – Mamonal condiciones futuras.	381
PLANO 4-7 Simulación de NO <sub>2</sub> , 1 hora – REFICAR condiciones futuras.	382
PLANO 4-8 Simulación de NO <sub>2</sub> , 24 horas – REFICAR condiciones futuras.	383
PLANO 4-9 Simulación de NO <sub>2</sub> , anual – REFICAR condiciones futuras.	384
PLANO 4-10 Simulación de PM <sub>10</sub> , 24 horas – Mamonal condiciones actuales.	385
PLANO 4-11 Simulación de PM <sub>10</sub> , anual – Mamonal condiciones actuales.	386
PLANO 4-12 Simulación de PM <sub>10</sub> , 24 horas – Mamonal condiciones futuras.	387
PLANO 4-13 Simulación de PM <sub>10</sub> , anual – Mamonal condiciones futuras.	388
PLANO 4-14 Simulación de PM <sub>10</sub> , 24 horas – REFICAR condiciones futuras.	389
PLANO 4-15 Simulación de PM <sub>10</sub> , anual – REFICAR condiciones futuras.	390
PLANO 4-16 Simulación de SO <sub>2</sub> , 3 horas – Mamonal condiciones actuales.	391
PLANO 4-17 Simulación de SO <sub>2</sub> , 24 horas – Mamonal condiciones actuales.	392
PLANO 4-18 Simulación de SO <sub>2</sub> , anual – Mamonal condiciones actuales.	393
PLANO 4-19 Simulación de SO <sub>2</sub> , 3 horas – Mamonal condiciones futuras.	394
PLANO 4-20 Simulación de SO <sub>2</sub> , 24 horas – Mamonal condiciones futuras.	395
PLANO 4-21 Simulación de SO <sub>2</sub> , anual – Mamonal condiciones futuras.	396
PLANO 4-22 Simulación de SO <sub>2</sub> , 3 horas – REFICAR condiciones futuras.	397
PLANO 4-23 Simulación de SO <sub>2</sub> , 24 horas – REFICAR condiciones futuras.	398
PLANO 4-24 Simulación de SO <sub>2</sub> , anual – REFICAR condiciones futuras.	399



***CAPITULO 4: DEMANDA, USO,  
APROVECHAMIENTO Y/O  
AFECTACIÓN DE RECURSOS  
NATURALES***

***Agosto de 2008***

## **4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACION DE RECURSOS NATURALES**

### **4.1 Aguas superficiales**

El suministro de agua cruda para los procesos de la Refinería, preparación de agua industrial y desmineralizada, será realizado por ACUACAR S.A.- ESP, empresa con la cual se tiene un contrato. El consumo total de agua previsto alcanza los 5.174 GPM, o sea 28.200 m<sup>3</sup>/día, de los cuales 26 GPM (142 m<sup>3</sup>/día) se destinarán para uso de los trabajadores.

### **4.2 Aguas subterráneas**

No se realizará ningún consumo por aguas subterráneas, exploración de pozos, para el abastecimiento de los procesos de la Refinería.

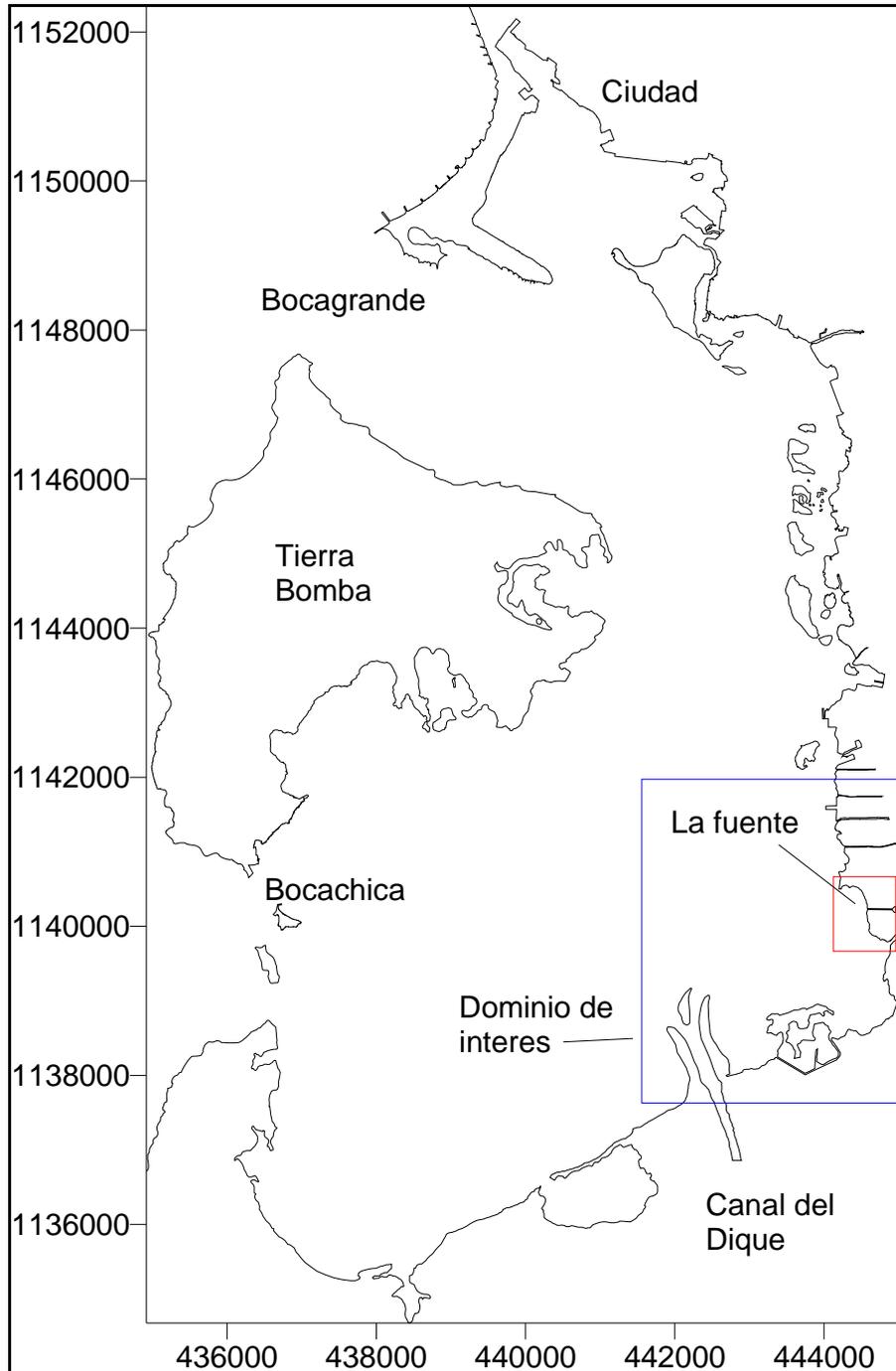
### **4.3 Vertimientos**

El vertimiento final de las aguas previamente tratadas, residual industrial y doméstica, será la Bahía de Cartagena. En esta sección, se realiza primero la caracterización de la Bahía de Cartagena, como cuerpo receptor del vertimiento, luego, se presenta el sistema de tratamiento de aguas residuales de la Refinería y la caracterización del efluente. En tercer lugar, se presenta la modelación realizada para este EIA sobre la dispersión de contaminantes en la Bahía de Cartagena.

#### ***4.3.1 Identificación y localización del cuerpo receptor***

El vertimiento de aguas residuales, industriales y domésticas, tratadas se realizará a la Bahía de Cartagena, en el actual punto de descarga de la Refinería, cuyas coordenadas son 10°18'52.78" N, 75°30'21.98" O, como se puede apreciar en la figura siguiente:

**Figura 4-1** Plano de ubicación del futuro punto de vertimiento de la Refinería de Cartagena



Las aguas lluvias, no contaminadas, serán descargadas a la Bahía de Cartagena por medio del Arroyo Grande, el cual atraviesa los predios de la Refinería.

– Usos del recurso agua - aguas abajo del sitio de vertimiento (Bahía de Cartagena)

Los principales usos del agua en la Bahía de Cartagena son los siguientes:

- medio para el transporte de carga,
- cuerpo de agua receptor de aguas residuales industriales,
- cuerpo de agua receptor de aguas residuales domésticas,
- cuerpo de agua receptor de lixiviados de basuras.

– Calidad físico - química de la fuente receptora

En el Capítulo 3 de este EIA se presentaron los resultados de los monitoreos realizados sobre la calidad fisicoquímica y biológica de la Bahía de Cartagena, realizados por el INVEMAR en 3 épocas, con distinta estación, durante el año.

– Capacidad de asimilación de la fuente receptora

Debido al gran volumen de agua que contiene la Bahía de Cartagena, ésta ofrece, como cuerpo receptor, una capacidad de asimilación, aún para concentraciones mayores a las previstas para este proyecto. El régimen de corrientes y de vientos, permite, así mismo, asegurar una adecuada dispersión de los contaminantes. Lo anterior se sustenta, para este EIA, mediante la modelación de dispersión y difusión de contaminantes, la cual se presenta en la sección 4.3.3. Los contaminantes que para el proyecto se registran son los siguientes:

- Hidrocarburos totales, como aceites y grasas,
- Fenoles,
- Nitrógeno amoniacal (amonio y amoníaco),
- Sulfuros.

De acuerdo con los monitoreos realizados por el INVEMAR en el marco del proyecto, no se prevé un efecto acumulativo significativo en la contaminación generada por los efluentes de la Refinería.

#### **4.3.2 Sistema de tratamiento**

##### **4.3.2.1 Características de los efluentes y eficiencia del sistema de tratamiento**

La tabla 4-2 presenta las principales características de los efluentes y los indicadores de eficiencia, previstos para la planta de tratamiento, ello, conforme a lo establecido por el Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud y por la Resolución 167 de 1993 de Cardique:

**Tabla 4-1 Características de los efluentes y del nuevo sistema de tratamiento de la Refinería**

Parámetros	Nivel en efluentes	Eficiencia de remoción	Tratamiento
Caudal	Época seca: 436,2 m <sup>3</sup> /h Época lluviosa: 652,5 m <sup>3</sup> /h	NA	Uso eficiente del agua
Temperatura	35°C	NA	Uso de torres de enfriamiento.
pH	7-8	NA	Neutralización en tanque de igualación.
Fenoles	0,2 mg/l	≥ 99%	Segregación de corrientes, pretratamiento de aguas fenólicas (reutilización en el desalador), tratamiento biológico, filtración sobre lecho de carbón activado.
Cianuro (como CN <sup>-</sup> )	1 mg/l	NE	No se requiere un tratamiento especial por las bajas concentraciones en el afluente.
Níquel	1 mg/l	NE	Coagulación-floculación.
Sulfuros	1 mg/l	NE	Pretratamiento de las aguas agrias por stripping.
Material flotante	Ausente	100%	Remoción física.
Nitrógeno total	10 mg/l	≥ 55%	Desnitrificación y nitrificación-oxidación (BIOX).
Hidrocarburos totales (aceites)	5 mg/l	≥ 99%	Segregación de corrientes (aguas aceitosas), separador API, DAF.
DQO	115 mg/l	≥ 78%	Tratamiento biológico BIOX.
DBO <sub>5</sub>	25 mg/l	≥ 89%	Tratamiento biológico BIOX.
Sólidos suspendidos	5 mg/l	≥ 97%	Coagulación-floculación-DAF, sedimentación.

NA: No aplica; NE: No especificado.

#### 4.3.2.2 Sistema de recolección y tratamiento de efluentes

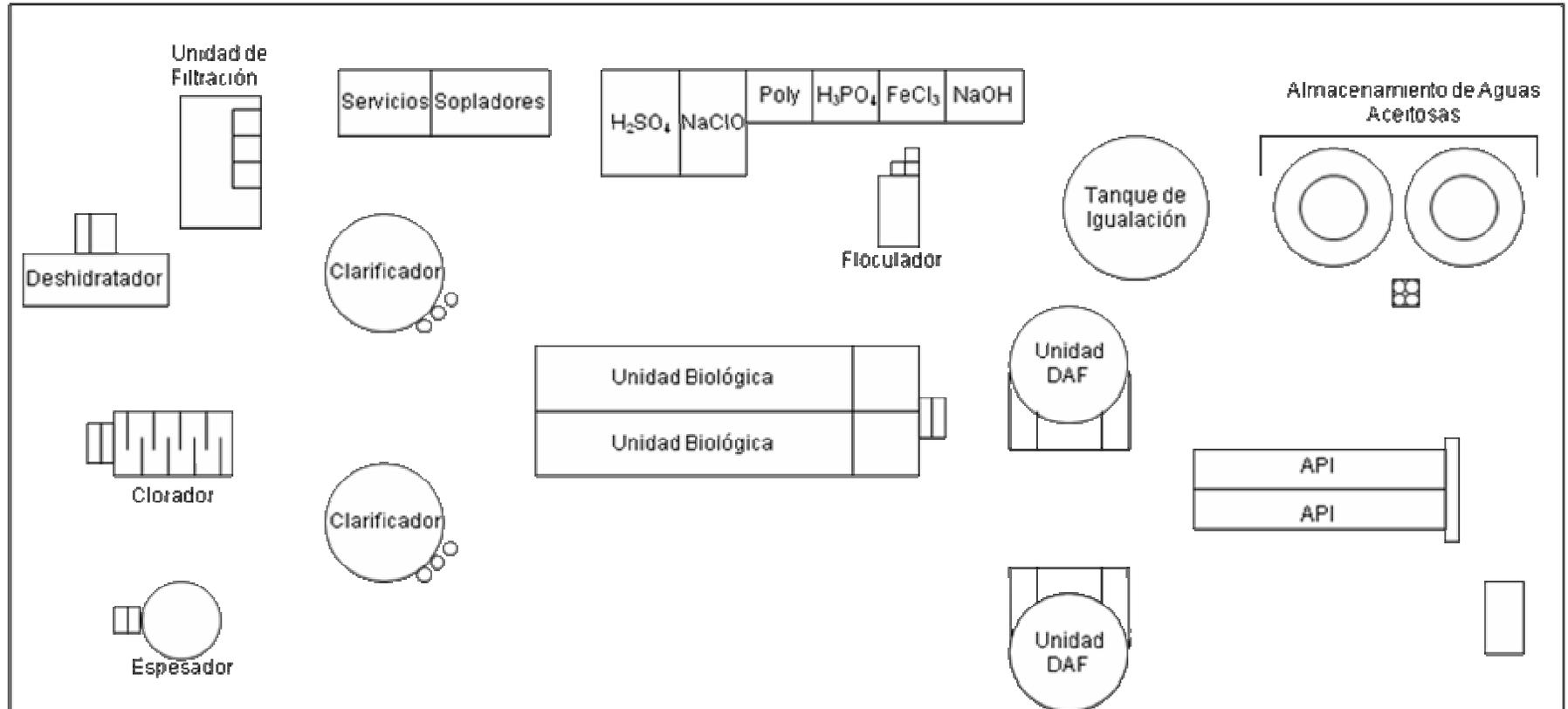
##### A. Descripción de los procesos de tratamiento

El actual sistema de tratamiento de aguas residuales la Refinería será remplazado por una planta de tratamiento totalmente nueva, para aguas industriales y domésticas. Se estudiará la posibilidad de conservar la piscina desnatadora (skim-pond) para utilizar en casos de emergencia, tales como derrames, exceso de lluvias, mantenimiento o falla de la planta de tratamiento de aguas residuales, según los resultados de la ingeniería de detalle.

Las siguientes figuras presentan la configuración y el diseño general del sistema de recolección, tratamiento y aprovechamiento de los efluentes, para la Refinería ampliada:



**Figura 4-3 Esquema de ubicación de los elementos de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Refinería de Cartagena**



La planta de tratamiento contará con las siguientes secciones:

1) Tratamiento primario

a) Almacenamiento de aguas aceitosas

La Refinería contará con dos tanques de almacenamiento de aguas residuales, integrada por los flujos aceitosos secundarios provenientes de las unidades de proceso (como agua de lavado, sello hidráulico, decantación de agua de tanques), de aguas lluvias potencialmente contaminadas, el agua que haya sido utilizada para la extinción de incendios, y – en casos excepcionales – corrientes altamente contaminadas, como son los drenajes de los tanques de crudo.

Los tanques serán dotados de desnatadores que permitirán una remoción gruesa de aceites en la superficie, conectados en sus techos, de tipo flotante, y tendrán una capacidad suficiente para contener el volumen de los 10 primeros minutos de precipitación (en los cuales la lluvia hace el lavado total del terreno), considerando una pluviosidad de 40-50 mm sobre un área de 150.000 m<sup>2</sup>. El resto del agua es considerado como agua no contaminada.

El canal de alimentación hacia la unidad siguiente, de remoción de aceites, contará con un filtro fijo manual y dos compuertas (una por separador).

b) Remoción de aceites

Las aguas aceitosas de los tanques de almacenamiento entrarán, por gravedad, a un flujo controlado por dos separadores, API/CPI, en paralelo. A los separadores llegarán, también, las corrientes principales de aguas aceitosas del proceso de refinación (reformado catalítico, alquilación, entre otras) y las aguas agrias, con características fenólicas - pretratadas.

Las piscinas contarán con un desnatador, ubicado en la parte superior del equipo. La fase aceitosa recuperada, será bombeada a las unidades de refinación, para su aprovechamiento.

Los separadores permitirán la sedimentación de los sólidos suspendidos, los cuales serán enviados a la unidad de tratamiento de lodos.

c) Igualación

El efluente de los separadores API será bombeado hacia el tanque de igualación, donde será mezclado mecánicamente con otras corrientes de proceso, como las aguas agrias enfriadas, los flujos menores del proceso (como agua de condensadores -overheads y fraccionadores) y soluciones cáusticas agotadas (pretratadas).

El tanque de igualación tiene un tiempo de retención de mínimo 24 horas (en condiciones climáticas secas), lo cual será un elemento adicional de seguridad.

d) Neutralización

El agua mezclada del tanque de igualación será alimentada al tanque de neutralización, por gravedad, para continuar a un flujo controlado. El pH se ajustará, con una solución ácida o alcalina, según los requerimientos; se calcula un tiempo de retención del orden de los cinco minutos.

e) Coagulación, floculación y aireación fluidizada (DAF)

Los efluentes serán alimentados a la primera sección (coagulación) por bombeo. De allí pasarán a las secciones siguientes por gravedad. Esta unidad permitirá la remoción de los aceites libres residuales y de los sólidos suspendidos, mediante la inyección de un floculante, un coagulantectrolito y aire comprimido a baja presión. La unidad contará con desnatadores, para remover las partículas que flotan arrastradas por el aire. El tiempo de retención en la sección de coagulación-floculación será del orden de los cuarenta minutos en total.

Los lodos aceitosos sedimentados en el fondo del DAF, serán enviados, periódicamente, a la unidad de tratamiento de lodos.

2) Tratamiento secundario

El efluente de la DAF (tanque de almacenamiento) será dirigido, por gravedad, hacia la unidad de tratamiento biológico con lodos activados de tipo BIOX, donde se llevarán a cabo los siguientes procesos:

- Desnitrificación, para la remoción de los eventuales nitratos que hayan sido formados. El tiempo de retención en esta sección será de mínimo cuatro horas, en condiciones climáticas secas (sin recirculación).
- Oxidación-nitrificación, al mantener una concentración de Oxígeno disuelto superior a 2 mg/l, se permitirá la oxidación de las sustancias con alto contenido de Carbono y del amonio. El Oxígeno será suministrado por inyectores y difusores. El tiempo de retención en esta sección será de mínimo doce horas, en condiciones climáticas secas (sin recirculación).
- Clarificación final, En esta etapa se retendrá la biomasa generada en el tratamiento BIOX, una parte será reciclada a la entrada del tratamiento para garantizar la actividad biológica. Desde allí, los efluentes serán bombeados al tratamiento terciario.

### 3) Tratamiento terciario

- a) Desinfección con hipoclorito de Sodio,
- b) Filtración sobre lecho de arena,
- c) Filtración sobre lecho de carbón activado, se contará con filtros, algunos de lechos de arena y otros de carbón activado. La filtración sobre lecho de carbón activado permitirá una alta remoción de los fenoles, para garantizar el cumplimiento de los estándares nacionales e internacionales.

En caso de que los efluentes, luego del tratamiento, no cumplan con los criterios de calidad establecidos por la normatividad ambiental y los estándares internos de REFICAR, éstos serán recirculados al tanque de igualación. El efluente tratado será entregado a una presión de 2 bar (g).

### 4) Tratamiento de los lodos

Los lodos de los separadores API, del DAF y del tratamiento biológico serán espesados obteniéndose una concentración final de sólidos de 18-20%. El agua separada será devuelta a los separadores API. El aceite libre recuperado es enviado a las unidades de proceso para su aprovechamiento.

Los lodos serán dispuestos o tratados en instalaciones autorizadas, fuera de la Refinería, o tratados en el área de *land-farming* existente de la Refinería.

### B. Estrategias

Las principales unidades de la planta de tratamiento (almacenamiento de aguas aceitosas, separadores API, DAF, desnitrificación, oxidación biológica y clarificación) serán divididas en dos elementos, de una capacidad individual del 50%, para garantizar una mejor eficiencia de tratamiento, en caso de disminución de la carga de alimentación, y maximizar el tiempo de operación, frente a los periodos de mantenimiento. La eficiencia del tratamiento se basa en una adecuada segregación de las corrientes de afluente:

– Las aguas aceitosas incluyen las siguientes corrientes:

- Las corrientes principales de aguas aceitosas de proceso (unidades de reformado catalítico y alquilación, entre otras), enviadas directamente a la sección de remoción de aceite de la planta de tratamiento.
- Aguas lluvias potencialmente contaminadas (provenientes de áreas pavimentadas de las unidades productivas), colectadas en cunetas y sumideros, recibidas en estaciones de bombeo y de allí llevadas al tanque de



almacenamiento de aguas aceitosas (primera sección de la planta de tratamiento).

- Las corrientes secundarias de proceso con contenido de aceites (como purgas de agua proveniente de tanques, agua de lavado, agua de sello hidráulico), colectadas mediante la red de aguas lluvias potencialmente contaminadas.
- Las aguas agrias, separadas desde la fuente en dos corrientes, y pretratadas en forma separada:
  - Aguas agrias fenólicas, provienen de las unidades de hidrosulfurización del destilado medio, de hidrocrackeo, craqueo catalítico, hidrotratamiento de la nafta de la FCC y coquización retardada. Se implementarán válvulas decantadoras de aguas fenólicas en los tanques de materia prima, y una red cerrada de drenajes de tanques con altos contenido de fenoles, para optimizar la segregación de las corrientes con mayor contenido de fenoles. Las aguas agrias fenólicas serán pretratadas en una unidad de stripping, la cual permitirá la extracción del sulfuro de Hidrógeno (aprovechado en las plantas de recuperación de Azufre) y del amoníaco (oxidado en las mismas plantas). Luego, las aguas agrias fenólicas pasan a ser tratadas en una desaladora, antes de ingresar a la planta de tratamiento de aguas residuales (sección de remoción de aceites).
  - Aguas agrias no fenólicas: provienen de las unidades de destilación atmosférica y al vacío, hidrotratamiento de la nafta (HDT), unidad de recuperación de amina y plantas de Azufre. Estas aguas serán pretratadas en una unidad de stripping, con el fin de remover el sulfuro de Hidrógeno y el amoníaco que contienen. Luego, serán enfriadas y dirigidas a la sección de igualación de la planta de tratamiento.
- Efluentes orgánicos, de proceso distintos a las aguas agrias o aceitosas, éstos provienen de los condensadores y fraccionadores instalados en las plantas de proceso, los cuales serán enviados directamente a la sección de igualación, de la planta de tratamiento.
- Efluentes domésticos: serán enviados directamente a la planta de tratamiento secundario.
- Aguas lluvias no contaminadas: se encuentran en las vías de acceso y zonas verdes de la Refinería y serán recolectadas mediante cunetas artificiales y evacuadas mediante el canal de Arroyo Grande.

La contaminación que pueden tener las aguas lluvias contenidas en los diques de contención de los tanques de almacenamiento, será evaluada por técnicos para efectos de determinar su tratamiento: si se pueden drenar, si pueden ser bombeadas a la red de aguas

lluvias no contaminadas, o si deben ser bombeadas al tanque de aguas potencialmente contaminadas.

*C. Eficiencias de remoción*

A continuación se presentan los balances de masa, que muestran las eficiencias de remoción, de DBO<sub>5</sub>, hidrocarburos, Nitrógeno y fenol, previstas para la planta de tratamiento de aguas de la Refinería de Cartagena, con indicadores para época seca y época lluviosa. Se prevé cumplir con los requisitos de eficiencia de remoción en sólidos suspendidos, DBO<sub>5</sub> y aceites y grasas, establecidos por el Decreto 1594 de 1984, en su Artículo 72.

Específicamente, la eficiencia prevista, del sistema integral de tratamiento con segregación, pretratamiento y tratamiento, para la remoción de los fenoles será la siguiente:

- El pretratamiento de desalinización tendrá una eficiencia de remoción del orden del 70%.
- La planta de tratamiento de aguas residuales tendrá una eficiencia de remoción superior al 99%.

**Tabla 4-2 Balance de masa y eficiencias de remoción de la futura planta de tratamiento de aguas residuales (época seca)**

	Flujo	Sólidos suspendidos		Aceites		DQO		DBO <sub>5</sub>		Nitrógeno		Fenoles		
		m <sup>3</sup> /h	kg/h	ppm	kg/h	ppm	kg/h	ppm	kg/h	ppm	kg/h	ppm	kg/h	ppm
<b>AFLUENTES</b>	Efluentes principales de proceso	19,8	2,0	100	9,9	500	11,9	600	5,3	270	0,4	20	0,0	1
	Flujos secundarios de proceso y aguas lluvias potencialmente contaminadas	105,6	56,8	538	221,1	2.094	58,7	556	26,4	250	1,9	18	0,1	1
	Aguas aceitosas de refinería actual	88,0	26,4	300	44,0	500	52,8	600	26,4	300	3,5	40	2,6	30
	Aguas agrias fenólicas después de stripping (sin desalinización)	47,1	0,2	5	0,7	15	23,5	500	10,8	230	0,5	10	7,1	150
	Aguas agrias fenólicas después de desalinización	99,0	9,9	100	49,5	500	59,4	600	26,7	270	5,0	50	4,0	40
	Aguas agrias no fenólicas después de stripping	72,3	0,4	5	1,1	15	36,1	500	16,6	230	0,7	10	0,7	10
	Soluciones cáusticas agotadas	1,6	0,2	100	0,2	100	33,0	20.000	14,8	9.000	0,1	50	0,0	10
	Efluentes domésticos	6,6	2,0	300	0,0	0	3,3	500	1,8	270	0,4	60	0,0	0
	<b>TOTAL AFLUENTES</b>	<b>440,0</b>	<b>97,8</b>	<b>412</b>	<b>326,5</b>	<b>1.577</b>	<b>278,8</b>	<b>2.863</b>	<b>129,0</b>	<b>1.268</b>	<b>12,4</b>	<b>38</b>	<b>14,5</b>	<b>90</b>
<b>EFLUENTE RESIDUOS</b>	<b>AGUA TRATADA A VERTIMIENTO</b>	<b>436,2</b>	<b>2,2</b>	<b>5</b>	<b>2,2</b>	<b>5</b>	<b>50,2</b>	<b>115</b>	<b>10,9</b>	<b>25</b>	<b>4,4</b>	<b>10</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>
	Lodos aceitosos deshidratados	0,3	70,0	200.000	22,4	64.139								
	Lodos biológicos deshidratados	0,4	80,9	180.000	0,0	0								
	<b>EFICIENCIAS DE REMOCIÓN</b>			<b>97,8%</b>		<b>99,3%</b>		<b>82,0%</b>		<b>91,5%</b>		<b>64,9%</b>		<b>99,4%</b>

**Tabla 4-3 Balance de masa y eficiencias de remoción de la futura planta de tratamiento de aguas residuales (época lluviosa)**

	Flujo	Sólidos suspendidos		Aceites		DQO		DBO <sub>5</sub>		Nitrógeno		Fenoles		
		m <sup>3</sup> /h	kg/h	ppm	kg/h	ppm	kg/h	ppm	kg/h	ppm	kg/h	ppm	kg/h	ppm
<b>AFLUENTES</b>	Efluentes principales de proceso	19,8	2,0	100	9,9	500	11,9	600	5,3	270	0,4	20	0,0	1
	Flujos secundarios de proceso y aguas lluvias potencialmente contaminadas	215,6	111,7	518	386,2	1.791	91,8	426	42,9	199	3,0	14	0,1	1
	Aguas aceitosas de refinería actual	198,0	81,4	411	209,1	1.056	85,7	433	43,0	217	4,6	23	2,6	13
	Aguas agrias fenólicas después de stripping (sin desalinización)	47,1	0,2	5	0,7	15	23,5	500	10,8	230	0,5	10	7,1	150
	Aguas agrias fenólicas después de desalinización	99,0	9,9	100	49,5	500	59,4	600	26,7	270	5,0	50	4,0	40
	Aguas agrias no fenólicas después de stripping	72,3	0,4	5	1,1	15	36,1	500	16,6	230	0,7	10	0,7	10
	Soluciones cáusticas agotadas	1,6	0,2	100	0,2	100	33,0	20.000	14,8	9.000	0,1	50	0,0	10
	Efluentes domésticos	6,6	2,0	300	0,0	0	3,3	500	1,8	270	0,4	60	0,0	0
	<b>TOTAL AFLUENTES</b>	<b>660,0</b>	<b>207,7</b>	<b>448</b>	<b>656,6</b>	<b>1.435</b>	<b>344,8</b>	<b>2.349</b>	<b>162,0</b>	<b>1.030</b>	<b>14,6</b>	<b>30</b>	<b>14,5</b>	<b>87</b>
<b>EFLUENTE RESIDUOS</b>	<b>AGUA TRATADA A VERTIMIENTO</b>	<b>652,5</b>	<b>3,3</b>	<b>5</b>	<b>3,3</b>	<b>5</b>	<b>75,0</b>	<b>115</b>	<b>16,3</b>	<b>25</b>	<b>6,5</b>	<b>10</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>
	Lodos aceitosos deshidratados	0,8	154,9	200.000	45,2	58.326								
	Lodos biológicos deshidratados	0,6	112,4	180.000	0,0	0								
	<b>EFICIENCIAS DE REMOCIÓN</b>		<b>98,4%</b>		<b>99,5%</b>		<b>78,2%</b>		<b>89,9%</b>		<b>55,3%</b>		<b>99,1%</b>	

### **4.3.3 Uso eficiente del agua**

– **Agua de enfriamiento no contaminadas:** se abandonará el sistema que actualmente se utiliza, que consiste en bombear agua de la Bahía de Cartagena y devolverla a la Bahía, después de haberla utilizado en los condensadores de las turbinas generadoras de energía eléctrica. La nueva planta contará con turbinas a gas y no habrá turbinas de condensación (solo a contrapresión).

La nueva red reutilizará el agua industrial y contará con torres de enfriamiento que permitirán su adecuación

– **Condensados no contaminados:** Los condensados no contaminados serán aprovechados en la red de agua desmineralizada (condensado recuperado) o en su defecto en el sistema de enfriamiento cuando técnicamente no sea posible su reutilización.

– **Efluentes de la humectación de la unidad de coquización:** el agua utilizada en el proceso de corte, transporte y almacenamiento del coque, para efectos de la humectación y limpieza del producto, al igual que el agua de lluvia contaminada por finos de coque, será colectada mediante una red de canales perimetrales, y dirigida hacia un laberinto o sedimentador, para su posterior reutilización interna, en el proceso de humectación y separación del coque sedimentado. El sedimentador contará con un sistema de limpieza, de forma que se permita la fácil remoción de los sólidos. La capacidad del tanque permitirá incrementar la eficiencia de remoción. Las canales contarán con una rampa de acceso, para facilitar su limpieza. El piso contará con pendientes que permitan la recolección de los aguas lluvias por gravedad. Así mismo, se contará con un tanque de almacenamiento del agua recuperada para ser reutilizada en el mismo proceso.

– **Efluentes de las plantas de Azufre:** las aguas del proceso de solidificación del Azufre, incluyendo los vapores condensados y las aguas de humectación del Azufre sólido (con pH ácido), serán neutralizadas con soda cáustica, almacenadas en un tanque y reutilizadas dentro de la unidad para humedecer los apilamientos de Azufre.

Las aguas lluvias potencialmente contaminadas por Azufre, serán recolectadas, mediante una red de canales perimetrales, y llevadas hacia el tanque de recuperación de agua. El piso contará con pendientes, de forma que se permita optimizar esta recolección.

**Reutilización de aguas agrias fenólicas pretratadas:** parte de las aguas ácidas fenólicas pretratadas por stripping, serán reutilizadas en las unidades hidrocrqueo e hidrodesulfurización del destilado medio (USLD1/2). En estas dos unidades se podrán utilizar también aguas agrias no fenólicas pretratadas. Se maximizará la reutilización de las aguas agrias fenólicas en el desalador, donde al estar en contacto con el crudo, el fenol es despojado del agua.

- **Reutilización de aguas agrias no fenólicas pretratadas:** parte de las aguas ácidas no fenólicas pretratadas por stripping serán utilizadas en la unidad de recuperación de amina y podrá ser utilizada en las unidades de hidrocraqueo e hidrosulfurización del destilado medio (USLD1/2).

#### 4.3.4 Modelación de la dispersión de contaminantes en la Bahía de Cartagena

Se realizó, para el EIA, una modelación sobre los patrones potenciales de dispersión y difusión de los contaminantes previstos en los efluentes industriales con base en los siguientes supuestos:

- El punto de descarga de la PTAR está localizado en el punto indicado con longitud 75°30'21.98" Oeste y latitud 10°18'52.78" Norte (Datum Magna), según se muestra en el siguiente mapa:

**Figura 4-4** Localización del futuro punto de vertimiento de la Refinería de Cartagena



La ubicación de la descarga de la PTAR está indicada por el icono verde.

- Sobre la calidad de los vertimientos, se hicieron las siguientes consideraciones:

**Tabla 4-4 Condiciones de vertimientos utilizadas en la modelación de dispersión y difusión de contaminantes en la Bahía de Cartagena**

Parámetro	Magnitud
Flujo	436.2 m <sup>3</sup> /h
Concentración de fenoles	0,2 mg/l
Concentración de sulfuros	1 mg/l
Concentración de Nitrógeno total Kjeldahl	10 mg/l
Concentración de hidrocarburos (como aceites y grasa)	10 mg/l

- Los hidrocarburos totales fueron considerados como sustancias no conservativas, debido a que sufren procesos de biodegradación y fotólisis. Sin embargo estos fenómenos son procesos lentos (meses), poco competitivos frente a los factores abióticos (recambio de agua), por lo que el comportamiento de los hidrocarburos totales resultará cuasi conservativo.
- El Nitrógeno total Kjeldahl es compuesto en su mayoría por Nitrógeno amoniacal, forma importante en la cadena trófica del ecosistema de la Bahía (productividad primaria). Se asumió que la intensidad de mineralización de los compuestos del Nitrógeno era igual a la intensidad de destrucción de la materia orgánica total. En este caso, la variación de biomasa de la materia orgánica en el tiempo es linealmente proporcional a su contenido, donde el coeficiente de proporcionalidad es la velocidad específica de la oxidación bioquímica de la materia orgánica, cuyo valor de referencia, tomado en este estudio, es de 0.35 día<sup>-1</sup>.
- Las demás sustancias fueron consideradas como sustancias conservativas, es decir que no sufren ningún tipo de transformación, degradación o intercambio con la atmósfera. En el caso de los fenoles por ejemplo existen procesos de degradación susceptibles de disminuir su concentración. Sin embargo, debido a la toxicidad de estos compuestos, se decidió modelar su comportamiento en la Bahía de Cartagena como sustancias conservativas, prefiriendo sobreestimar su concentración en el agua.
- Modelo matemático

El modelo utilizado (CODEGO), basado en una metodología lagrangiana-eulereana, ha sido desarrollado para la bahía de Cartagena, integrando los distintos estudios hidrodinámicos realizados desde hace 25 años, y ha demostrado ser apropiado para reproducir la dinámica de cuerpos de agua similares, es decir con presencia de canales, caños e islas.

El modelo fue oficialmente validado cuando, con base en éste (en la época modelo MECCA), fue implementado un modelo de derrames de sustancias tóxicas en la bahía (CODEGO). El documento oficial de validación del modelo se basó en el Manual de la IAHR “Guidelines for documenting the validity of computational modelling software” (1994) y se encuentra publicado en S. Lonin (noviembre de 2004) como “Documento de validación” (modelo CODEGO, v. 2.2), que es parte del proyecto “Actualización del sistema de predicción de la trayectoria de manchas de hidrocarburos, derramadas en la bahía de Cartagena” (ASHIDRO, CIOH-DIMAR).

Este modelo fue utilizado por ejemplo en el estudio de impacto del Canal del Dique en las Bahías de Cartagena<sup>1</sup> y Barbacoas y en el estudio de la trayectoria de las basuras flotantes en la Bahía interna<sup>2</sup>.

Sin embargo dada la ubicación del punto de vertimiento, fue necesario adaptar el modelo para integrar los procesos hidrodinámicos que ocurren en las cercanías del canal del Dique, con el fin de simular adecuadamente el transporte de sustancias. Con este propósito se realizaron los siguientes ajustes:

- Utilización de una malla más densa (60 m) en toda la Bahía.
  - Aplicación de un modelo de alto nivel de clausura de los momentos de turbulencia.
  - Uso de un bloque de trazadores desarrollado por Oceanmet Ltda.
- *Escenarios simulados*

Para el cálculo del bloque hidrodinámico, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- La circulación producida por el viento, principal factor de la dinámica de la Bahía,
- el aporte de aguas dulces por el canal del Dique, y consecuente formación de la estratificación salina,
- la interacción con la atmósfera y, consecuente estratificación térmica en la columna del agua de la bahía,

---

<sup>1</sup> TUCHKOVENKO, Yu. S., LONIN, S.A. y CALERO, L.A. Modelación Ecológica de las Bahías de Cartagena y Barbacoas bajo la Influencia del Canal del Dique. En: Avances en Recursos Hidráulicos. No. 7 (2000); p. 76-94.

<sup>2</sup> LONIN, S. y GIRALDO L. Circulación de las aguas y transporte de contaminantes en la Bahía Interna de Cartagena. En: Boletín Científico CIOH, Cartagena. No. 16 (1995); p. 25-56.  
TUCHKOVENKO, Yu. S. y LONIN, S. A. Mathematical Model of the Oxygen Regime of Cartagena Bay. En: Ecological Modelling, Vol. 165/1 (2003); p. 91-106.

- las oscilaciones de la marea y el intercambio de aguas con el mar abierto,
- el relieve del fondo, y
- el patrón termohalino en las aguas del mar adyacente.

Se plantearon ocho escenarios de modelación, con el fin de simular las condiciones más representativas en la Bahía a lo largo del año:

**Tabla 4-5 Escenarios simulados para modelar la dispersión de sustancias en la Bahía de Cartagena**

No.	Viento		Caudal, M <sup>3</sup> /s	Marea	Periodo de tiempo
	Velocidad, m/s	Dirección			
1	0	-	100	Ascendente	5.000 mn
2	0	-	200	Ascendente	5.000 mn
3	7	30° (NNE)	100	Ascendente	5.000 mn
4	15	30° (NNE)	100	Ascendente	5.000 mn
5	7	0° (N)	100	Ascendente	5.000 mn
6	7	180° (S)	100	Ascendente	5.000 mn
7	10	270° (W)	100	Ascendente	5.000 mn
8	0	-	100	Descendente	5.000 mn

De acuerdo con la rosa de los vientos, los vientos dominantes son del Norte (principalmente) y Noreste.

- Resultados

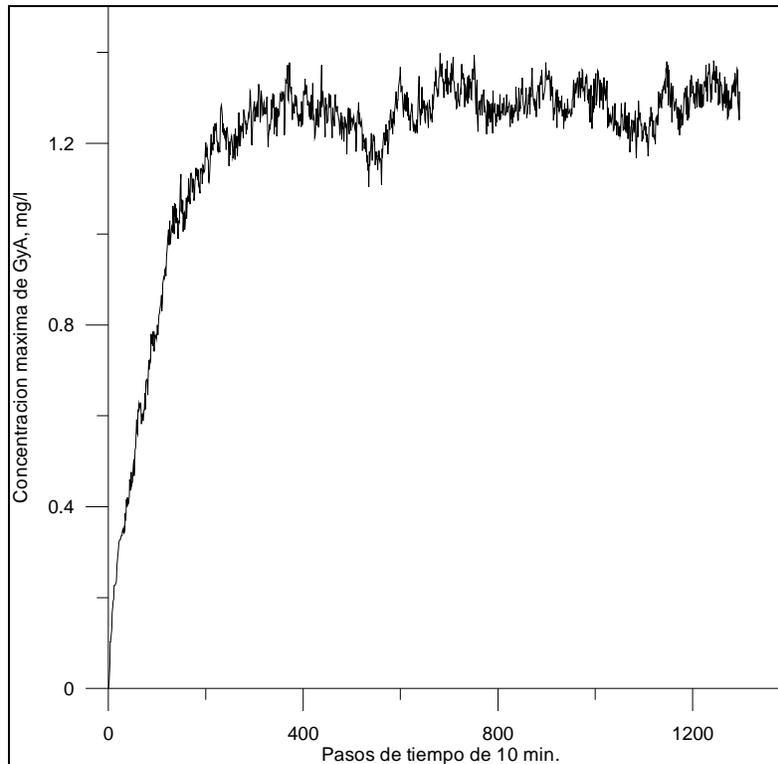
Los resultados discutidos a continuación se pueden apreciar en las figuras siguientes (Figura 4-6 a Figura 4-11), que presentan para cada escenario considerado:

- Los campos de corrientes y huellas de las sustancias a los 5.000 mn, momento en el cual el modelo se estabiliza.
- Las concentraciones de las sustancias en mg/l a los 5.000 mn.

La simulación permitió confirmar que las sustancias no alcanzarán a acumularse en la Bahía: la Figura 4-5 muestra el caso de los aceites y grasas, donde se observa que las concentraciones se estabilizan rápidamente. Se presenta un pico en el punto de vertimiento, que puede alcanzar 1,3 mg/l para esta sustancia, luego la concentración disminuye rápidamente (exponencialmente) en el espacio.

Esto se debe a la importante capacidad de dispersión y difusión de la Bahía frente a la baja carga relativa de efluentes.

**Figura 4-5** Tiempo de residencia de los aceites y grasas (hidrocarburos) en la Bahía de Cartagena



Se supuso que el vertimiento iniciaba al inicio del periodo.

La simulación de los 8 escenarios permite concluir lo siguiente (ver Figura 4-6 y Figura 4-8):

- Las sustancias en el agua tienen un patrón en común: el desplazamiento tiene sentido siempre a lo largo de la costa, al norte o al sur de la bahía, las zonas con concentraciones comparables con la fuente (dispersión hasta uno o dos órdenes de magnitud) tienen lugar en las escalas de 1.000 metros. Fuera de esta franja litoral, el contenido de sustancias baja hasta cinco-seis órdenes de magnitud en comparación con las concentraciones en la fuente.
- La dirección del viento mostró ser un factor significativo de la dinámica de la Bahía: en caso de vientos NNE o N (situación más frecuente), las sustancias se dispersan en toda la Bahía hacia el sur, aunque en concentraciones mucho más bajas.
- Los casos (escenarios) 1, 2 y 8 son similares, debido a que el caudal del canal del Dique tiene poca influencia (el modelo es poco sensible a la descarga del canal en este caso específico) y la fase de la marea tampoco cambia pronunciadamente la situación. Según observaciones locales, la influencia de la marea usualmente es

notable en las entradas a la bahía y en su eje central, mientras que en la zona sur-oriental es despreciable.

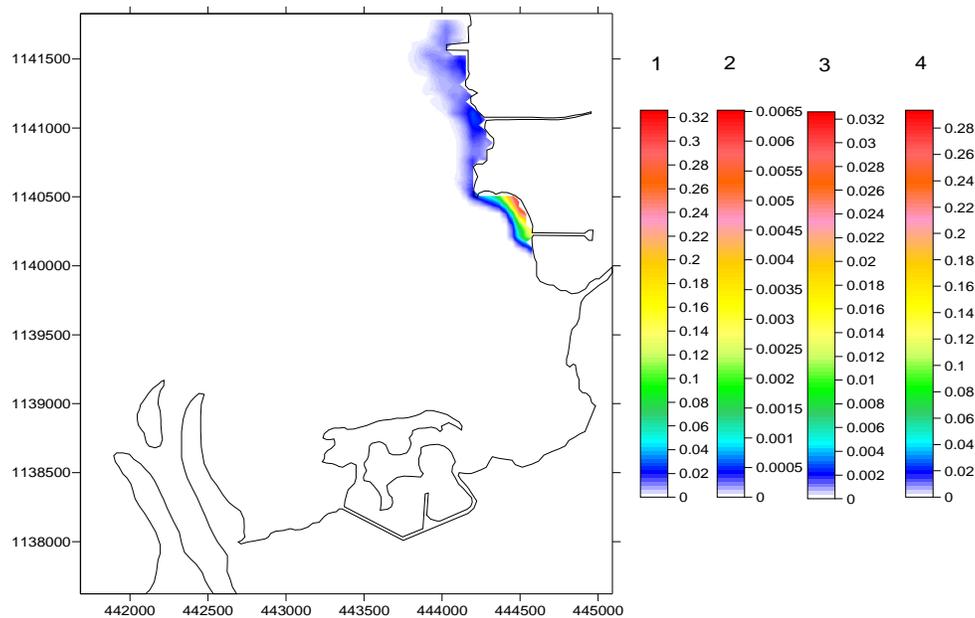
Los rangos de concentraciones encontradas de las sustancias – como resultado de la simulación de los 8 escenarios – son:

**Tabla 4-6 Concentraciones previstas de contaminantes en la Bahía de Cartagena como producto del vertimiento continuo de los efluentes de la Refinería de Cartagena**

Sustancias	Concentraciones (mg/l)
Hidrocarburos (aceites y grasas)	0,036-0,46
Fenoles	0,00075-0,0085
Sulfuros	0,0036-0,044
Nitrógeno amoniacal	0,032-0,4

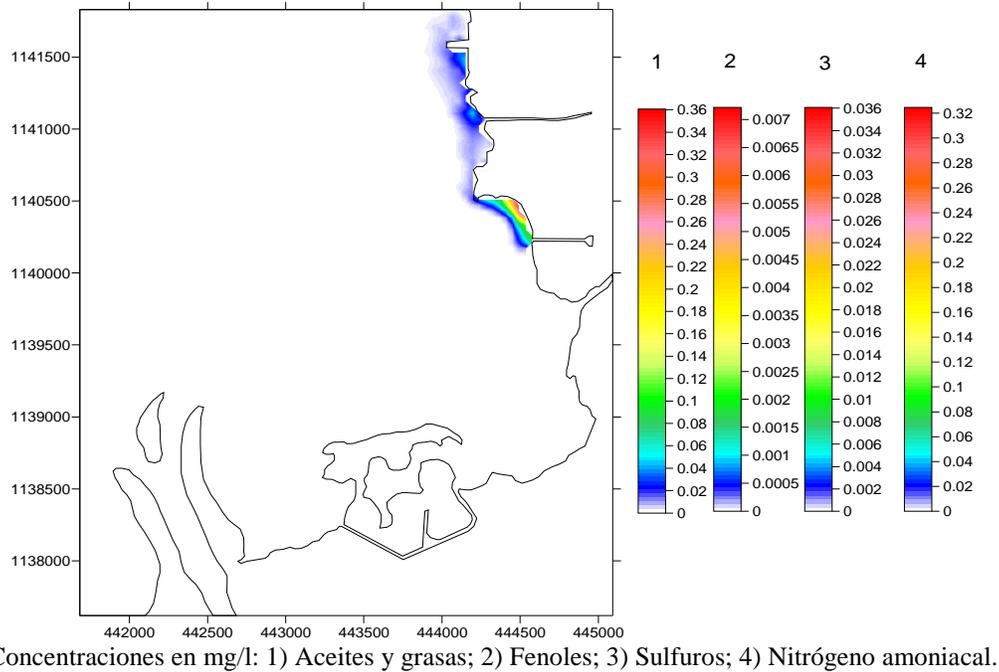
Los escenarios que presentan las mayores concentraciones de sustancias son en orden: Escenario 7; escenarios 3 y 5; escenarios 1/2/8; escenario 6; escenario 4 (concentraciones mucho más bajas).

**Figura 4-6 Dispersión y difusión de sustancias – Escenarios 1, 2 y 8: Sin viento, caudal del Canal del Dique = 100 m<sup>3</sup>/s (escenarios 1 y 8) o 200 m<sup>3</sup>/s (escenario 2), marea ascendente (escenarios 1 y 2) o descendente (escenario 8)**

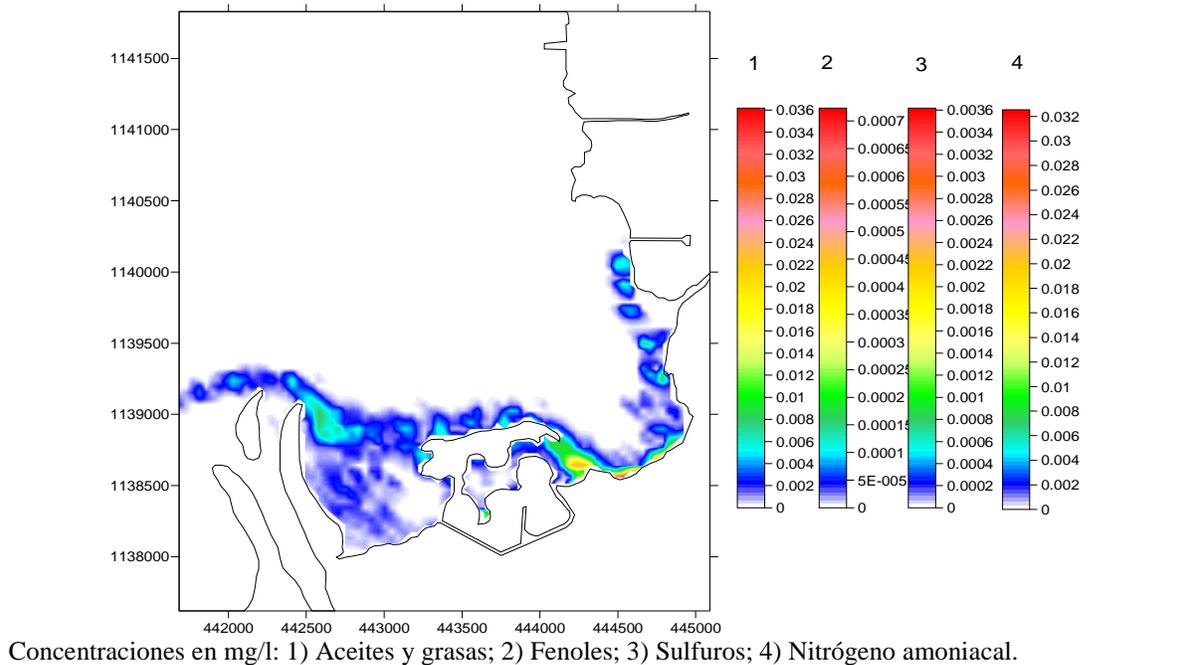


Concentraciones en mg/l: 1) Aceites y grasas; 2) Fenoles; 3) Sulfuros; 4) Nitrógeno amoniacal.

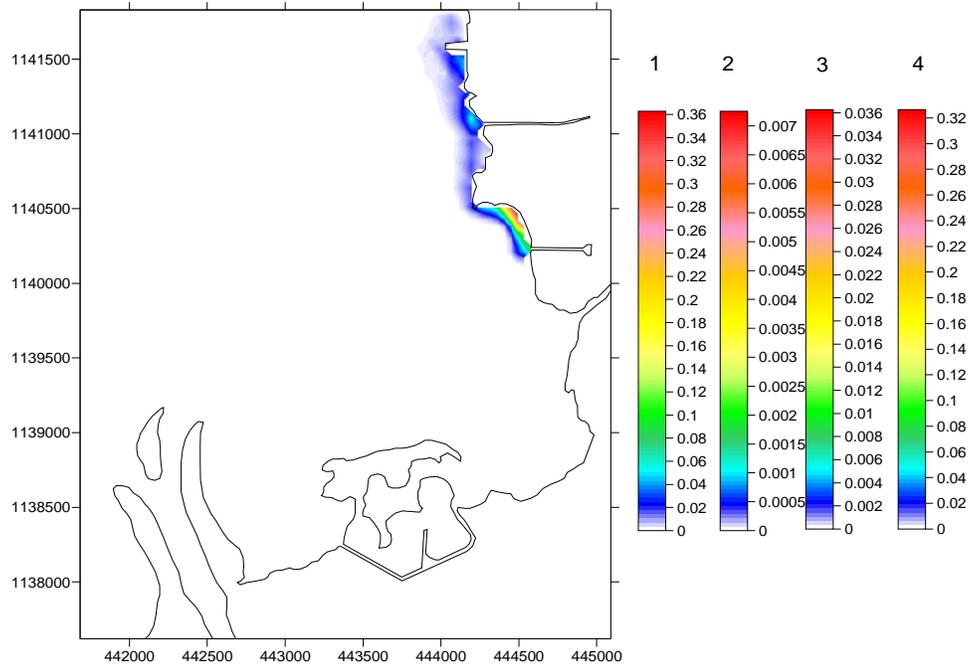
**Figura 4-7** Dispersión y difusión de sustancias – Escenario 3: viento 30° (NNE) 7 m/s, caudal del Canal del Dique = 100 m³/s, marea ascendente



**Figura 4-8** Dispersión y difusión de sustancias – Escenario 4: Viento 30° (NNE) 15 m/s, caudal del Dique = 100 m³/s, marea ascendente

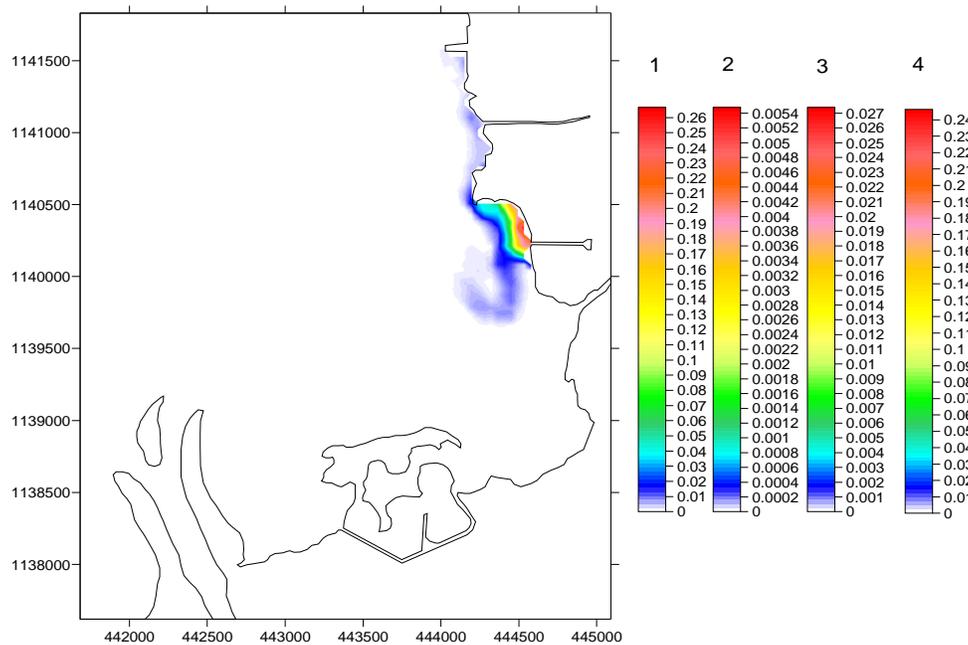


**Figura 4-9**      **Dispersión y difusión de sustancias – Escenario 5: Viento 0° (N) 7 m/s, caudal del Dique = 100 m³/s, marea ascendente**



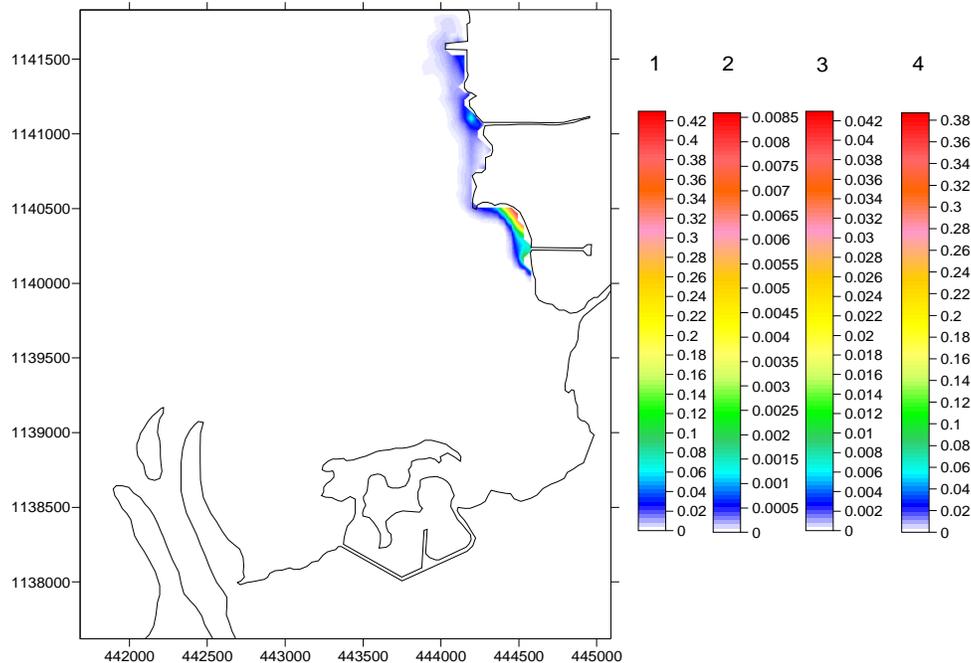
Concentraciones en mg/l: 1) Aceites y grasas; 2) Fenoles; 3) Sulfuros; 4) Nitrógeno amoniacal.

**Figura 4-10**      **Dispersión y difusión de sustancias – Escenario 6: Viento 180° (S) 7 m/s, caudal del Dique = 100 m³/s, marea ascendente**



Concentraciones en mg/l: 1) Aceites y grasas; 2) Fenoles; 3) Sulfuros; 4) Nitrógeno amoniacal.

**Figura 4-11**      **Dispersión y difusión de sustancias – Escenario 7: Viento 270° (W) 10 m/s, caudal del Dique = 100 m<sup>3</sup>/s, marea ascendente**



Concentraciones en mg/l: 1) Aceites y grasas; 2) Fenoles; 3) Sulfuros; 4) Nitrógeno amoniacal.

#### 4.4 Ocupación de cauces

##### 4.4.1 Diseño de la Rectificación de Curso del “Arroyo Grande”

La Refinería de Cartagena S.A. - REFICAR, cuenta con sus instalaciones en el sector industrial de Mamonal (Bahía de Cartagena) en el Municipio de Cartagena de Indias. Por los predios de estas instalaciones, atraviesa un cauce natural de aguas pluviales, con un régimen típico de borde y montaña, que presenta unas fluctuaciones normales en su caudal mínimo particularmente en períodos secos y de transición, para alcanzar en los períodos normales de invierno, valores en su caudal hasta de 25 m<sup>3</sup>/s, no obstante reconocer que en situaciones de lluvia extrema y con períodos de retorno de 100 años, puede llegar a registrar caudales de hasta 120 m<sup>3</sup>/s para (CARINSA 1992).

Debido al patrón de crecientes y la topografía del área aferente de la micro cuenca, que aunado a las características del terreno en donde está situada la refinería, se han registrado en el pasado algunos eventos de inundaciones considerados como extremos (1770, 1981, 1995, 2004), mismos que si bien no han generado problemas significativos que por su naturaleza hubiesen afectado sensiblemente el seguro funcionamiento de la refinería (a juzgar por las opiniones de los funcionarios de ECOPETROL a cargo de las operaciones de la refinería), ciertamente por cursar el arroyo mencionado a través del centro del terreno de manera diagonal, su localización y tránsito en las actuales circunstancias dificulta el

desarrollo de las obras de ampliación y modernización de la refinería, al igual que presupone riesgos tanto para la integridad de las instalaciones, como para el propio cuerpo de agua, particularmente por situarse su desembocadura a la Bahía de Cartagena.

En consecuencia, existe entonces la necesidad inminente y de igual forma el interés de REFICAR de modificar, encausar y estabilizar el curso del Arroyo Grande en su recorrido por el predio de la refinería, particularmente para garantizar la integridad del cauce y la de las instalaciones de la refinería, con ocasión del desarrollo del proyecto de ampliación y modernización de las unidades de proceso, conforme se presenta en el EIA del que hace parte el presente capítulo.

Para los fines indicados, el alcance a adelantar en la modificación del curso del arroyo, incluida la construcción de las obras de ingeniería y de arte e ingeniería necesarias, así como la adecuación y estabilización de sus bordes, consiste en desarrollar un diseño funcional para el encauce del mismo, interviniendo este, exclusivamente en terrenos de la Refinería de Cartagena, a fin de garantizar a futuro su estabilidad, control de flujos y desbordamientos y un buen funcionamiento del drenaje natural de las aguas del arroyo, que se reconoce aumentan significativamente en períodos de lluvia intensa, para los fines de evitar eventuales inundaciones en los predios de la refinería, facilitando la evacuación de sus aguas para períodos de retorno extremos, que además de afectar la Refinería, afecten el cauce natural del arroyo tanto aguas arriba, como abajo en su desembocadura a la Bahía de Cartagena.

Con este propósito, en el desarrollo de la ingeniería de detalle a estructurar para el caso, se tendrá en cuenta tanto los caudales máximos del área previstos para un período de retorno de 100 años, al igual que necesidades de transporte y logística que llegase a demandar REFICAR en desarrollo de sus operaciones. Se busca proteger las instalaciones contra eventuales avenidas que por su naturaleza, afectarían sensiblemente sus propiedades, plantas y equipos, con las previsibles consecuencias que esto trae tanto para la refinería como para su área de influencia y el medio ambiente en general.

#### *4.4.1.1 Objetivo General:*

- El objetivo principal consiste en modificar y estabilizar el curso del arroyo y con base en el nuevo trazado previsto, diseñar conceptualmente los patrones para el encauce de las aguas pluviales del “Arroyo Grande” (cota promedio de 11 m.s.n.m.m) que surcan a través del predio de la Refinería de Cartagena, previo al desarrollo de las labores de ampliación y modernización de la Refinería de Cartagena, teniendo en cuenta para el objeto el régimen pluviométrico de la zona para períodos de retorno de invierno previstos a 100 años. Lo anterior con el fin de proteger el curso del arroyo, evitar inundaciones en los predios de la Refinería de Cartagena y sus consecuencias obvias, y garantizar la evacuación de las aguas del

mismo, sin que se afecten los patrones de drenaje pluviales registrados aguas arriba y/o aguas debajo de los predios de la refinería

#### 4.4.1.2 Soporte de Diseño

Con el fin de realizar un trabajo acorde con las necesidades de la Refinería de Cartagena, se hizo necesario recolectar información pluviométrica de la micro cuenca que abastece el Arroyo Grande, para lo cual se utilizaron los registros climáticos y pluviométricos obtenidos en la estación del IDEAM localizada en el aeropuerto Rafael Nuñez, de la Ciudad de Cartagena, leídos desde 1947.

De esa forma se obtuvieron series de datos de 48 años (hasta 2005) conforme se registra mas adelante en la Tabla 4-7 siguiente, los cuales fueron procesados y ajustados mediante triangulación numérica obtenida a partir de los registros reportados localmente por el CIOH y algunos datos locales tomados por empresas del sector de Mamonal incluida ECOPETROL, a partir de lo cual se construyeron curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia de los caudales de escorrentía previstos para el Arroyo, con las cuales se determino un caudal máximo ( $Q_{max}$ ) de  $170 \text{ m}^3/\text{s}$ , para eventos de invierno extremo, con un período de retorno ( $T_r$ ) de 100 años.

**Tabla 4-7 Registros Pluviométricos de Cartagena**

#### Datos Pluviométricos

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
1947			5.5	1	0.3	97.9	30.5	*	41.2	91.8			268.2
1948		0	0	*	9.3	18.9	13	0.7	58.2				100.1
1953								8.3	52.9	104	60.7	0.3	226.6
1954	0	0	0	1.5	262	170		61.9	82.4	361	168		1107.4
1955	0	0	0.6	0	33.5	71.9	54.8	20.4	144	272	40.1	0	636.9
1956	0	0	1.3	7.8	26.5	150	60.3	28	89.6	26.3	58.8	0	449
1957	0	0	0	0.9	16.9	16	47.9	46	17.7	47.9	33.3	0	226.6
1958							93.5	128	93	166	15.1	0	495
1959	0	0	0	45	57.5								102.5
1960	1	0	0	57	98.4	100	114	121	130	104	196	54	976.4
1961	0	0	0		0	56.2	40.6	95.4	159	141	108		599.7
1963	0	0	0	45	25.3	50.5	158	19	157	49	345		848.8
1964	0	0	0	44	107	167	223	118	51.5	259	25.1	0	993.8
1965	0.3	0	0.3	0	84	55.6	4.9	70.7	114	285	225	0	839.3
1966	0	0	0	14	34.7	82.7	68.3	176	121	115	85.2	9.4	704.6

**Datos Pluviométricos**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
1967	0	0						183	206	212	49.9	6	656.2
1968	0	0		0	48.4	69.6	5.4	134	108	185	50.7	11.6	613
1969	0	0		57	44.7	121	112	85.9			280		700.6
1970	7.8	0	5.4	11	86.5	147	127	127	240	316	67.6	167	1301.7
1971	1.3		0			78.5							79.8
1972	0	0	7.1	58	145	69.1	11.2	25.4	156	161	81.2	0.3	714
1973	0.3	0.4	0.6	50	99	*							150.7
1974					*	31.6	81.9	39	82.8	345	41.7		621.9
1975		0	0.5		*	31.6	*	162	144	281	180	44.6	842.9
1976	0	0	0	16	59.8	66.8	3.3	67.3	165	208	38.2	0	623.6
1977	0	0	16	13	73.3	72.5	21.5	96.4	37.5		100		430.4
1981	19	0	7	46	97.3	106	149	147	170	322	42.8	73.2	1179.2
1982	89	0	0	25									113.9
1983	0	0	0	17	23.3	54.5	42.1	25	141	1.6	24.5	4.1	333.7
1984	0	0	0	6.4	84.5	86.3	141	101	121	149	82.9	0	772.1
1985	0	0	0	0	42.4	60.5	135	167	114	166	16.5	171	871.7
1986	0	0	0	7.1	23	59.2	32	45.8	17.9	154	23.4	48.8	411.5
1987	2.8	0	0	41	169	81.1	42	*					336.1
1991							16.4	18.8	163	43.9	117		359.4
1992		0	0	2.8	61.9	103	11	12.8	10.1	9.9	28.1	5.6	245.5
1993	17	0	0	8.8	169	69.2	37.1	26.4	189	73.9	147	13.3	750.8
1994	0	0	3.4	8.8	102	8	54.3	48.9	146	215	225	2.3	814.2
1995	0	0	0	57	124	74.4	383	251	44.3	261	80.1	1.4	1275.1
1996	0	0	4.8	6.3	186	78.8	116	114	109	171	119	0	904
1997	0	9.3	0	14	21.7	202	19.9	52.6	126	168	357	0	969.7
1998	0	0	0.8	25	120	60.9	84	245	196	133			863.9
1999	0	1.7	1.4	30	160	98.1	85.6	267	156	300	194	192	1485.3
2000	1	0	0	5.7	57.6	157	242	66	99	104	35	19.8	787.8
2001	2.6	0	0	6.2	31.2	37.9	77	60.8	69.8	216	133	48	682.3
2002	0	0	0	22	94.5	92.9	179	65.7	51.5	107	52	0	663.6
2003	0	0	0	38	71.6	260	91.1	31	153	122	133	106	1004.9
2004					156	76.4	126	110	195	232	412	0	1307.1
2005	0	0					30.7						30.7

Conforme se anotó, se cuenta con un registro de pluviosidad total desde 1947, pero los valores más relevantes y necesariamente confiables de la cuenca del Arroyo Grande, se registran a partir de de 1970, por lo que se trabajará con la serie de datos de 1970 a 2005.

La microcuenca en cuestión, tiene las siguientes características generales (CARINSA, 1992, CEI, 1994):

- Área Total 18.9 km<sup>2</sup>
- Perímetro del Cauce 19,950 m
- Longitud del Cauce 10,325 m
- Altura Media 73.2 m
- Pendiente media 0.018
- Temperatura Media 25.6°C
- Precipitación Media Mensual 66.55 mm

Así las cosas y de acuerdo con los registros de pluviosidad consignados desde 1970 en la región (ajustados a la zona de escorrentía de la microcuenca) y en función de los máximos eventos de aguaceros registrados, se desarrollan los cálculos medios de intensidad-duración y frecuencia de los caudales de escorrentía estimados para el Arroyo Grande, los cuales se registran en la Tabla 4-8 siguiente. En función de los mismos se realizaron los cálculos iniciales pertinentes para los fines de desarrollar el diseño conceptual de las obras de modificación del curso del arroyo dentro de los predios de la refinería de Cartagena.

Como resultado del ejercicio señalado, se obtuvieron registros estimados de una intensidad máxima de duración para rangos de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 minutos de lluvia extrema, mismos que se ordenaron de forma descendente (valor), mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$T = \frac{n+1}{m}$$

Donde: n es el número de años de registro.

m es el orden del valor.

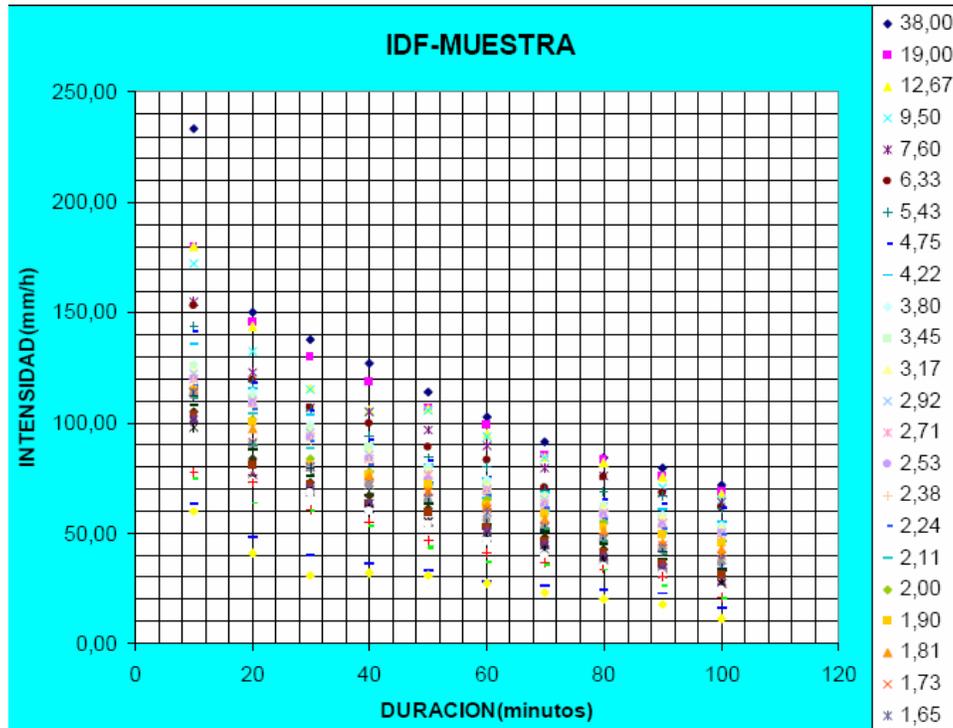


**Tabla 4-8 CURVAS DE INTESIDAD DURACION PARA EVENTOS EXTREMOS**

<b>Intensidad máxima para cada duración estimada de eventos de aguacero en la cuenca del Arroyo Grande por año (1970-2007)</b>										
<b>RANGOS /AÑOS</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>
1970	126.00	76.50	60.00	63.75	61.20	56.00	60.20	56.25	51.59	49.20
1971	101.40	90.00	80.00	80.55	72.24	61.20	52.72	46.58	42.01	38.10
1972	126.60	115.80	106.00	105.75	96.84	89.80	84.41	82.13	79.46	72.00
1973	122.40	118.20	103.20	86.85	76.44	65.30	56.61	50.78	45.63	36.12
1974	154.80	132.30	115.20	105.30	106.20	99.40	62.35	84.23	75.44	67.86
1975	141.60	108.60	96.00	90.30	84.48	74.60	65.37	58.43	53.53	49.56
1976	75.00	63.30	60.80	52.65	43.44	37.10	35.70	33.00	30.15	27.30
1977	117.00	87.90	70.60	55.05	47.04	41.00	37.06	34.05	31.42	28.80
1978	119.40	109.20	94.00	85.35	72.84	62.30	53.21	47.25	26.33	24.24
1979	144.00	123.00	107.00	92.25	80.40	72.00	65.71	58.65	54.81	50.16
1980	120.00	90.00	80.00	72.75	72.00	70.00	69.28	68.63	67.00	63.84
1981	97.80	74.70	68.20	67.20	63.00	62.70	58.99	56.48	52.13	50.70
1982	103.20	73.20	81.00	76.50	72.00	66.90	63.33	59.25	54.81	50.10
1983	112.20	97.50	76.60	67.50	64.44	52.60	50.49	45.15	40.40	20.28
1984	180.00	150.00	138.00	118.50	106.80	94.80	84.07	75.38	68.01	61.26
1985	172.20	145.50	130.20	127.35	113.76	102.80	91.46	83.40	76.25	69.06
1986	135.60	110.40	79.40	66.90	72.00	51.50	44.88	39.83	35.54	32.64
1987	102.00	90.60	83.60	83.85	74.40	68.00	61.29	54.60	49.25	46.44
1988	86.40	75.00	68.80	63.75	53.76	46.20	39.61	35.25	31.62	31.02
1989	78.00	73.80	70.00	59.85	55.08	50.30	44.54	39.30	35.98	32.40
1990	114.00	84.00	76.00	67.50	59.40	52.90	51.43	48.30	44.35	40.08
1991	63.00	41.10	31.00	32.25	30.84	27.10	23.12	19.95	18.09	16.26
1992	153.00	119.40	105.60	93.60	81.00	71.50	61.88	55.28	49.85	45.60
1993	233.40	118.80	99.40	88.95	76.68	68.30	66.22	65.55	62.85	61.08
1994	111.00	106.50	88.40	76.20	63.72	54.20	46.07	40.80	36.52	11.28
1996	115.80	100.20	95.60	88.95	82.56	75.30	67.00	62.30	57.10	51.50
1997	114.00	114.00	107.00	99.90	89.16	80.30	70.40	62.90	58.20	53.50
1998	123.00	91.50	72.00	61.05	55.08	48.10	42.80	38.00	34.00	30.80
1999	108.00	81.00	72.80	63.60	55.44	54.20	51.40	47.20	43.30	42.80
2000	180.00	143.70	115.80	105.00	105.48	93.90	85.60	76.30	68.10	62.00
2001	120.00	89.70	79.60	71.70	66.12	59.60	52.40	46.60	41.50	27.20
2002	115.20	107.40	97.40	78.00	64.20	54.90	48.30	42.80	38.30	34.60
2003	112.20	111.30	93.20	83.70	78.24	83.30	79.50	76.00	70.90	65.60
2004	115.20	110.40	92.20	77.55	68.88	56.20	58.50	52.90	50.00	46.50
2005	60.00	48.00	40.00	36.00	32.40	28.20	25.90	24.20	22.50	20.90
2006	115.20	101.40	80.00	71.70	58.76	69.60	58.00	61.70	57.20	52.10
2007	105.00	103.80	91.20	82.65	77.52	74.10	68.00	63.50	60.50	55.40

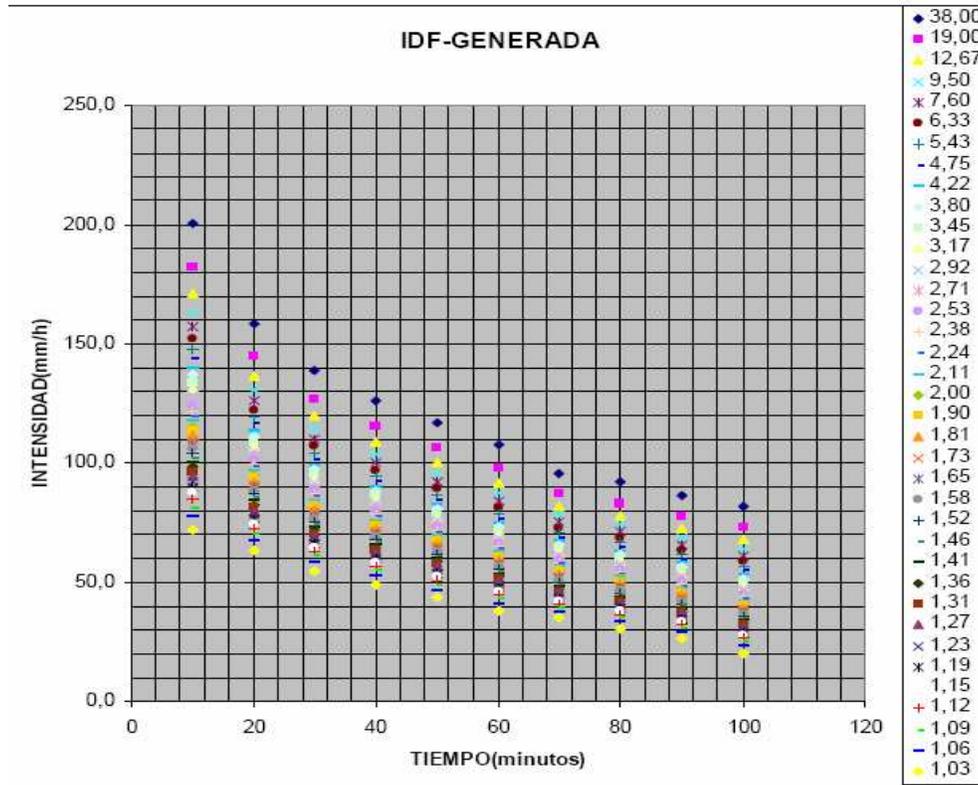
En función de los datos obtenidos para las diferentes intensidades de lluvia en los rangos de horas reseñados, se generaron las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), mismas que fueron calculadas en función de los datos pluviométricos originales, sin realizar ningún procedimiento estadístico de ajuste sobre ellos, y que se grafican en la figura 4 -12 siguiente.

**Figura 4-12 Curvas IDF de la Muestra**



Una vez establecidos los criterios para la formación de eventos con base en los valores de IDF muestra, particularmente considerando condiciones extremas de aguaceros locales en la cuenca con altos niveles de escorrentía, sin que se registren altas filtraciones de las aguas lluvia, se estiman los valores de IDF provistos, los cuales son proyectados en función de la probabilidad de ocurrencia de eventos críticos para cada una de las condiciones de potenciales lluvias extremas identificados, con lo cual se construyeron y registraron las curvas de máxima Intensidad-Duración-Frecuencia de caudales para la cuenca, que se ilustran a continuación en la Figura 4-13.

**Figura 4-13** Curvas de IDF generadas para condiciones extremas de caudales en la cuenca del arroyo grande



En función de las mismas, se estimaron y determinaron los caudales previstos para los picos propios de los aguaceros más fuertes que se han presentado hasta el momento en la zona a través de la historia, que como se registró de manera previa, se identificaron en los años 1970, 1985, 1995 y 2005, a partir de los cuales se obtiene la tormenta base del diseño del curso del canal a ser modificado en los terrenos de la Refinería de Cartagena, misma que registra los eventos de caudales para condiciones extremas medias en la Tabla 4-9 siguiente.

**Tabla 4-9 Caudales pico estimados para eventos de aguaceros máximos en el arroyo grande.**

<b>CAUDALES PICO PARA LOS AGUACEROS MAXIMOS CONSIDERADOS</b>				
<b>(m<sup>3</sup>/s)</b>				
<b>PERIODO DE RETORNO (AÑOS)</b>				
<b>FECHA</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
<b>5 DIC. 70</b>	11.8	60.7	86.1	108.8
<b>13 JUN. 71</b>	41.7	63.1	94.8	122.4
<b>7 JUN. 72</b>	40.0	61.0	91.9	116.8
<b>17 MAY. 73</b>	41.1	69.9	109.8	140.8
<b>5 NOV. 73</b>	49.6	81.2	128.6	154.4
<b>14 JUL. 75</b>	39.7	69.1	116.6	144.3
<b>1 AGO. 75</b>	45.9	72.4	110.2	134.7
<b>21 ABR. 79</b>	37.0	57.7	89.8	110.6
<b>28 JUL. 80</b>	24.5	39.4	76.3	97.4
<b>21 SEP. 82</b>	40.0	54.3	96.5	124.7
<b>8 AG. 85</b>	34.9	52.9	79.3	100.9
<b>28 OCT. 85</b>	52.8	79.4	126.8	156.9
<b>5 SEP. 87</b>	<b>58.6</b>	<b>98.4</b>	<b>153.7</b>	<b>191.7</b>
<b>MEDIA</b>	32.6	50.2	74.0	94.3

Del análisis de la tabla anterior, vale destacar que para el caso objeto de análisis, se registró un evento de lluvia extrema muy aislado, que arrojó un caudal máximo-máximo estimado de 191.7 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 100 años y que se correspondió a un evento de aguacero de tormenta reportado el 5 de Septiembre de 1987, el cual por no estar dentro de los valores medios máximos registrados y responder en su lectura a un evento único dentro del registro pluviométrico previsto, no se tuvo en cuenta para los fines del análisis (ver Tabla 4-9).

De cualquier manera, los registros con períodos de retorno muy altos (100 años), presentan un porcentaje de error significativamente alto en comparación con los estimados para escenarios entre 1 y 20 años. Sin embargo, se considera que el criterio de un diseñador experimentado puede suponer los inconvenientes estadísticos y en consecuencia generar una solución acorde con las solicitudes de la estructura y obviamente respetando los niveles de sensibilidad, riesgo y trazabilidad debida para el caso.

#### *4.4.1.3 Descripción Conceptual del nuevo trazado del Arroyo Grande.*

En función de las proyecciones de caudales adelantadas en el aparte anterior y considerando las necesidades asociadas al desarrollo del proyecto de ampliación de la refinería de Cartagena, que como se registra, demanda para garantizar los estándares de seguridad requeridos, mismos que en su consideración deben garantizar el flujo natural de

las aguas del Arroyo Grande, se ha estimado que el nuevo trazado previsto para el arroyo, tendrá una longitud aproximada de 1.961.2 m, donde se prevé la construcción de dos estructuras tipo *Box Culvert* a la altura de las compuertas de acceso a la refinería identificadas como No 3 y No 4, las cuales se habilitarán para garantizar el flujo vehicular, de maquinaria y equipos necesario para el desarrollo de las obras de construcción previstas del proyecto, al reconocer que las mismas se adelantará, paralelo a la operación de la refinería actual, sin que se llegue a intervenir ni afectar la integridad de la misma.

Estas estructuras mencionadas, serán diseñadas para soportar tráfico muy pesado, siendo sus dimensiones consecuentes con las secciones previstas para el nuevo trazado del arroyo, las cuales se construirán con dimensiones que nunca obstruyan los flujos de agua previstos para el arroyo en eventos de máximos caudales

Adicionalmente, el diseño conceptual previsto, registra una curva pronunciada que además de reorientar la dirección del cauce del arroyo, funcionaría como una estructura de disipación de energía, esto con el fin de garantizar el mínimo impacto de los flujos extremos del canal aguas abajo, del punto de conexión de arroyo con el canal de modificación de cauce. Se ha determinado que el radio requerido para este ángulo de desviación sería entre 2 y 5 veces el ancho del canal, por lo que para este caso en particular, se asume un radio de curvatura de 60 m, a fin de garantizar una transición suave en el recorrido del agua a través de este punto de la sección longitudinal del Arroyo.

En la Figura 4-14 siguiente, se ilustra el nuevo curso previsto del Arroyo Grande (azul), mismo que entra al predio de la Refinería de Cartagena por su costado oriental, para seguir paralelo a la maya que lo separa de la vía oriental de Mamonal y en el que se identifica la ubicación previstas de las compuertas No 3 y No 4 (rosado) en las cuales se instalarían los dos *Box Culvert* previstos.

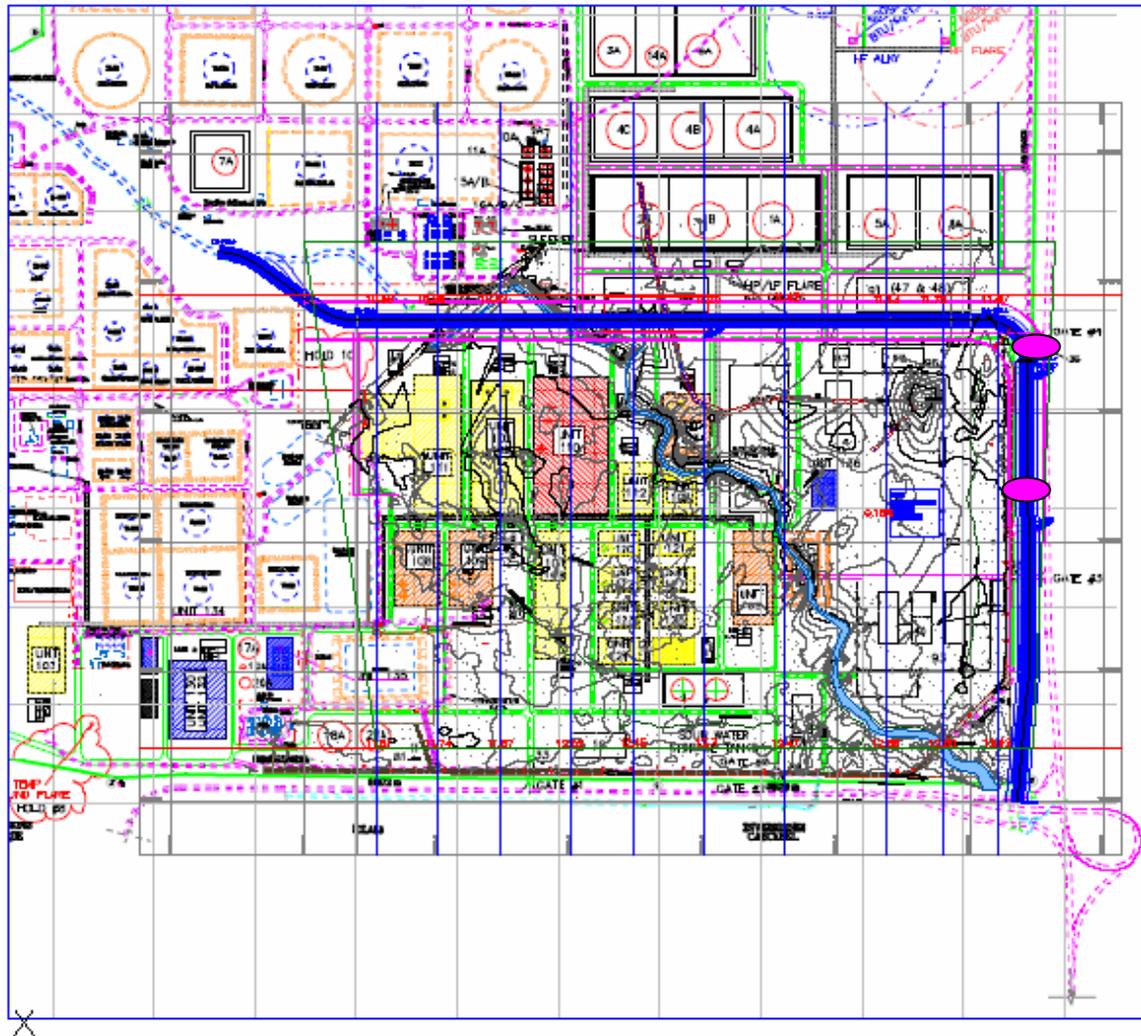
Para los fines reseñados, el canal se construirá desde la abscisa más alejada (Km 1 + 961.2 m), localizada en el costado norte de los predios donde se desarrollará el proyecto y precisamente al sur del área de tanques de la refinería, para continuar hacia la más cercana al sitio de recepción de aguas del arroyo, en el costado sur-oriental del predio (Km 0+0.0 m).

Durante el proceso de construcción del mismo, se tiene previsto que el material de excavación del nuevo cauce, se irá colocando al lado Sur u Occidental del canal (según corresponda a cada caso), en preparación para su acarreo hacia los sitios de relleno que se determinen, que podrá ser dentro del mismo predio, sin que se intervenga el cauce natural hasta tanto se hayan concluido las obras de adecuación del nuevo cauce del arroyo. Así las cosas, el movimiento de tierras se iniciará desde el sector Oriental de la refinería en su costado norte señalado y hacia el Occidente, formando planos de escorrentía hacia el Norte y Oeste, terminando en el sector norte del canal, permitiendo así durante la fase constructiva del mismo, una rápida evacuación de las aguas lluvias.

De acuerdo a las evaluaciones adelantadas en proyectos de canalización de arroyos vecinos, de forma inicial se extrapolaron los resultados obtenidos en cada caso, mismos que serán ajustados con los análisis detallados de suelos del área de interés del proyecto actualmente en desarrollo, de forma tal que se asume con un margen de confiabilidad del 90%, que los suelos a intervenir registran la misma composición de arcillas expansivas encontradas en dichos casos, por lo que se prevé que los mismos deberán ser estabilizados antes de su extracción y disposición, ya sea con cal o arena-cemento, para los fines de evitar eventos de inestabilidad en los sitios donde se dispongan de manera definitiva.

De cualquier forma y no obstante, las fundaciones de las estructuras de soporte de las plantas de la refinería, aun colocando parte del material extraído en el desarrollo de las excavaciones del nuevo curso del arroyo, estarán sujetas a ajustes de ingeniería de detalle, dependiendo de los materiales granulares presentes en las excavaciones, así como en función de los procesos constructivos a la fecha en su fase de diseño.

**Figura 4-14 Encauce del Arroyo Grande**



En cuanto a las dimensiones generales del nuevo curso previsto para el Arroyo Grande dentro del predio de la Refinería de Cartagena, se puede mencionar que el canal contará con 4 secciones típicas de diseños principales, entre las que se destacan una sección trapezoidal en tierra, una rectangular en concreto, un punto de quiebre (curva cerrada por cambio de dirección 90°) en concreto, y una sección en concreto con refuerzos que se limitará a tramos de transición entre los puntos de recepción y entrega, así como entre las entradas y salidas de los box-culvert previstos y cuyos costos por estructura y secciones típicas se registran en la Tabla 4-11 siguiente .

**Tabla 4-10 Presupuesto Base para la Modificación del Cauce**

<b>Tabla 4. PRESUPUESTO BASE PARA LA MODIFICACIÓN DEL CAUCE DEL ARROYO GRANDE EN PREDIOS DE LA REFINERÍA DE CARTAGENA</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>Unid.</b>	<b>Valor Unit.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Parcial</b>
<b>1</b>	<b>Nuevo Canal</b>				<b>\$ 9,870,000,000</b>
1.1	Canal en Tierra	ml	\$ 1,000,000	680	\$ 680,000,000
1.2	Canal en Concreto	ml	\$ 6,500,000	1,260	\$ 8,190,000,000
1.3	Box culverts A	u	\$ 250,000,000	2	\$ 500,000,000
1.4	Box culverts B	u	\$ 150,000,000	1	\$ 150,000,000
1.5	Estructuras entrada y salida	Gl	\$ 350,000,000	1	\$ 350,000,000
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>\$ 9,870,000,000</b>
<b>CONTINGENCIAS (15%)</b>					<b>\$ 1,480,500,000</b>
<b>TOTAL COSTOS MODIFICACIÓN</b>					<b>\$ 11,350,500,000</b>

De igual forma, las estructuras de entrada del arroyo grande al nuevo canal previsto y aquella en el punto de entrega al cauce natural del Arroyo Grande, serán estructuras sencillas en concreto reforzado, que permitan el flujo ininterrumpido hacia y desde el cauce modificado. La toma de agua (estructura de entrada al canal), se plantea como un muro reflector del flujo agua proveniente del *box-culvert* que permite el paso del arroyo a través de la vía Occidental de Mamonal, el cual será construido en línea recta en sus inicios y con desarrollo de una curva antes del punto de entrega, utilizando concreto reforzado con ajuste segmentado en el punto de entrada a los terrenos de la Refinería. Por otro lado, la estructura de salida será diseñada como una estructura de transición en concreto, reforzada con rocas embebidas en el propio concreto, para los fines de fortalecer su capacidad de soporte ante eventos de grandes avenidas del Arroyo y en consideración a la existencia de una ligera curva que se desarrolla en el costado nor-occidental del arroyo, antes de su entrada en el lote contiguo a la refinería.

Es de resaltar que los cálculos inicialmente adelantados para los fines del diseño del nuevo cauce del arroyo dentro de los predios de la Refinería, permiten estimar que debido a las pendientes que se manejan (por demás muy escasas), no será necesario considerar el diseño y montaje de estructuras de disipación de energía en los puntos de inflexión del canal del arroyo Grande, para los fines de reducir las velocidades del flujo a los niveles del régimen de caudales recomendado para el arroyo.

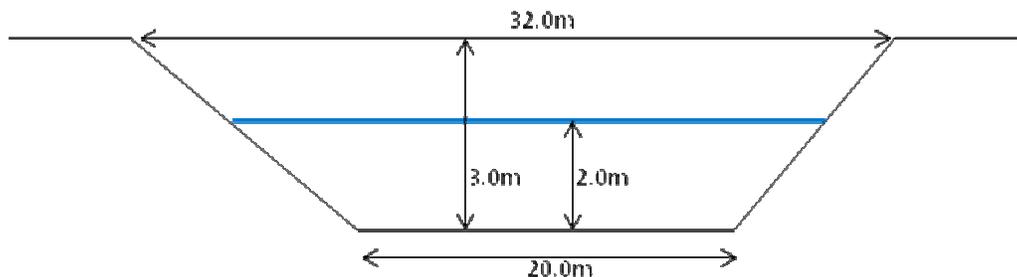
En función de las consideraciones y anotaciones conceptuales aportadas, a continuación se aporta una breve descripción de los diseños conceptuales a ser aplicados en las secciones

típicas del Arroyo Grande, con ocasión de proponer la modificación de su trazado dentro de los predios de la Refinería de Cartagena, así:

1. Del K0+00 al K0+680.5, contado a partir de la estructura de recibo y conexión con el arroyo aguas arriba, se construirá un canal trapezoidal en tierra, con pendiente de 2H: 1V, y se dejarán franjas sin intervenir (salvo para los fines de desarrollar una vía perimetral de servicio y mantenimiento del arroyo en su costado exterior, paralela a la maya de la refinería en el costado de la vía occidental de Mamonal-Gambote, con desarrollo de arborización protectora con especies nativas y revegetalización con gramíneas y plantas arbustivas de soporte, el cual tendrá un ancho medio contado desde el borde del canal de 20 metros a cada lado).

La base del canal en esta sección prevista, tendrá un ancho de 20.0m, conforme se registra en la Figura 4-15 siguiente, para garantizar una capacidad de evacuación y flujo de las aguas para condiciones acordes con los caudales de diseño reseñados.

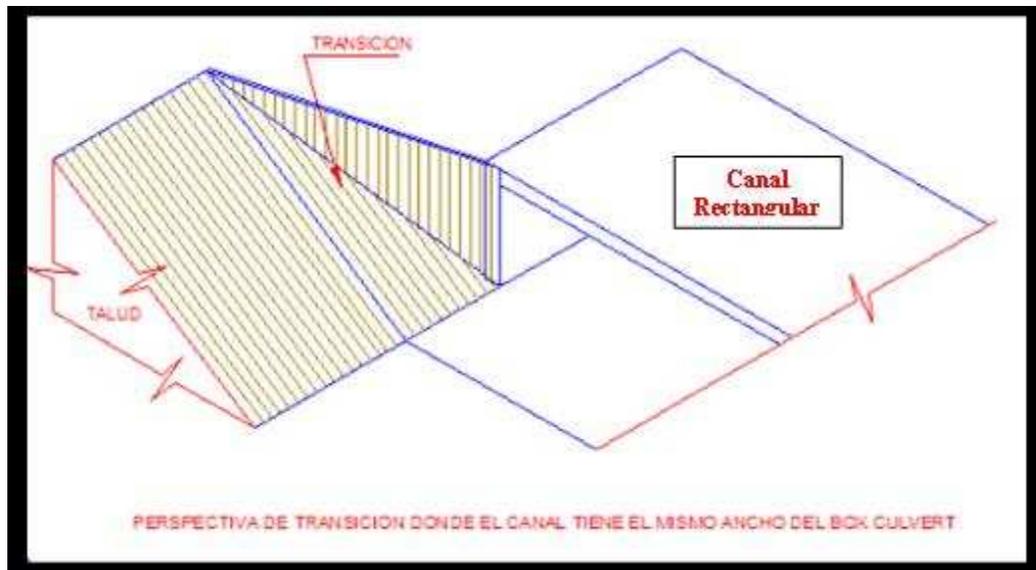
**Figura 4-15 Sección Trapezoidal del Canal.**



2. Para el tramo de la sección prevista a desarrollar entre el K0+680.5 al K0+682.5, se prevé construir una transición del canal en tierra a un canal rectangular abierto en concreto. En este caso, se supone una transición suave y gradual entre la sección trapezoidal y la rectangular, para evitar resaltos o turbulencias no deseadas, e incluso, para evitar potenciales efectos de socavación (ver Figura 4-16).

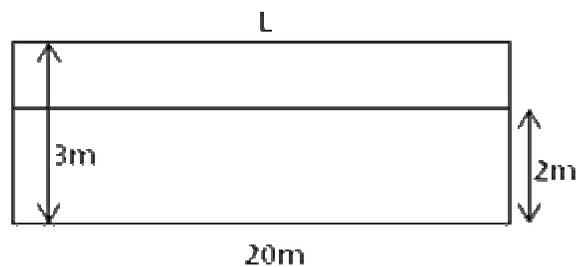
Al igual que en la sección anteriormente descrita, se dejarían franjas de 20 metros sin construir a cada lado del canal para los fines de protección y estabilización del cauce, así como para adelantar las obras de mantenimiento del mismo.

**Figura 4-16 Transición del Canal de sección Trapezoidal a una Rectangular**



- Entre el K0+682.5 al K1+961.2 se construirá un canal rectangular abierto con paredes y fondo estructural en concreto reforzado, mismo que se adelantará con esta sección debido a la limitación de espacio lateral que registra el terreno, para lo cual, la sección típica de este tramo, se ilustra en la Figura 4-17 siguiente.

**Figura 4-17 Sección Rectangular del Canal**



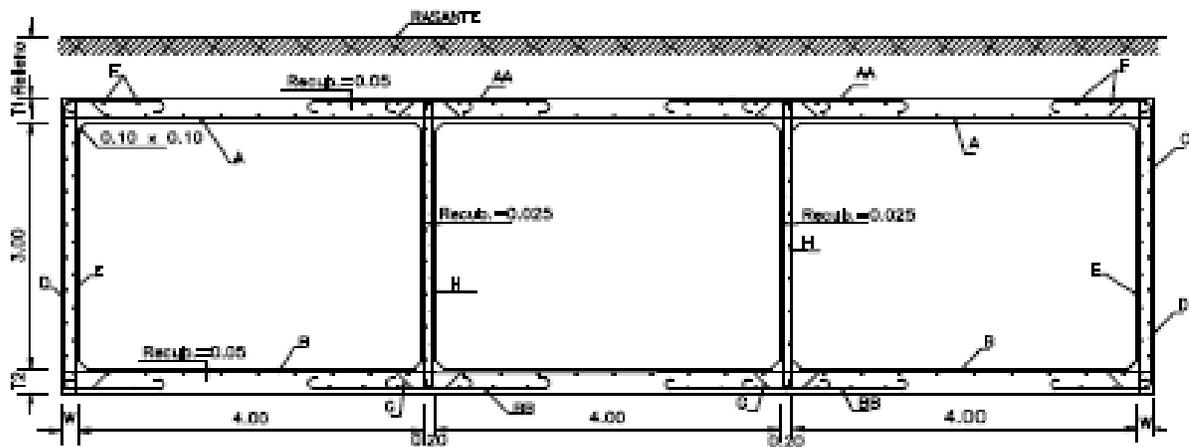
- Como se mencionó anteriormente, se requiere construir vías de acceso a las áreas de desarrollo del proyecto, mediante estructuras que permitan el cruce sobre el canal, que como se mencionó, se tiene previsto sea en 2 puntos. Para esos fines, se construirán e instalarán en cada sitio previsto, Box Culverts de 3 m de altura, y 3.65 m de ancho cada uno, mismos que serán fundidos ex situ).

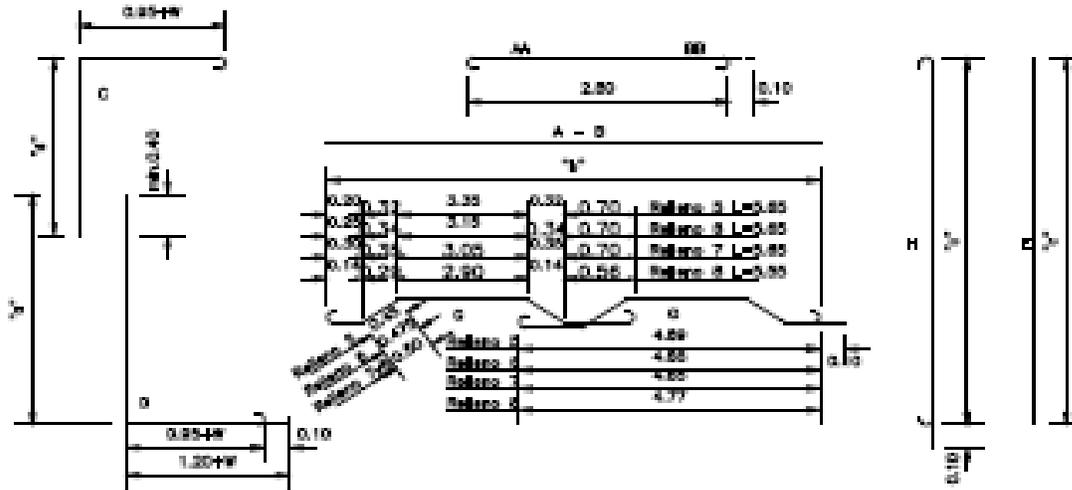
Cada uno de ellos tendrá 4 m de largo, y serán colocados en series de 4 estructuras, de a tres en fondo, para los fines garantizar una sección transversal libre de 20 m (coincidente con la sección flujo medio del canal), y una superficie de 8.5 m de ancho prevista para permitir el paso del tráfico de ingreso y salida de vehículos (de todo tipo y por dos carriles) a la zona de desarrollo del proyecto de ampliación de la Refinería de Cartagena.

Las dos estructuras señaladas, serían cubiertas con una capa de rodadura de asfalto, en caso de considerarse necesario, misma que se ubicaría a la misma altura del resalto de la vía Mamonal-Gambote .

Se tiene previsto que los Box Culverts tendrán un espesor de 20 cm en todas sus paredes, con un recubrimiento de 2.5 cm en pañete, y serán reforzados con doble maya electro-soldada de acero, para garantizar la resistencia tanto al tráfico vehicular previsto, como frente a los flujos de máxima escorrentía y caudales previstos para el Arroyo. En la Figura 4-18, se ilustran las características generales de diseño mencionadas, para los fines de tener un mejor entendimiento de las dimensiones y funcionalidad de los mismos.

**Figura 4-18 Dimensiones previstas para un Box Culvert Típico.**





3 CELDAS DE 4.0m. x 3.0m.  
ESCALA: 1: 25

En función de los mismos, se pretende entonces distribuir los volúmenes de suelo a remover, de acuerdo al diseño de movimiento de tierras que a la fecha se viene trabajando para los fines del dimensionamiento del proyecto, con el fin de contar en su momento con un sistema de construcción ordenado.

Así, al terminar la apertura y estabilización del nuevo curso del canal, con todas sus obras civiles debidamente probadas, se desviaré el flujo del antiguo curso hacia el nuevo cauce, mediante una excavación direccional a ser adelantada en cercanías al punto de contacto a la entrada del canal a los predios de la refinería. Una vez conectados, el cauce del Arroyo con su nuevo cauce, se preparará la base para construir un dique en tierra, que para el caso será protegido con piedra moldeada y/o concreto reforzado, conforme se determine previamente, producto de los análisis de estabilidad, cohesión y compactibilidad de los suelos encontrados en el sitio.

De igual forma y una vez concluida la conexión entre el cauce del Arroyo Grande y su nuevo curso dentro de la Refinería, se desecará el cauce abandonado para posteriormente adelantar las labores de relleno correspondientes, las cuales se adelantarán mediante el empleo de los materiales de corte y excavación a ser adelantados, mismos que serán igualmente compactados para los fines de soportar las nuevas estructuras y plantas que sobre los mismos se tiene previsto construir como parte del Plan de ampliación y modernización de la Refinería de Cartagena, .

#### 4.4.1.4 Balance de Movimientos de Tierra

Conforme la cubicación adelantada en el terreno, y considerando que los predios y en general el terreno de la refinería se encuentra en promedio a 15 m.s.n.m. en su extremo Oriental, y a 12 m.s.n.m. en el costado sur occidental del sitio destinado para el desarrollo del proyecto, se asume en consecuencia que la cota promedio para adelantar la nivelación del suelo prevista para la modificación de curso del Arroyo, se asume de 11 metros sobre el nivel medio del mar.

En función de los valores anotados y teniendo en cuenta las condiciones propias del terreno así como en función de los volúmenes aproximados de excavación a ser previstos (ver Tabla 4-11), se supone que el balance de cortes vs rellenos, sería equivalente, ya sea que el material sea dispuesto como parte de los componentes de recreación y paisajismo, o integrados a las estructuras de drenaje, por lo que para el caso se calcula un volumen de relleno de 500,000 m<sup>3</sup> (al igual que de corte).

**Tabla 4-11 Balance de Movimiento de Tierras**

<b>Movimiento</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
Corte Preparación del Terreno (-)	465,000
Relleno Preparación del Terreno(+)	500,000
Construcción Canal (-)	35,000
Balance*	0.0

\*Así las cosas, se destaca entonces que la totalidad de las tierras a ser cortadas y removidas a lo largo de la sección prevista para establecer el nuevo cauce del Arroyo Grande, se extenderán y compactarán dentro del mismo terreno y en función de las obras y las necesidades de material previstos para la nivelación integral de los terrenos, lo cual obviamente y al momento del desarrollo de las excavaciones y obras en general, estará sujeto a los cambios que deba motivarse, precisamente en función de la composición final que registren los suelos de la refinería, que como se anotó, permiten a la fecha y con un nivel de confianza del 90% garantizar su utilización extendida en el desarrollo de las obras.

#### 4.5 Materiales de Construcción

Como se ha mencionado en el capítulo 2 sección 2.2.2.1, el material para el relleno y la compactación del terreno, será obtenido del mismo lote. Se calcula que la cantidad total de material de relleno requerido por la obra será de aproximadamente 500.000 m<sup>3</sup> igual al volumen de la excavación, sin embargo, en el caso que el material excavado no supla las necesidades del relleno y compactación, se utilizará material de la cantera existente en la zona, explotación debidamente autorizada por parte de las autoridades ambiental y distrital.

#### 4.6 Aprovechamiento forestal

El área objeto de aprovechamiento forestal, se encuentra, como ya se mencionó, ubicada en jurisdicción del municipio de Cartagena, Sector Industrial de Mamonal, al interior de los predios pertenecientes a la Refinería de Cartagena S.A., ECOPEPETROL, kilómetro 7 de la vía Cartagena – Pasacaballos, sobre la margen oriental de la Bahía de Cartagena, a 3.5 kilómetros al noreste del canal del Dique. Sus Coordenadas son las siguientes: S: 1634000 E: 845000.

**Figura 4-19 Ubicación de la refinería de Cartagena S.A. - REFICAR**



Fuente: Araujo Ibarra & Asociados Proyecto EIA, imagen tomada de Google Earth, 2007.

La etapa de construcción implica la remoción de la cobertura vegetal de un área aproximada de 58 hectáreas del terreno de propiedad de REFICAR, removiendo cerca del 90% de la cobertura vegetal presente, conforme lo anunciado en el EIA que condujo al otorgamiento de la licencia ambiental en el año 2000 (Res. 1152 de 2000) y cuyo permiso

correspondiente se encuentra en trámite ante CARDIQUE, con radicación de Junio de 2008.

En consecuencia, se solicita en el presente aparte la autorización para adelantar el aprovechamiento forestal único conforme el Decreto 1791 de 1997, de la cobertura forestal remanente en la franja de 60 metros de ancho (30 metros en la margen izquierda y 30 metros en la margen derecha) a lo largo del cauce del Arroyo Grande, en atención a la modificación de su cauce, conforme se registra en el aparte anterior

A ese respecto, la vegetación presente en los predios del proyecto corresponde a una entremezcla de vegetación tipo rastrojo, en todas las etapas de su crecimiento, pastos y árboles, creciendo en forma aislada o formando grupos de diversos tamaños. Muchas de las especies desfolian durante los períodos de intensa sequía, como mecanismo para evitar la pérdida excesiva de agua. A consecuencia de esto, los suelos quedan prácticamente desnudos y expuestos a la acción de la erosión. Al presentarse la época de lluvias (mayo - junio y septiembre-noviembre), la vegetación se desarrolla rápidamente (IGAC, 1975).

En el área total a aprovechar, solo se presentan algunos relictos aislados de la flora arbórea secundaria y en los alrededores del predio de REFICAR, se observan algunos ejemplares de gran desarrollo, que se pueden considerar como relictos del bosque primario, ubicados hacia las denominadas “Lomas de Andian“, en jurisdicción de los municipios de Turbaco y Turbana, extremo oriental de la zona industrial de Mamonal.

Se estima para los fines de la modificación del curso del Arroyo Grande, un aprovechamiento total equivalente a 47,7 m<sup>3</sup> de madera en 6 ha de terreno que comprende la franja de protección actual del mismo. El resto de las áreas a intervenir por el proyecto y su aprovechamiento forestal, se tramitó ante CARDIQUE según se explica mas adelante.

#### Metodología del estudio de aprovechamiento forestal

La metodología empleada para la elaboración del estudio contó con tres fases, a saber:

- La primera fase preliminar comprendió una visita de reconocimiento al área objeto de aprovechamiento, revisión de imágenes de satélite de dicha área, revisión de la documentación e información ambiental existente del área, y planeación y diseño del inventario forestal a aplicarse.
- La segunda fase o de trabajo de campo se llevó a cabo durante cinco (5) días y comprendió la ejecución del inventario forestal, mediante el establecimiento de las unidades (parcelas) de muestreo dentro del área objeto de aprovechamiento forestal y el registro de toda la información requerida. Adicionalmente, se tomó información completa sobre las características florísticas y ambientales generales, a partir de la observación del área.

- La tercera fase consistió en el procesamiento de la información tomada en campo y la integración de la misma para los fines del informe final.

Para una mayor comprensión integral de lo adelantado, en el anexo 4-1 se registra los cálculos del volumen total del aprovechamiento forestal del predio de REFICAR, incluido el cambio de curso del Arroyo Grande objeto de esta solicitud .

#### Aprovechamiento solicitado

El volumen solicitado para el aprovechamiento único a llevarse a cabo en el área de 30 metros a lado y lado del Arroyo Grande (para un total de 60 metros) y que comprende 6 hectáreas es de **47.7 m<sup>3</sup>**, y que se corresponde al 10% del volumen total del aprovechamiento a ser generado por el proyecto, mismo que se encuentra en trámite ante CARDIQE,

#### Uso proyectado para el suelo

El uso que se tiene proyectado para el suelo, una vez se haya realizado el aprovechamiento único, es de uso industrial, y está completamente de acuerdo con el uso estipulado en el Plan de Ordenamiento Territorial de Cartagena, según el acuerdo 033 de 2007, con el cual se modificó el decreto distrital 0977 de 2001.

#### Justificación del aprovechamiento único

El aprovechamiento único de esta cobertura vegetal se debe a la construcción del proyecto de ampliación de la Refinería de Cartagena y para el caso particularmente a la modificación del curso del Arroyo Grande. El mismo genera un importante número de empleos, tanto en la etapa de construcción como en la de operación, tal como se detalló en el capítulo 2.

#### Declaración de efecto ambiental

El objetivo es llevar a cabo el mejor manejo al aprovechamiento único que se solicitará. Para ello, se consideran los siguientes aspectos:

Métodos de movilización. La movilización y traslado de maquinarias, equipos y personal, al área de aprovechamiento, se hará utilizando los mismos vehículos que transportarán los productos extraídos.

Construcción de campamentos. No se hace necesaria la construcción de campamentos para este tipo de aprovechamiento, teniendo en cuenta que el personal necesario laborará en las jornadas de trabajo de la Refinería.

Construcción de canales. Teniendo en cuenta que toda el área objeto de aprovechamiento es accesible por vía terrestre y se encuentra dentro de un área industrial (ZIM), no es necesario construir ningún tipo de canal o infraestructura similar, para la movilización de los productos apeados.

Adecuación de cuerpos de agua. Para las actividades de aprovechamiento, no se hace necesario adecuar ningún cuerpo de agua presente en el predio de REFICAR.

Construcción de vías forestales. No es necesario construir una vía forestal específica, como trochas o similares, puesto que, como se mencionó, el área tiene fácil acceso, al igual que la Refinería, tanto por la vía Cartagena – Pasacaballos como por la vía Variante Cartagena - Mamonal – Gambote.

Apeo. Las labores de apeo, descopado y troceado de los árboles se hará utilizando motosierras, hachas y machetes.

Fumigaciones Para el aprovechamiento previsto, no se hace necesaria la utilización de algún tipo de fumigación, para asegurar la preservación de los productos a aprovechar, dada la ubicación del predio de la Refinería dentro de la ciudad de Cartagena de Indias.

#### Descripción de efectos

Sobre el recurso hídrico. Teniendo en cuenta que el único cuerpo de agua presente dentro del área objeto de aprovechamiento es el Arroyo Grande, que atraviesa el lote en sentido sureste – oeste, mismo al que se le cambiará su , claro es que se deberá recrear la vegetación protectora de borde en su nuevo cauce, al cambiar este para los fines descritos.

Se resalta que los métodos de extracción a emplear son sencillos, sin utilizar maquinaria pesada o similar sino movable, por cual, no se podría hablar de efectos nocivos que puedan darse sobre el recurso hídrico tales como incorporación de materiales tóxicos, turbidez, interrupción o desviación de cursos naturales de agua, pérdida del lecho por sedimentación, desprotección de taludes y riberas. De igual forma, el aprovechamiento se adelantará sobre el cauce antiguo una vez se haya adelantado el nuevo, lo cual evitará la generación de procesos de sedimentación de cuerpos de agua, o daños derivados por escorrentías o rellenos en atención al cambio del curso de Arroyo.

Sobre el recurso suelo. Siendo la zona a adecuar plana a ondulada, no hay peligro de efectos erosivos por cambio de cobertura o por construcción de vías o campamentos.

Sobre el recurso fauna. Dentro del área objeto de aprovechamiento, actualmente existe una escasa fauna silvestre, estando representada en mayor porcentaje por el grupo faunístico de las aves, grupo que por su facilidad de desplazamiento podrá contar con sitios aledaños para su refugio y anidación. Adicionalmente, la franja protectora de vegetación, de 60

metros a ser recreada en el nuevo curso del Arroyo originará una superficie total de 6 hectáreas con cobertura arbórea generalizada, que constituye un hábitat para el refugio de fauna silvestre, principalmente aves.

Sobre los asentamientos humanos. Desde el punto de vista de la salud humana, no existen efectos previsibles, benéficos, ni perjudiciales, como causa del aprovechamiento. Posiblemente se produzca un leve efecto benéfico en la estructura socio – económica de las poblaciones asentadas en los alrededores, como consecuencia del aprovechamiento forestal, ya que se crearán aunque sea temporalmente unas fuentes de trabajo y por lo tanto se genera una leve demanda de bienes y servicios, se eleva el nivel laboral, situaciones que aunque de manera mínima afectan favorablemente la estructura socio – económica de la región.

Características florísticas del área a aprovechar

El área objeto de aprovechamiento forestal total de REFICAR, registrada en alrededor de 60 ha., presenta, en cerca del 90 % de su extensión, vegetación de rastrojo de diverso desarrollo (alto, medio y bajo) distribuida de forma abierta. Esta cobertura está conformada, para los árboles y arbustos con diámetros de fuste mayores de 10 centímetros, promedios de 13 centímetros de DAP y alturas promedias de 6 metros, con predominio dentro de las especies arbóreas de especies como guácimo (*Guazuma ulmifolia*), siguiéndole en orden de dominancia el guacamayo (*Albizzia caribaea*), hobo (*Spondias Bombin*), uvita mocosa (*Cordia dentata*), olla de mico (*Lecythis minor*), mora (*Chlorophora tinctoria*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*), especies estas que al igual que las otras presentes, se constituyen en componentes típicos de bosque intervenido, de segundo orden sucesional, con elementos tanto arbóreos como arbustivos (Tabla 4-12).

Desde el punto de vista de su conformación espacial, la cobertura ofrece dos estratos, a saber: un estrato mayor o superior que lo conforman ejemplares con alturas máximos de 8 metros, mientras el estrato inferior está constituido por individuos de altura promedio de 4 metros. Además de estos dos estratos, crecen algunos pocos ejemplares arbóreos, que se destacan por alcanzar alturas hasta de 12 metros, bastante dispersos unos de otros.

En algunos sectores se encuentra coberturas de pastos, los cuales cubren pequeñas franjas dispersas, conformadas principalmente por pasto admirable (*Panicum purpurascens*). De acuerdo a la información de campo, se pudo establecer que hace bastante tiempo fueron desarrolladas en estos terrenos actividades pecuarias, por lo cual se llevo a cabo la siembra de pastos, que aun hoy cubre algunos pequeños sectores.

**Tabla 4-12 Listado general de especies dentro del área de estudio**

No.	NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO
1	Aromo	<i>Vachellia farnesiana</i>

No.	NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO
2	Aceituno	<i>Simaruba amara</i>
3	Acacia roja	<i>Delonix regia</i>
4	Almendra	<i>Terminalia cattapa</i>
5	Trupillo	<i>Prosopis juliflora</i>
6	Bejuco catabre	<i>Cylisia diversifolia</i>
7	Bejuco escalera	<i>Bauhinia sp.</i>
8	Bejuco peinecillo	<i>Combretum fruticosum</i>
9	Bledo de espinó	<i>Amaranthus sp</i>
10	Buche sapo	<i>Pithecellobium sp</i>
11	Cadillo	<i>Cenchrus brownii</i>
12	Camajón	<i>Sterculia apetala</i>
13	Caminadora	<i>Rotboellia sp</i>
14	Campanita	<i>Ipomoea sp</i>
15	Caimancillo	<i>Cestrum sp</i>
16	Casco de vaca	<i>Bauhinia sp</i>
17	Ceiba bonga	<i>Ceiba pentandra</i>
18	Cerezo	<i>Malpighia glabra</i>
19	Ciruella	<i>Spondias purpurea</i>
20	Clavito	<i>Jussiaea linifolia</i>
21	Coquito	<i>Cyperus rotundis</i>
22	Cortadera	<i>Cyperus ferax</i>
23	Chicho	-----
24	Chivato	<i>Lonchocarpus sanctae-marthae</i>
25	Dividivi	<i>Libidibia coriaria</i>
26	Dormidera	<i>Mimosa pudica</i>
27	Golondrina	<i>Boerhavia sp</i>
28	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>
29	Guacharaco	<i>Tabernaemontana psychotriaefolia</i>
30	Guadua	<i>Bambusa guadua</i>
31	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>
32	Guamacho	<i>Peireskia sp</i>
33	Guarda rocío	<i>Digitaria sp</i>
34	Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>
35	Guasca	<i>Galinzoga ciliata</i>
36	Higuereta	<i>Ricinos comunis</i>
37	Hobo	<i>Spondias mombin</i>
38	Humo	<i>Cordia sp</i>
39	Indio desnudo	<i>Bursera simaruba</i>
40	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>

No.	NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO
41	Maria angola	<i>Randia formosa</i>
42	Mamón tigrillo	<i>Talissia aff. Oliviformis</i>
43	Mamoncillo	<i>Melicoccus bijugatus</i>
44	Matarraton	<i>Gliricidia sepium</i>
45	Mango	<i>Mangifera indica</i>
46	Mora	<i>Chlorophora tinctoria</i>
47	Naranjito	<i>Capparis sp</i>
48	Olla de mico	<i>Lecythis minor</i>
49	Palma de lata	<i>Bactris minor</i>
50	Pasto angleton	<i>Andropogon nodusus</i>
51	Pata de vaca	<i>Bauhinia emarginata</i>
52	Pica pica	<i>Mucuna púdica</i>
53	Piñique	<i>Sapium aucuparium</i>
54	Plátano	<i>Musa sp</i>
55	Platino	<i>Croton niveus</i>
56	Polvillo	<i>Tabebuia billbergii</i>
57	Pringamosa	<i>Gnidosculus urens</i>
58	Quebracho	<i>Astronium fraxinifolium</i>
59	Rabo de zorro	<i>Andropogon sp</i>
60	Ramón	<i>Myrospermum cf.frutescens</i>
61	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>
62	Sangreado	<i>Pterocarpus podocarpus</i>
63	Santa cruz	<i>Astronium graveolens</i>
64	Siete cueros	<i>Machaerium glabratum</i>
65	Tiracoco	<i>Pithecelobium lanceolatum</i>
66	Totumo	<i>Crescentia cujete</i>
67	Trébol	<i>Platymiscium pinnatum</i>
68	Tripa de pollo	<i>Euphorbia hirta</i>
69	Uña de gato	<i>Mimosa pigra</i>
70	Uvito	<i>Cordia dentata</i>
71	Venturosa	<i>Lantana sp</i>
72	Viva seca	<i>Chloroleucon mangense</i>

Fuente: Araujo Ibarra & Asociados S.A.

### Inventario forestal

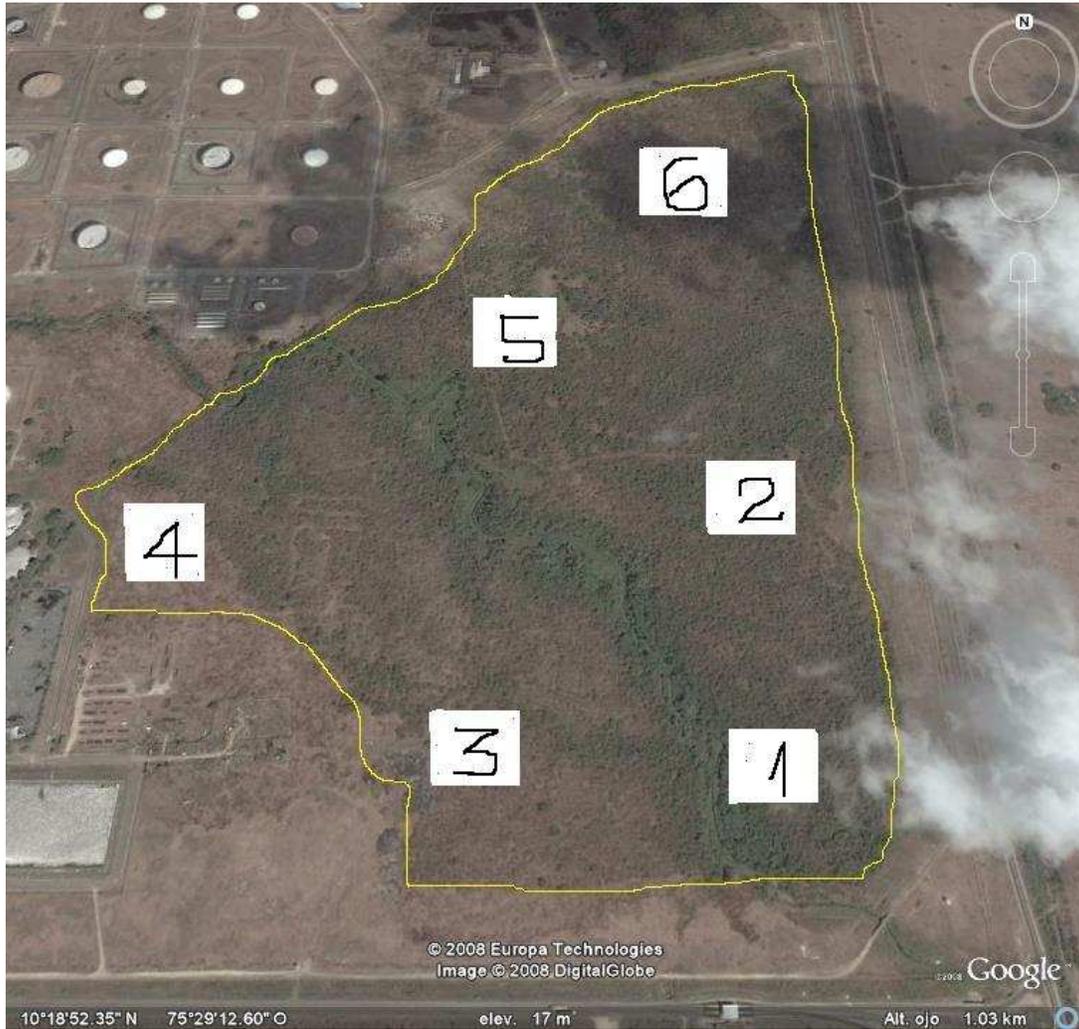
El inventario forestal se diseñó y ejecutó teniendo en cuenta las características generales del área. Para ello, se seleccionó una muestra equivalente al 10 % del área total de 60 hectáreas a intervenir, de las cuales 6 corresponden a los bordes del Arroyo Grande. La muestra se conformó de 6 parcelas cuadrangulares, escogidas al azar, de 10.000 metros cuadrados cada

una, con dimensiones 100 metros x 100 metros y 2 parcelas cuadrangulares en el sector nor-occidente de 2,500 metros cuadrados, cada una. Para la distribución de las parcelas, se elaboró una rejilla o cuadrícula con sesenta parcelas de una hectárea cada una, ubicadas sobre un plano del área.

Una vez se diseñó la cuadrícula, fueron elegidas al azar ocho parcelas, se ubicaron en el terreno y en ellas, se recolectó información para todos los individuos arbóreos con D.A.P > 10 centímetros, comprendiendo especie, D.A.P, altura total, altura comercial y estado del árbol, entre otras variables. En el anexo 4-2, se presentan los datos de campo recolectados para cada parcela, cálculos de área basal y volumen para cada fuste. Así mismo, se muestra el volumen total obtenido en cada parcela. La Figura 4-20 ilustra la ubicación de las 8 parcelas de muestreo y en la Tabla 4-13 se muestra en forma resumida los datos correspondientes a las coordenadas de cada parcela.

**Figura 4-20** | Áreas de estudio y ubicación de las parcelas de muestreo al interior del matorral de los Terrenos de REFCAR.





Fuente: Araujo Ibarra & Asociados, Proyecto EIA, foto tomada de Google Earth, 2008.

**Tabla 4-13 Coordenadas en los vértices de las parcelas de muestreo**

PARCELA	VERTICE	COORDENADAS
1	1	1632474.36 N 845809.90 E
	2	1632552.71 N 845743.28 E
	3	1632549.80 N 845917.97 E
	4	1632472.17 N 845888.41 E
2	1	1632743.78 N 845837.25 E
	2	1632816.94 N 845833.01 E
	3	1632819.96 N 845915.50 E
	4	1632741.58 N 845916.68 E
3	1	1632520.48 N 845454.31 E
	2	1632598.92 N 845440.66 E
	3	1632598.26 N 845520.40 E
	4	1632518.00 N 845530.09 E
4	1	1632688.17 N 845133.96 E
	2	1632766.52 N 845137.66 E
	3	1632761.58 N 845212.81 E
	4	1632677.98 N 845213.35 E
5	1	1633056.99 N 845621.0264 E
	2	1633133.84 N 845616.19 E
	3	1633130.73 N 845694.69 E
	4	1633045.60 N 845693.71 E
6	1	1633359.99 N 845839.35 E
	2	1633442.06 N 845836.06 E
	3	1633442.00 N 845919.75 E
	4	1633366.40 N 845919.12 E
7	1	1633722.0496 N

PARCELA	VERTICE	COORDENADAS
		845627.6033 E
	2	1633719.3654 N 845818.7166 E
	3	1633547.4308 N 845848.3953 E
	4	1633518.0738 N 845744.7905 E
8	1	1633719.3654 N 845818.7166 E
	2	1633711.6378 N 845968.7219 E
	3	1633623.3223 N 844183.0700 E
	4	1633547.4308 N 845848.3953 E

Fuente: Araujo Ibarra & Asociados S.A.

### Cálculo de las existencias totales

Para determinar el volumen total de madera a extraer, tanto para el aprovechamiento del terreno solicitado a CARDIQUE (52 ha.) como del Arroyo Grande solicitado a MAVDT (6 ha.), en el área objeto de aprovechamiento, se procedió al cálculo del volumen por cada parcela, con base en los datos obtenidos árbol por árbol, y luego a realizar la sumatoria de los volúmenes individuales. Para el cálculo de los volúmenes árbol por árbol se empleó la siguiente fórmula:

$$V = DAP \times n / 4 \times H \times Ff$$

donde:

- V = Volumen en metros cúbicos
- DAP = Diámetro a la altura del pecho
- H = altura en metros
- Ff = Factor de forma (En este caso se toma 0,8)

Volumen Total: Sumatoria de los volúmenes de los árboles inventariados

El volumen promedio por hectárea, correspondiente al muestreo realizado, equivale a 7,95m<sup>3</sup>, estimándose un total de 430 m<sup>3</sup> para las hectáreas objeto de aprovechamiento ante CARDIQUE (en trámite) y de **47.7 m<sup>3</sup>**.en inmediaciones del Arroyo Grande ante MAVDT.

En la Tabla 4-14 aparecen resumidos los resultados del análisis estadístico, realizado para el inventario y donde se incluye el cálculo del error de muestreo de dicho análisis, de acuerdo a lo establecido por el artículo 18 del Decreto 1791 de 1996. Este error fue del 8,85%, valor que se ubica dentro del rango permisible para esta clase de inventarios.

**Tabla 4-14 Resultados del análisis estadístico del inventario forestal.**

PARCELA	VOLUMEN ( m3 )
1	8,12
2	10,23
3	8,58
4	7,47
5	10,97
6	2,36
7	1,95
8	2,35
SUMATORIA DE VOLUMEN ( m3 )	52,03
VOLUMEN PROMEDIO POR PARCELA ( m3 )	7,95
AREA PARCELA	10.000 M2
PARCELAS POSIBLES EN EL AREA	60
PARCELAS REALIZADAS	8
VARIANZA DE LA MUESTRA	2,99
COEFICIENTE DE VARIACIÓN EN UNIDADES DE MEDIA	21,7 %
ERROR ESTÁNDAR DEL INVENTARIO CON EL 95% DE PROBABILIDAD ( % )	<b>8,85 %</b>
<b>VOLUMEN PROMEDIO ESTIMADO PARA LAS 60 HECTAREAS</b>	<b>477,0 M<sup>3</sup></b>

Fuente: Araujo Ibarra & Asociados S.A.

#### Volumen a aprovechar

El volumen para las 6 hectáreas objeto de aprovechamiento ante MAVDT es de **47,7 m<sup>3</sup>** producto de las obras de modificación del curso del Arroyo Grande dentro del predio.

#### Equipos y elementos empleados

Se emplearon los siguientes elementos y equipos:

- G.P.S.
- Cinta diamétrica
- Cuerda Plástica
- Cámara fotográfica
- Pintura para marcaje de árboles
- Marcadores
- Formularios de campo
- Machetes
- Limas
- Otros elementos de uso personal.

### Labores de aprovechamiento

Una vez se cuente con el respectivo permiso de aprovechamiento, por parte de la Autoridad ambiental, se desarrollaran las actividades que se resumen a continuación:

*Marcado de los árboles:* esta actividad, de inicio, consiste en marcar con pintura todos los árboles de las especies objeto de aprovechamiento y que han sido seleccionados previamente. Dicha marca se realizará por el lado de la dirección de caída de éstos, de manera que el aserrador tenga una indicación sobre la forma de realizar los cortes. Esta labor será ejecutada por una persona debidamente instruida, pues la caída se determina según la topografía, la forma e inclinación del árbol.

*Apeo:* el árbol se cortará tratando de obtener el fuste lo más largo posible. Se estima que un hombre rinde diariamente 8 m<sup>3</sup> de madera para su extracción y transporte; incluyendo las operaciones de limpia de las áreas vecinas, desrame y troceo. El personal será seleccionado localmente, ya que la población cuenta con alguna experiencia en la extracción de la madera. Estas actividades requieren inicialmente un machete, para proseguir con una motosierra. Se tendrán los cuidados necesarios que exige la norma de seguridad industrial para los motosierristas y los ayudantes); es decir, estos contarán con los elementos de protección personal y equipos adecuados para realizar dichas labores. Además, se les capacitará para tomar las precauciones del caso, evitando accidentes de trabajo.

*Descope o desramado:* el follaje o copa del árbol se cortarán en secciones de dos o tres metros, para facilitar su recolección y acopio. Esta labor la ejecutará otro motosierrista, con su respectivo ayudante (distinto al de apeo), para obtener mayores rendimientos.

*Troceado:* es conveniente realizar esta labor directamente en el lugar de apeo, para facilitar las operaciones de extracción y carga de la madera. Esta labor será efectuada por dos hombres. La longitud de las trozas dependerá de las condiciones del árbol, pero se estima que debe ser de aproximadamente 3 metros.

*Extracción:* el transporte de la madera se hará utilizando camiones de carga, de variable capacidad, que serán conducidos y ubicados para el cargue directo, junto a los sitios de aprovechamiento, con dos puntos de acopio que ofrecen condiciones favorables de accesibilidad. Una vez cargada la madera, ésta se despachará hacia los destinos previamente seleccionados.

*Manejo ambiental del aprovechamiento:* con el fin de complementar las actividades técnicas del aprovechamiento forestal, se elaboró un plan de manejo, que comprende los objetivos, localización, identificación de impactos, acciones a desarrollar e impactos a mitigar.

Evaluación ambiental: la evaluación ambiental de las diferentes actividades del aprovechamiento forestal es de carácter general y tiene por objeto identificar, predecir e interpretar los impactos ambientales generados en el entorno por las diversas actividades relacionadas con el aprovechamiento forestal.

Área de influencia: comprende el espacio geográfico en el cual interactúan los diferentes elementos biofísicos y socioeconómicos (factores ambientales) sobre los cuales se manifiestan las afectaciones o impactos ambientales que se originen de las actividades que comprende el aprovechamiento forestal. El área de influencia para la cual se afecta la calidad ambiental es variable para cada elemento o factor ambiental, dependiendo de las acciones del aprovechamiento; las cuales tienen diferente grado de intensidad, magnitud, importancia, duración y demás atributos que determinan su impacto.

El área de influencia directa para la ejecución del presente aprovechamiento forestal comprende los predios a desarrollar por el proyecto, dentro de la ZIM de propiedad de REFICAR. El área de influencia indirecta comprende la ciudad de Cartagena, a donde se llevarán los productos y residuos del aprovechamiento.

Metodología de evaluación: la metodología de evaluación es estrictamente cualitativa, basada en la apreciación que se tiene sobre las características de los impactos identificados. El procedimiento de evaluación se inicia con la identificación de las actividades del aprovechamiento forestal que causan los mayores efectos, así como los componentes del ambiente más susceptibles de recibir dichas afectaciones. Se determinaron como las acciones, procesos y operaciones de significación para el medio receptor las siguientes acciones:

- Tala o apeo de los árboles,
- desrame y troceo de los árboles apeados,
- transporte interno de las trozas y desperdicios,
- aserrado y apilado,
- manejo y disposición de desperdicios,
- contratación de personal para las diferentes actividades.

### Caracterización de los impactos

*Componente geográfico - formas naturales y estabilidad:* las geoformas originales del terreno serán modificadas totalmente, por efectos de la remoción de los árboles, ubicados en las 6 hectáreas que se han de aprovechar. Estos cambios inciden levemente en el terreno, pues el material quedará expuesto a la acción de la meteorización y pérdida de la consistencia, que no obstante se estabilizará con el relleno y construcción de la refinería.

Las afectaciones sobre el suelo están en función del área que perderán su cobertura y de la calidad de los mismos. Por tal razón, se presentará un leve impacto negativo en este

recurso, por la pérdida parcial de la masa arbórea que servía para la retención de los suelos, aunque a la vez, debido a la estabilidad estructural del terreno, no se permite el desarrollo importante de procesos erosivos y a la vez, la apertura del dosel permite una mayor descomposición de la materia orgánica que resulta benéfica para su aprovechamiento.

*Componente hídrico:* los principales efectos serán producidos temporalmente por el aporte de sedimentos y un aumento de la turbidez, generados por las actividades de arrastre de trozas, remoción de árboles y labor de aserrío. Sin embargo, como ya se describió anteriormente, el único cuerpo de agua al interior del área, es el Arroyo Grande, el cual será cambiado de curso precisamente para garantizar su protección por las obras a adelantar.

#### *Componente biótico*

Vegetación. La remoción de los árboles de las especies que conforman la masa vegetal que representan un valor ecológico reconocido es el impacto de mayor importancia.

Fauna. La fauna terrestre y aérea migrará parcialmente hacia otras áreas boscosas, como la nueva franja de protección a recrear en el Arroyo Grande ó hacia áreas vecinas, esto último mientras se desarrolla el aprovechamiento y luego de éste.

#### *Componente socioeconómico*

Como política de beneficio a la comunidad, la mano de obra será contratada localmente en la ciudad de Cartagena. Otro beneficio social esta directamente relacionado con la comercialización de los productos maderables, que eventualmente resulten del aprovechamiento.

#### *Componente atmosférico*

Las acciones que provocan deterioro en la calidad del aire se presentan en las etapas de tala de los árboles y transporte interno de la madera, se conjugan varios factores como son: la remoción de la vegetación y el arrastre de las trozas, con la consecuente distribución del suelo, lo que hace más factible el movimiento de partículas de polvo hacia la atmósfera, por acción del viento. También está la emisión de partículas y gases, por la operación de la motosierra.

Los niveles de ruido se verán alterados o incrementados levemente durante las actividades de tala, transporte y aserrado de la madera, producto del ruido de los motores.

#### *Medidas de manejo, control, compensación y corrección de impactos generados*

A continuación se presentan las medidas que se tendrán en cuenta, antes, durante y después del aprovechamiento forestal:

- A) Se hará una selección de posibles de plántulas, según la importancia económica y ecológica de las especies ubicadas en las áreas de aprovechamiento único. Estas serán trasladadas a sitios donde su desarrollo permita posteriormente su utilidad para mejorar y conservar los ecosistemas, cual es el caso del nuevo curso del Arroyo.
- B) Los lugares de ubicación de los puntos de acopio del material talado se establecerán junto al área a aprovechar, ya que estos sitios, ofrecen facilidades para el cargue de la madera.
- C) Se adelantarán programas de arborización con elementos obtenidos del aprovechamiento previsto como es el caso del nuevo cauce del Arroyo Grande, producto de la modificación de su curso dentro del predio de REFICAR.
- D) Los residuos (material foliar y leñoso) producidos durante el aprovechamiento, se dispondrán (acopiarse) por fuera del predio de la Refinería, en sitios autorizados.
- E) En ningún caso se acopiará temporalmente o disponer material de desperdicio del aprovechamiento forestal, en zonas cercanas a estas, para efectos de minimizar la probabilidad de ocurrencia de incendios.
- F) Se establecerán normas de comportamiento para los trabajadores vinculados en las diferentes labores del aprovechamiento forestal como son: el adecuado manejo de residuos sólidos, disposición de desechos en corrientes hídricas, y otras asociadas.

#### **4.7 Emisiones atmosféricas**

##### ***4.7.1 Identificación de las fuentes fijas de emisiones de la Refinería***

A continuación se presenta el listado de las fuentes fijas, en la nueva configuración de la Refinería.

**Tabla 4-15 Fuentes fijas atmosféricas de la nueva configuración de la Refinería de Cartagena**

Unidades	Equipos	Gas húmedo		Gas seco		Material particulado		NO <sub>x</sub>		SO <sub>x</sub>	
		m <sup>3</sup> /h	kg/h	m <sup>3</sup> /h	Kg/h	kg/h	mg/m <sup>3</sup> (*)	kg/h	mg/m <sup>3</sup> (*)	kg/h	mg/m <sup>3</sup> (*)
Reformado catalítico (CCR)	Calentador de alimentación	50.795	61.267	50.795	53.766	0,53	10	5,00	98	0,88	17
	Calentador No. 1	58.955	71.109	58.955	62.403	0,61	10	5,80	98	1,02	17
	Calentador No. 2	55.918	67.447	55.918	59.189	0,58	10	5,50	98	0,97	17
Alquilación	Rehervidor del isostripper	12.651	15.259	12.651	13.391	0,13	10	1,72	136	0,22	17
Hidrotratamiento nafta	Calentador de alimentación	7.110	8.576	7.110	7.526	0,07	10	0,70	98	0,12	17
CD Tech®	Calentador del rehervidor del HDS	41.132	49.612	41.132	43.538	0,43	10	5,58	136	0,71	17
Hidrodesulfurización del destilado medio (USLD1/2)	Calentador de alimentación USLD1	12.651	15.259	12.651	13.391	0,13	10	1,72	136	0,22	17
	Calentador de alimentación USLD2	12.651	15.259	12.651	13.391	0,13	10	1,72	136	0,22	17
	Rehervidor del stripper USLD1	18.977	22.889	18.977	20.087	0,20	10	2,58	136	0,33	17
	Rehervidor del stripper USLD2	18.977	22.889	18.977	20.087	0,20	10	2,58	136	0,33	17
Hidrocraqueo (HCU)	Calentador de alimentación nivel 1	30.698	37.027	30.698	32.494	0,32	10	4,17	136	0,53	17
	Calentador de alimentación nivel 2	22.943	27.673	22.943	24.285	0,24	10	3,11	136	0,40	17
	Calentador de alimentación del fraccionador	96.080	115.888	96.080	101.700	1,00	10	13,04	136	1,66	17
Destilación atmosférica	Calentador de alimentación	96.028	115.825	96.028	101.645	1,04	11	13,03	136	1,72	18
Destilación al vacío	Calentador de alimentación	89.798	108.311	89.798	95.051	0,93	10	12,19	136	1,55	17
Planta de hidrógeno	SMR	297.406	374.898	297.406	304.428	0,15	0	24,42	82	2,54	9
Coquización	Calentador 1 de alimentación coker	287.106	346.297	287.106	303.901	2,98	10	38,97	136	4,97	17
	Calentador 2 de alimentación coker										
	Sistema de transporte del coque	-	-	-	-	0,02	-	0,00	0	0,00	0
Oxidación del azufre	Incineradores de gas de cola (2 de 3 operando permanentemente)	13.580	16.350	13.580	15.113	0,04	3	2,01	148	2,62	193
		13.580	16.350	13.580	15.113	0,04	3	2,01	148	2,62	193
Craqueo catalítico (FCC)	Caldera CO	178.171	226.663	178.171	211.594	5,80	33	12,52	70	28,97	163
Unidades de servicio	Tea										
	Turbinas de generación eléctrica	216.027	260.564	216.027	228.664	2,33	11	29,30	136	3,88	18
<b>TOTAL</b>		<b>1.631.234</b>	<b>1.995.411</b>	<b>1.631.234</b>	<b>1.740.758</b>	<b>17,88</b>		<b>187,66</b>		<b>56,48</b>	

\* A condiciones de referencia establecidas por la Resolución 909 de 2008 para actividades de refinación: gas seco, 25°C, 1 atm, 3% de Oxígeno.

**Tabla 4-16 Límites permisibles de emisión a la atmósfera aplicables a las fuentes fijas de la Refinería de Cartagena (en mg/m<sup>3</sup>, a 25°C y 760 mm Hg), conforme las disposiciones de la Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial**

Contaminantes	Equipos de combustión para actividades de refinación del petróleo		Equipos de procesos (Art. 4)				Turbinas a gas con capacidad igual o superior a 20 MW (Art. 11)
	Instalaciones existentes (Art. 22)	Instalaciones existentes/nuevas (Art. 23)	Instalaciones existentes		Instalaciones nuevas		Instalaciones existentes y nuevas
	Combustible sólido	Combustible gaseoso	Plantas de azufre	Otras	Plantas de azufre	Otras	Combustible gaseoso
	6% de oxígeno	3% de oxígeno	11% de oxígeno				15% de oxígeno
Material particulado	170	-	≤ 0,5 kg/h: 250		≤ 0,5 kg/h: 150		-
			> 0,5 kg/h: 250		> 0,5 kg/h: 50		-
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	2.800	-	1.600	550	900	500	-
Óxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	760	300	550		500		120
Compuestos de flúor inorgánico (HF)		-	8				-
Compuestos de cloro inorgánico (HCl)		-	40				-
Hidrocarburos totales		-	50				-
Dioxinas y furanos		-	0,5 ng-EQT/m <sup>3</sup>				-
Neblina ácida o trióxido de Azufre expresados como H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		-	150				-
Plomo (Pb)		-	1				-
Cadmio (Cd) y sus compuestos		-	1				-
Cobre (Cu) y sus compuestos		-	8				-
COV, CO, Hg, NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S y mercaptanos, COT			Monitorear				-
Fuentes fijas de la Refinería a las cuales aplican los límites	Regenerador del catalizador de la FCC.	Chimeneas de los equipos de combustión de gas de planta y gas natural.	Incinerador de gas de cola de las plantas de Azufre.		Venteos del almacenamiento del coque y del Azufre; incineradores plantas de azufre.		Nuevas turbinas a gas.

Fuente: Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

#### 4.7.2 *Incidencia de las emisiones de la Refinería sobre la calidad del aire en la zona*

Los resultados de la modelación de dispersión de contaminantes mostraron que la ampliación de la Refinería no afectará la calidad del aire en cuanto a concentración de material particulado PM<sub>10</sub> (se prevé una mejora) y dióxido de azufre. Se prevé un aumento de la concentración de dióxido de nitrógeno, sin que los límites permisibles establecidos en la Resolución 601 de 2007 sean superados.

Los resultados de la modelación se presentan más detalladamente en el párrafo 4.7.4.

#### 4.7.3 *Sistemas de tratamiento de emisiones atmosféricas*

##### 4.7.3.1 *Manejo de gases de proceso*

- Sulfuro de hidrógeno:

#### **Gas generado por las unidades de refinación:**

El sulfuro de hidrógeno será generado principalmente en las unidades de craqueo catalítico (FCC), coquización, hidrosulfurización de la nafta (USLD1/2), hidrocrqueo (HDC), hidrotatamiento de la nafta (CDTech®) y purificación del hidrógeno (PSA), como se puede apreciar en la tabla siguiente:

**Tabla 4-17 Balance de generación de sulfuro de hidrógeno por parte de las diferentes de la Refinería de Cartagena**

Unidades generadoras de H <sub>2</sub> S	Te/día	
Craqueo catalítico (FCC)	21,4	
Coquización retardada	23,8	
Hidrosulfurización del destilado medio	USLD1	20,4
	USLD2	16,7
Hidrocrqueo	40,0	
Hidrosulfurización de la nafta FCC (CDTech®)	2,5	
Purificación del Hidrógeno (PSA)	4,4	
<b>TOTAL</b>	<b>129,2</b>	

Este gas, por sus características inflamables y corrosivas requerirá ser tratado en mayores cantidades que actualmente, debido la ampliación de la Refinería y la importante disminución requerida del contenido de Azufre de sus nuevos productos.

El flujo de sulfuro de Hidrógeno, presente en las corrientes de gas/vapor de proceso, será enviado a la nueva planta de saturación de gas, que permitirá en una etapa separar la fase

gaseosa de la fase líquida (enviado a tratamiento de aguas agrias) y posteriormente recuperar fracciones comerciables y gas combustible.

La fase gaseosa será purificada por adsorción en una solución de monoetanolamina (MEA) o dietanolamina (DEA) en la planta de amina, lo cual permitirá separar el sulfuro de Hidrógeno (gas ácido).

El gas ácido purificado será enviado a las plantas de Azufre, donde será oxidado catalíticamente, conforme el proceso Clauss presentado en el Capítulo 2, obteniéndose Azufre, uno de los productos terminados de la Refinería de Cartagena.

A las plantas de Azufre también llegará el gas ácido separado en las unidades de stripping de las aguas agrias de las distintas unidades (ver sección 4.3.2.2): destilación atmosférica, destilación al vacío, hidrotratamiento de la nafta, recuperación de ácido, plantas de Azufre, hidrosulfurización del destilado medio, hidrocrackeo, crackeo catalítico, hidrotratamiento de la nafta FCC y coquización.

#### **Gas residual de la unidad de oxidación del Azufre:**

El sulfuro de Hidrógeno de los reactores de oxidación del Azufre que no haya reaccionado será enviado al tratamiento de gas de cola de cada planta de Azufre), junto con el amoníaco provenientes de las unidades de stripping de aguas agrias.

El tanque de almacenamiento de Azufre líquido contará con un sistema de venteo de gases (principalmente  $H_2S$  y  $SO_2$ ), que se abrirá en función de la concentración.

- Amoníaco:

Parte del Nitrógeno contenido en el petróleo crudo será removido durante el proceso de refinación y se encontrará bajo la forma de amoníaco disuelto en las corrientes de agua ácida, condensada en la planta de saturación de gas.

Las corrientes de agua ácida con mayor contenido de amoníaco serán las provenientes de las unidades de coquización, hidrocrackeo, hidrosulfurización del destilado medio y purificación del Hidrógeno, como lo muestra la tabla siguiente:

**Tabla 4-18 Balance de generación de amoníaco por parte de las diferentes de la Refinería de Cartagena**

Unidades generadoras de amoníaco		Te/día
Coquización retardada		9,5
Hidrocraqueo		22,0
Hidrodesulfurización del destilado medio	USLD1	1,9
	USLD2	10,9
Purificación del Hidrógeno (PSA)		0,8
<b>TOTAL</b>		<b>45,2</b>

Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

El amoníaco será removido por stripping de las aguas agrias y enviado a las plantas de Azufre, donde será incinerado en el tratamiento de gas de cola de cada planta, junto con el sulfuro de Hidrógeno que no haya podido reaccionar.

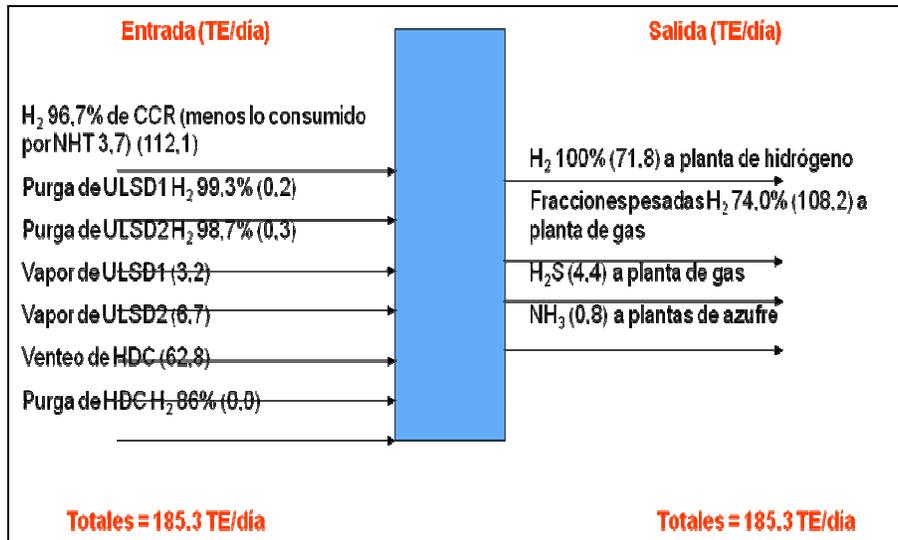
- Hidrógeno:

Con la implementación de las distintas unidades de hidrotreatmento (hidrodesulfurización) y de la unidad de hidrocraqueo, la Refinería de Cartagena será deficitaria en Hidrógeno, por lo cual se hace necesario contar con una unidad de generación de Hidrógeno (a partir de gas natural).

Sin embargo, la recuperación del Hidrógeno, liberado por la nueva unidad de reformado catalítico (CCR) y de los excedentes de Hidrógeno (con pureza superior al 85%) que sean emitidos por las unidades de hidrotreatmento, permitirá manejar este peligroso gas, altamente inflamable y optimizar el consumo de gas natural, ya que se generará de esta forma el 30% de la demanda de la planta en Hidrógeno de alta pureza.

Para lograr lo anterior y conforme lo descrito en el Capítulo 2, la Refinería de Cartagena implementará una unidad de purificación del Hidrógeno de tipo adsorción, con presión oscilante (PSA), la cual utilizará será alimentada principalmente por el flujo proveniente de las unidades de reformado catalítico (60,5%) y de hidrocraqueo (33,9% - este último debido a su operación bajo presión parcial de Hidrógeno, con el fin de prevenir la formación de residuos pesados –, conforme el balance presentado a continuación:

**Figura 4-21 Diagrama de corrientes de la unidad de purificación de Hidrógeno (PSA)**



Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

En la figura anterior, se observa que las fracciones pesadas, de mayor flujo, también se aprovecharán para la producción de un gas combustible, razón por la cual se mandarán a la planta de saturación de gas.

- Gas combustible de proceso:

El gas de proceso de las distintas unidades de refinación, compuestas de fracciones livianas y según el caso de Hidrógeno en concentraciones significativas (>30%) aunque no suficiente para ser recuperado como insumo de las unidades de hidrotratamiento e hidrocrackeo (mediante purificación en la unidad PSA), será aprovechado como gas combustible interno en la Refinería. Lo anterior se logrará en dos etapas:

- Tratamiento en la planta de saturación de gas del proceso proveniente de las unidades generadoras y consumidoras de Hidrógeno: hidrotratamiento de la nafta (NHT), reformación catalítica de la nafta (CCR), hidrodesulfurización del destilado medio (ULSD1/2), Butamer, hidrocrackeo (HDC) y unidad de purificación del Hidrógeno (PSA) (fracciones pesadas). Este proceso tendrá como objetivo la recuperación previa de fracciones aprovechables para la preparación de productos terminados (butano, isobutano, propano, gasolina). También permitirá concentrar el Hidrógeno en el gas combustible.
- La corriente de salida de la planta de saturación, anteriormente descrita, será mezclada con el gas de proceso proveniente de las unidades de coquización, crackeo catalítico (gas seco), destilación atmosférica e hidrotratamiento de la nafta

FCC (CDTech®), rico en fracciones livianas, obteniéndose un gas combustible con una concentración de Hidrógeno y de propano del orden del 35% cada uno.

Vale recordar que la utilización prevista de este gas combustible en la planta, en reemplazo del fuel oil actualmente producido, es uno de los factores que explica la eficiencia energética de la Refinería, conforme lo descrito en el Capítulo 2.

- Fluoruro de hidrógeno:

Este gas, utilizado como catalizador de la reacción de alquilación, será regenerado y reciclado en dos etapas, lo que permitirá prevenir su emisión a la atmósfera, además de optimizar su consumo:

- separación de los productos de la reacción en el sedimentador y recirculación al reactor,
- neutralización de los vapores condensados del stripper de ácido fluorhídrico (despropanizador) y recirculación al reactor.

Los venteos de la unidad de alquilación, con contenido de fluoruro de hidrógeno, serán tratados y enviados a una de las teas.

#### *4.7.3.2 Control de emisiones de material particulado de las unidades de manejo de productos sólidos*

- Unidad de coquización:

Para prevenir la emisión a la atmósfera de material particulado, producto de la operación de corte, transporte y almacenamiento, se construirá un muro perimetral que permitirá confinar totalmente la unidad de coquización.

Se utilizarán cintas de tipo tubular para el transporte del coque hasta el almacenamiento final para prevenir al máximo la dispersión de finos fuera de la unidad. Las torres de transferencia estarán confinadas dentro de una estructura completamente cerrada, que impida que las partículas de coque en suspensión, inevitablemente generadas en este punto, escapen a la atmósfera exterior.

El coque será almacenado en 2 bodegas – uno para el coque grado ánodo, el otro para el coque grado combustible – que permitirán un confinamiento total de las pilas de coque. El sistema de descarga a las bodegas será ajustable, de tal forma que la distancia entre el punto de descarga y el punto más alto del apilamiento no supere un metro.

Para minimizar los riesgos derivados de una exposición ocupacional, la probabilidad de ocurrencia de incendio y la pérdida de producto, se implementarán sistemas de rociado con agua, manteniendo la humedad residual del producto terminado dentro de las especificaciones técnicas para el caso. Los equipos que contarán con sistemas de humidificación son los siguientes:

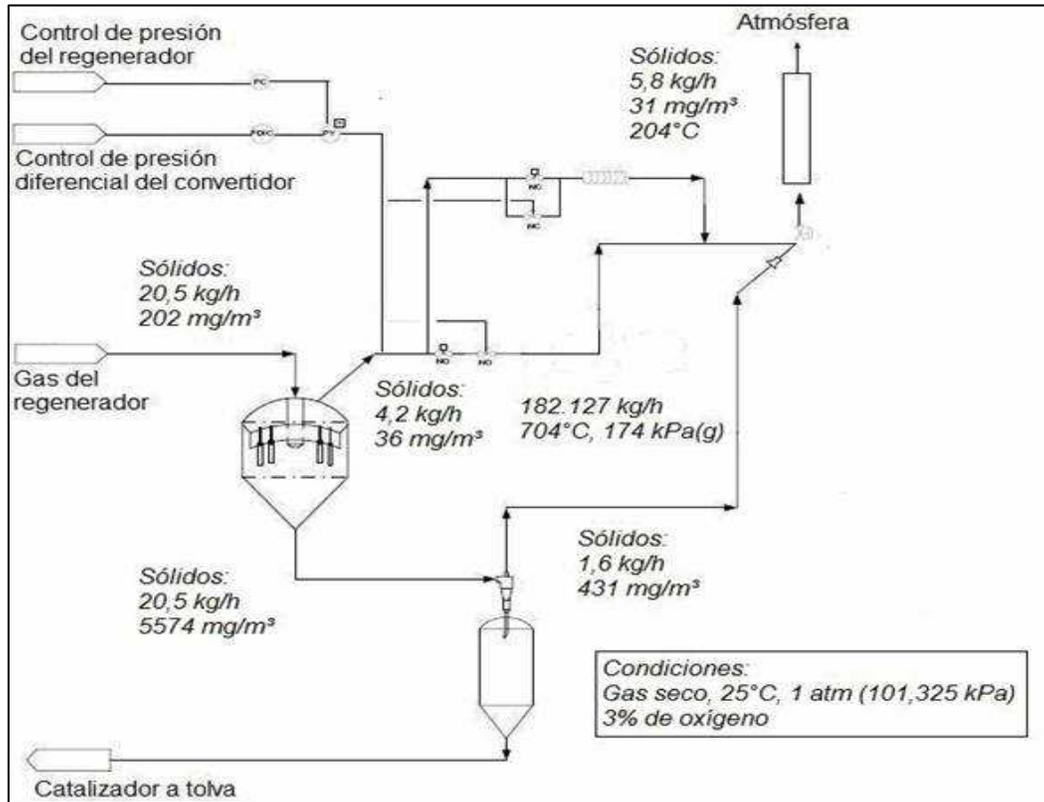
- El pit o pad, donde se recibirá el coque después del cortado, antes de llevado a la banda transportadora, para prevenir la emisión de partículas a la atmósfera.
- Tolva de cargue de la banda transportadora.
- En las bodegas de almacenamiento del coque, que contarán con un sistema de extinción de incendios.
- Plantas de Azufre:

El área de solidificación del Azufre (formación de pellets) y el almacenamiento del producto terminado, será un patio abierto que contará con un sistema de rocío, para prevenir la emisión de material particulado y la ocurrencia de incendios. Las bandas transportadoras del producto terminado serán de tipo encapsulado.

#### *4.7.3.3 Control de emisiones del regenerador del catalizador de la unidad de craqueo catalítico*

Como parte de la modernización de la FCC, la unidad de regeneración del catalizador, donde se llevará a cabo la oxidación térmica controlada del coque formado en el catalizador, utilizando carbón como combustible, será dotada de un sistema de ciclones adicional de alta eficiencia, que permitirán controlar las emisiones de material particulado en este punto, lo cual permitirá recuperar una parte importante del catalizador que ha sido arrastrado con los gases de exhausto. Este sistema de control no existe actualmente. La eficiencia de remoción del material particulado de los últimos dos ciclones será del orden del 76%, como lo muestra el balance presentado a continuación:

**Figura 4-22 Diagrama de corriente del sistema de control de emisiones del regenerador del catalizador de la unidad de craqueo catalítico**



Fuente: KBR.

#### 4.7.3.4 Control de emisiones de los equipos de combustión externa

El combustible utilizado será el gas generado en la Refinería, mayoritariamente Hidrógeno y propano (35% cada uno aproximadamente). La demanda será completada con gas natural, otro combustible de baja generación de emisiones atmosféricas.

Se utilizarán quemadores bajo NO<sub>x</sub> en todos los quemadores.

Por esta razón, no se requerirán sistemas de control ambiental para asegurar el cumplimiento de la Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, relativa a los límites permisibles de emisión para fuentes fijas.

#### 4.7.4 Modelación de la dispersión de las emisiones de la Refinería

Se realizó una modelación de dispersión de contaminantes en el aire que permitió evaluar el impacto de la ampliación de la Refinería de Cartagena sobre la calidad del aire en la Zona

Industrial de Mamonal, para lo cual se utilizó el modelo ISCST3 y los datos meteorológicos del IDEAM de dos años.

La modelación se puede dividir en dos secciones principales:

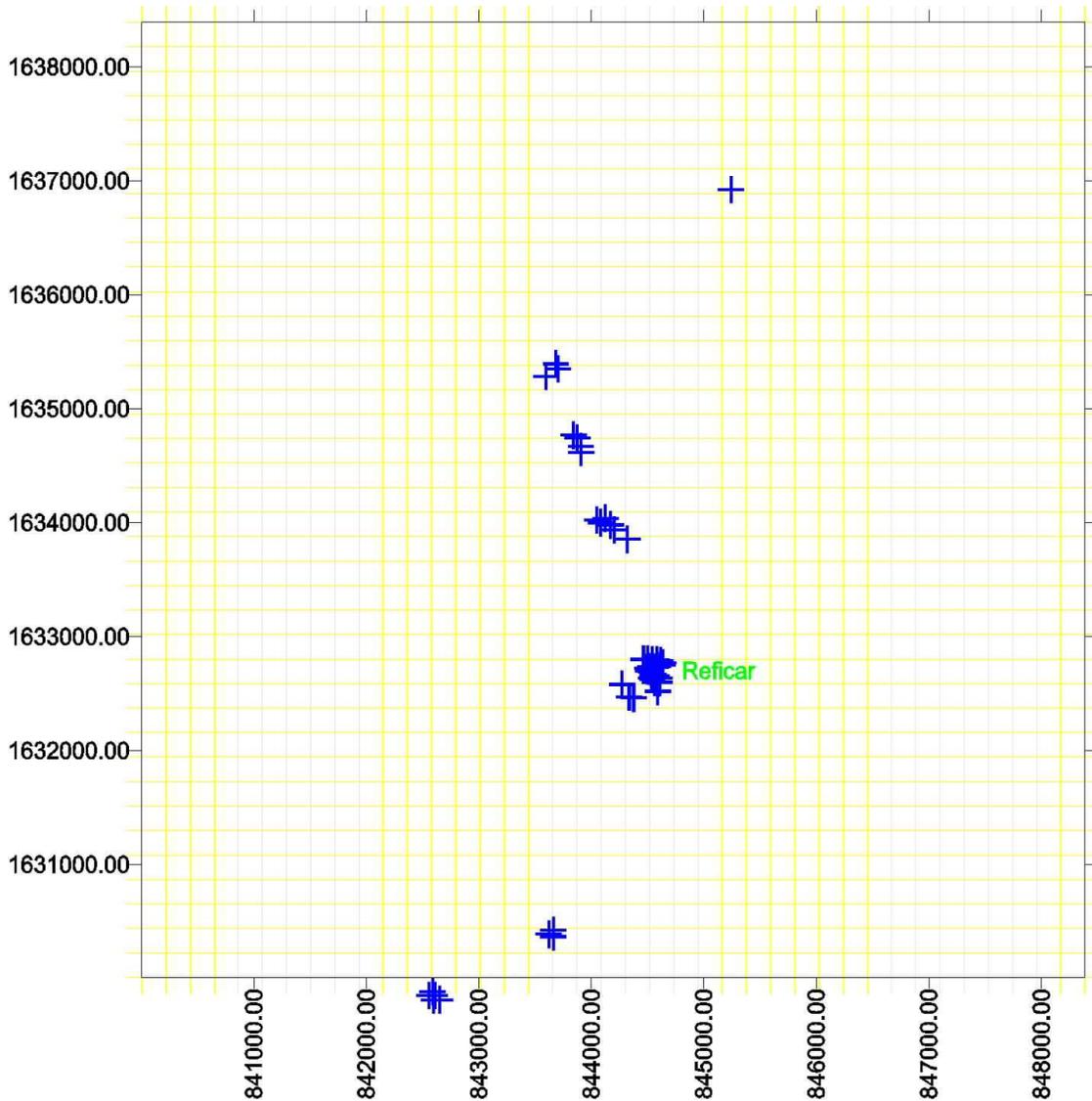
- Una simulación de la calidad del aire existente y futuras, considerando los aportes de las plantas de la Zona Industrial de Mamonal, evaluando así la importancia relativa de las emisiones de la actual y futura Refinería.
- Una simulación de la dispersión de contaminantes emitidos por la sola Refinería, en sus configuraciones actual y futura.

Para realizar esta simulación fue necesario compilar información de las fuentes de emisión existentes de Refinería (monitoreos isocinéticos), realizar un inventario de las fuentes fijas de la Zona Industrial de Mamonal, consultar los estudios de emisión que presentan las industrias de manera regular – revisando los expedientes que reposan en CARDIQUE – y estimar las emisiones futuras de la Refinería, con base a los diseños presentados por los proveedores.

En términos de emisiones atmosféricas, el proyecto mantendrá una fuente de combustión e instalará 27 nuevas fuentes de combustión. Estas fuentes fueron evaluadas para los contaminantes criterio ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  y  $\text{PM}_{10}$ ). Adicionalmente, el proceso de producción, almacenamiento y trasiego de coque generará otros 12 puntos de emisión, pero solamente en material particulado, con cargas emitidas más bajas que las demás fuentes de emisión. En la Tabla 4-15 (§ 4.7.1), se puede apreciar el listado completo de las fuentes fijas de la nueva configuración de la Refinería, con las cargas que se estima serán emitidas a la atmósfera.

En la figura siguiente se ubicaron las fuentes provenientes de las empresas que fueron consideradas en el presente estudio, de las cuales 9 presentaron emisiones significativas en la modelación de la calidad de aire de la Zona Industrial.

**Figura 4-23** Ubicación de las fuentes fijas de emisión que fueron consideradas en la modelación de calidad de aire de la Zona Industrial de Mamonal



*4.7.4.1 Resultados de la modelación de la calidad del aire en la Zona Industrial de Mamonal*

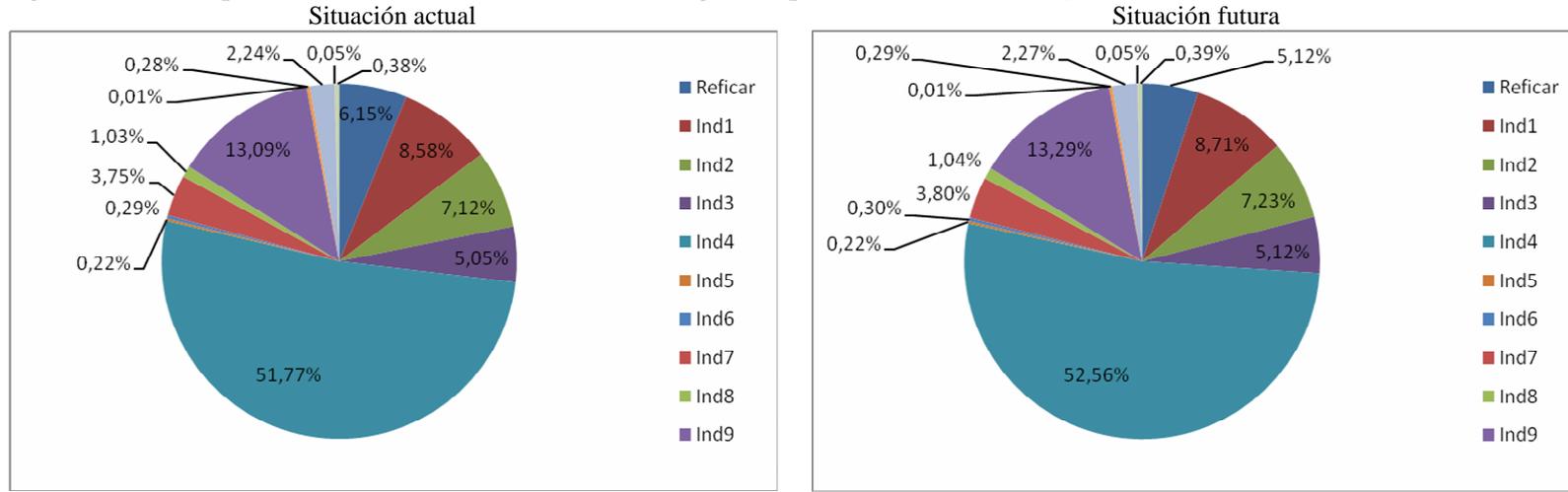
La modelación arrojó los siguientes resultados:

**Tabla 4-19 Emisiones estimadas de las industrias de la Zona Industrial de Mamonal**

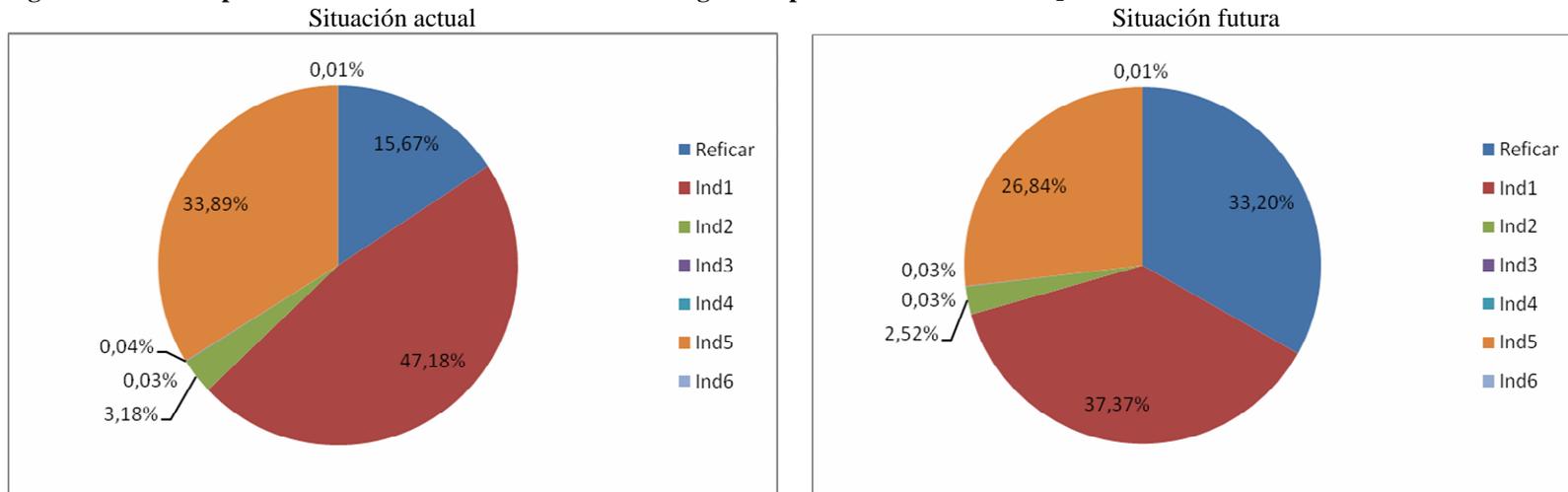
	Contaminantes	Zona industrial de Mamonal	Aportes relativos de la Refinería de Cartagena
Situación actual	PM <sub>10</sub>	360,2 kg/h	6,15%
	SO <sub>2</sub>	160,2 kg/h	15,67%
	NO <sub>2</sub>	390,8 kg/h	4,12%
Situación futura	PM <sub>10</sub>	354,9 kg/h	5,12%
	SO <sub>2</sub>	202,3 kg/h	33,20%
	NO <sub>2</sub>	548,7 kg/h	31,70%

Los resultados presentados en la tabla anterior también se pueden apreciar en las siguientes figuras:

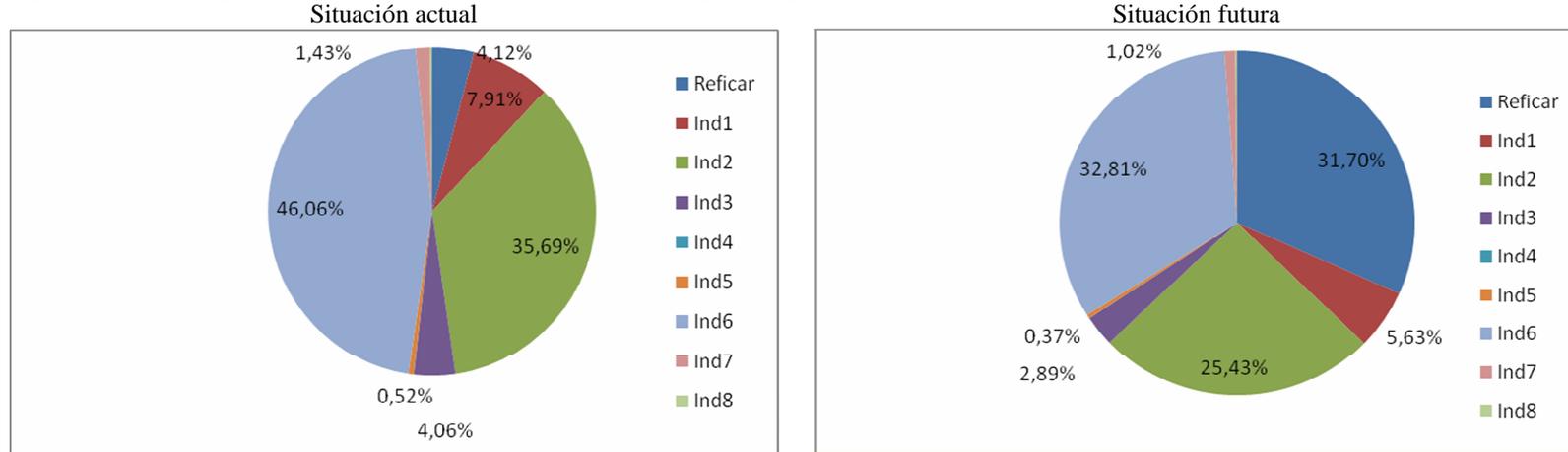
**Figura 4-24** Importancia relativa de la Refinería de Cartagena respecto a emisiones de PM<sub>10</sub>



**Figura 4-25** Importancia relativa de la Refinería de Cartagena respecto a emisiones de SO<sub>2</sub>



**Figura 4-26** Importancia relativa de la Refinería de Cartagena respecto a emisiones de NO<sub>2</sub>



Los resultados de la simulación de la dispersión de contaminantes en el aire emitidos por la totalidad de las fuentes fijas de la Zona Industrial de Mamonal actualmente y a futuro (es decir con la ampliación de la Refinería) son presentados en la tabla siguiente:

**Tabla 4-20 Aportes de las emisiones actuales y futuras de la Zona Industrial de Mamonal (concentraciones máximas)**

		Condiciones actuales	Condiciones futuras
PM <sub>10</sub>	24 h	876 µg/m <sup>3</sup>	876 µg/m <sup>3</sup>
	Anual	201 µg/m <sup>3</sup>	200 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	3 h	834 µg/m <sup>3</sup>	834 µg/m <sup>3</sup>
	24 h	322 µg/m <sup>3</sup>	322 µg/m <sup>3</sup>
	Anual	75 µg/m <sup>3</sup>	76 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	1 h	3.005 µg/m <sup>3</sup>	3.005 µg/m <sup>3</sup>
	24 h	1.068 µg/m <sup>3</sup>	1.068 µg/m <sup>3</sup>
	Anual	251 µg/m <sup>3</sup>	252 µg/m <sup>3</sup>

Los resultados obtenidos, sugieren que no se prevén diferencias significativas en las concentraciones máximas encontradas con la operación de la ampliación de la Refinería de Cartagena, sin embargo, observando en detalle los archivos de salida del modelo, se puede apreciar que los resultados son diferentes para aquellas concentraciones que no son máximas.

En la siguiente tabla, se muestran las distancias y coordenadas donde se prevé encontrar las máximas concentraciones de contaminantes:

**Tabla 4-21 Distancias y coordenadas donde se encontraron las mayores concentraciones por modelación de dispersión de aire de las fuentes fijas de la Zona Industrial de Mamonal**

		Distancia	Norte	Este	Dirección	
Situación actual	PM <sub>10</sub>	24 h	2.106	843872.63	1635383.13	NW
		Anual	1.421	843550.50	1632799.13	W
	SO <sub>2</sub>	3 h	3.237	845377.63	1636673.13	N
		24 h	3.237	845377.63	1636673.13	N
		Anual	2.992	845162.63	1636458.13	N
	NO <sub>2</sub>	1 h	3.237	845377.63	1636673.13	N
		24 h	3.237	845377.63	1636673.13	N
		Anual	2.992	845162.63	1636458.13	N
	Situación futura	PM <sub>10</sub>	24 h	2.106	843872.63	1635383.13
Anual			1.421	843550.50	1632799.13	W
SO <sub>2</sub>		3 h	3.237	845377.63	1636673.13	N
		24 h	3.237	845377.63	1636673.13	N
		Anual	2.992	845162.63	1636458.13	N
NO <sub>2</sub>		1 h	3.237	845377.63	1636673.13	N
		24 h	3.237	845377.63	1636673.13	N
		Anual	2.992	845162.63	1636458.13	N

Nota: Las distancias tienen como referencia REFICAR en las coordenadas: 844793,1606; 1633489,0407.

Para la modelación de las emisiones de la zona industrial de Mamonal (REFICAR incluido), las máximas concentraciones de PM<sub>10</sub> se están presentando hacia el W y NW de la refinería, a una distancia de 1.421-2.106 m, y las máximas concentraciones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> se presentan al Norte de la Refinería, a una distancia entre 2.292 y 3.237 m. Esto se debe a la concentración industrial que se encuentra al norte de la Refinería.

Tampoco se identifican diferencias entre la situación actual y la situación futura.

#### 4.7.4.2 Resultados de la modelación de la calidad del aire de la Refinería de Cartagena

Los resultados de la simulación de la dispersión de contaminantes en el aire emitidos por la Refinería actualmente y en su nueva configuración, sin contemplar los aportes de las otras industrias, son presentados en la tabla siguiente:

**Tabla 4-22 Aportes de las emisiones actuales y futuras de la Refinería de Cartagena en la calidad de aire de la Zona Industrial de Mamonal (concentraciones máximas)**

		Condiciones actuales	Condiciones futuras	Límites permisibles Resolución 601 de 2006 del MAVDT
PM <sub>10</sub>	24 h	27 µg/m <sup>3</sup>	7 µg/m <sup>3</sup>	150 µg/m <sup>3</sup>
	Anual	8 µg/m <sup>3</sup>	2 µg/m <sup>3</sup>	70 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	3 h	37 µg/m <sup>3</sup>	37 µg/m <sup>3</sup>	750 µg/m <sup>3</sup>
	24 h	13 µg/m <sup>3</sup>	15 µg/m <sup>3</sup>	250 µg/m <sup>3</sup>
	Anual	4 µg/m <sup>3</sup>	4 µg/m <sup>3</sup>	80 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	1 h	37 µg/m <sup>3</sup>	124 µg/m <sup>3</sup>	200 µg/m <sup>3</sup>
	24 h	14 µg/m <sup>3</sup>	46 µg/m <sup>3</sup>	150 µg/m <sup>3</sup>
	Anual	4 µg/m <sup>3</sup>	12 µg/m <sup>3</sup>	100 µg/m <sup>3</sup>

De la tabla anterior se concluye que las concentraciones máximas previstas en la zona de estudio se encuentran significativamente por debajo de los límites permisibles establecidos en la Resolución 601 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

En la siguiente tabla, se muestran las distancias y coordenadas donde se prevé encontrar las máximas concentraciones de contaminantes:

**Tabla 4-23 Distancias y coordenadas donde se encontraron las mayores concentraciones por modelación de dispersión de aire de las emisiones de la Refinería**

			Distancia	Norte	Este	Dirección
Situación actual	PM <sub>10</sub>	24 h	1.570	844517,63	1631943,13	S
		Anual	1.570	844517,63	1631943,13	S
	SO <sub>2</sub>	3 h	1.148	843872,63	1632803,13	S
		24 h	1.782	844517,63	1631728,13	S
		Anual	1.782	844517,63	1631728,13	S
	NO <sub>2</sub>	1 h	1.127	844947,63	1632373,13	S
		24 h	2.422	844517,63	1631083,13	S
		Anual	3.492	844517,63	1630008,13	S
	Situación futura	PM <sub>10</sub>	24 h	1.408	846022,63	1632803,13
Anual			1.995	844517,63	1631513,13	S
SO <sub>2</sub>		3 h	1.421	843550,50	1632799,13	S
		24 h	1.408	846022,63	1632803,13	S
		Anual	1.995	844517,63	1631513,13	S
NO <sub>2</sub>		1 h	801	845592,63	1633448,13	S
		24 h	1.599	846237,63	1632803,13	S
		Anual	1.982	844947,63	1631513,13	S

Nota: Las distancias tienen como referencia REFICAR en las coordenadas: 844793,1606; 1633489,0407.

Para la modelación de las emisiones de la Refinería (sin considerar las emisiones de las industrias vecinas), las máximas concentraciones de los contaminantes (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub>) se seguirán presentando hacia el sur de la Refinería, lo cual es consecuente con la dirección de los vientos dominantes en el área (Norte y Noreste), a una distancia actualmente entre 1.127 y 3.492 m, y a futuro entre 801 y 1.995 m.

En el anexo 4-3, se presentan los apéndices del resultado de la simulación del modelo de dispersión de contaminantes para REFICAR; así mismo se presentan los planos de iso – concentración de la dispersión para cada contaminante y para los escenarios de MAMONAL en las condiciones actuales y futuras y los escenarios futuros de la Refinería de Cartagena.

#### 4.8 Residuos sólidos

La Refinería de Cartagena ajustará su Plan de Gestión Integral de Residuos, en particular en su capítulo relativo al manejo de residuos peligrosos, conforme las disposiciones del Decreto 4741 de 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y los lineamientos establecidos por dicho Ministerio.

#### ***4.8.1 Residuos que serán generados y manejo previsto***

A continuación se presentan los principales residuos que serán generados con la ampliación de la Refinería, sus características de peligrosidad y el manejo que se dará a cada uno de los desechos. De manera general, se preferirán las técnicas de aprovechamiento de residuos sobre las técnicas de destrucción o disposición, con la condición que las instalaciones se encuentren debidamente autorizadas (con licencia ambiental cuando se trate de manejo de residuos peligrosos) y que cumplan con los criterios corporativos de la Refinería en materia de HSE:

- Es así como se incentivará la segregación en la fuente y reciclaje de materiales no contaminados con hidrocarburos (típicamente papel, madera, plástico y metal).
- Por otra parte, cada unidad de refinación que utilice un catalizador contará con un sistema integrado de regeneración del catalizador. Las cantidades presentadas en la tabla corresponden a los catalizadores que ya no se pueden regenerar en los sistemas internos. Los catalizadores gastados serán extraídos de dichos sistemas por lo que quedarán libres de hidrocarburos.
- En la medida de lo posible, se seleccionarán catalizadores que se puedan regenerar fácilmente y/o que sean de fácil disposición.

De las cantidades estimadas en la Tabla 4-24, se concluye que la Refinería de Cartagena podría ser un gran generador de residuos peligrosos. Vale resaltar que los sistemas internos de tratamiento (land-farming, aprovechamiento en los procesos de refinación) permitirán reducir notablemente el impacto de la Refinería como generador de residuos peligrosos.

**Tabla 4-24 Principales residuos que serán generados por la operación de la Refinería de Cartagena**

Residuos	Origen	Peligrosidad	Cantidad estimada/mes	Manejo
Catalizador gastado de platino.	Unidad de craqueo catalítico (FCC).	No peligroso (B1130) <sup>3</sup> .	65 t	Almacenamiento temporal en tolva en la unidad de FCC. Regeneración en las instalaciones del proveedor.
Catalizadores sólidos gastados, distintos al anterior.	Hidrodesulfurización del destilado medio (ULSD), hidrotratamiento de la nafta (NHT), reformado catalítico, BenzOut, Kero Merichem, hidro craqueo, destilación catalítica de la nafta FCC, isomerización C <sub>4</sub> (Butamer), plantas de Azufre, planta de saturación de gas.	No peligrosos (B1120) <sup>4</sup> .	50 t	Tratamiento interno por land-farming <sup>5</sup> o regeneración en instalaciones de los proveedores.
Lodos con contenido de aceites solubles aromáticos.	Planta de alquilación.	Potencialmente inflamables y tóxicos (Y9).	158 t	Aprovechamiento en otras unidades de refinación.
Lodos aceitosos.	Mantenimiento: borras de tanques, lodos de parada de planta, camadas impregnadas de hidrocarburos (material de lechos filtrante del tratamiento de productos terminados), derrames.	Potencialmente inflamable (Y9).	580 m <sup>3</sup>	Tratamiento interno en land-farming.
Aceites y grasas usados.	Mantenimiento.	Inflamables (Y9).	2,2 m <sup>3</sup>	Tratamiento externo para su aprovechamiento como combustible de uso industrial, para regeneración de bases lubricantes o para la fabricación de plastificantes, fluidos para temple, inmunización de madera <sup>6</sup> .

<sup>3</sup> De acuerdo con la clasificación del Convenio de Basilea, aprobado por Colombia mediante la Ley 253 de 1996: B1130 – catalizadores agotados limpios que contengan metales preciosos.

<sup>4</sup> De acuerdo con la clasificación del Convenio de Basilea, aprobado por Colombia mediante la Ley 253 de 1996 (B1120 – catalizadores agotados con metales de transición – y B2060 – carbón activado libre de sustancias peligrosas).

<sup>5</sup> Conforme las recomendaciones de ARPEL (Asistencia Recíproca Petrolera Empresarial Latinoamericana).

<sup>6</sup> Se seguirán los lineamientos del Manual técnico para el manejo de aceites lubricantes usados, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Residuos	Origen	Peligrosidad	Cantidad estimada/mes	Manejo
Materiales potencialmente impregnados de hidrocarburos.	Mantenimiento: guantes, recipientes, aislamiento, chatarra, etc.	Potencialmente inflamable (Y9).	1,5 t	Tratamiento, disposición final o aprovechamiento externo.
Lodos aceitosos y biológicos.	Planta de tratamiento de aguas residuales (separadores API y unidad de lodos activados).	No peligrosos.	575-1.007 m <sup>3</sup> (al 18-20%)	Tratamiento interno en land-farming o disposición externa, previa deshidratación.
Material reciclable no contaminado con hidrocarburos.	Papel, cartón, vidrio, plástico y metal, de las actividades administrativas, del casino y de actividades de almacenamiento.	No peligroso.	3,4 t	Clasificación en la fuente y aprovechamiento, tratamiento o disposición final externo.
Residuos de comida.	Casino.	No peligrosos.	2,8 t	Aprovechamiento, tratamiento o disposición final externo.

Las cantidades son estimadas y serán ajustadas en el Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos.

#### **4.8.2 Tratamiento de residuos en el área de land-farming de la Refinería de Cartagena**

##### **1. Residuos aptos para ser tratados por land-farming:**

El área de *land-farming*, que Ecopetrol ha implementado desde hace varios años y ha venido mejorando, se seguirá utilizando, sin que sea prevista ninguna ampliación o modificación significativa de los procesos empleados para tratar los residuos siguientes:

- Lodos aceitosos generados por actividades de mantenimiento, como son las borras de tanque, los lodos de parada de planta, las camadas impregnadas de hidrocarburos (material de lechos filtrante del tratamiento de productos terminados), manejo de derrames.
- Lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales:
  - Lodos aceitosos de los separadores API y del sistema de flotación (DAF).
  - Lodos biológicos del tratamiento secundario.
- Catalizadores sólidos gastados de las unidades de refinación, con la excepción del catalizador de platino de la unidad de craqueo catalítico.
- Instalaciones, obras de protección y sistemas de monitoreo:

El área de tratamiento cuenta con las siguientes instalaciones:

- recibo y almacenamiento de lodos en 2 piscinas,
- vertimientos de aguas aceitosas en 2 piscinas,
- tratamiento de lodos en 3 sectores de 5 ha,
- almacenamiento de insumos para el proceso (como fertilizante NPK 15-15-15, hidróxido de calcio y cepa biológica),
- preparación de caldo bacteriano en 5 piscinas,
- zona de maquinaria y equipos (centrifugadoras, adecuación del terreno).

El suelo del área de *land farming* cuenta actualmente con las siguientes barreras de protección:

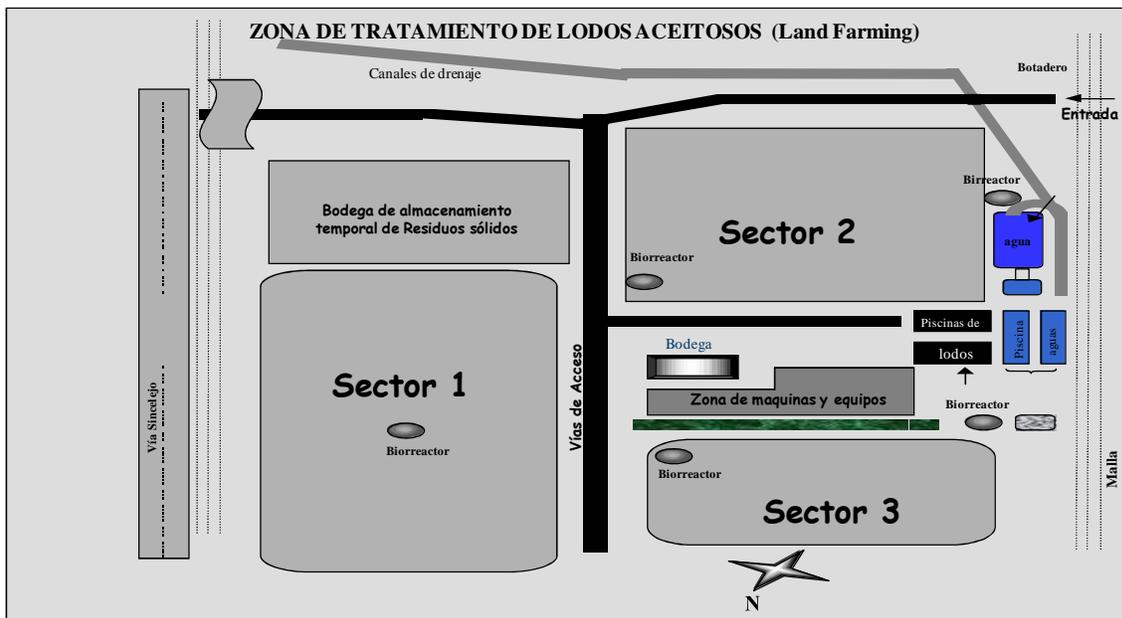
- Las piscinas se sustentan en terreno compuesto por material arcilloso y fueron estabilizadas mediante la colocación de un geotextil no tejido.

- Las piscinas son impermeabilizadas con geomembranas de 30 mm sobre una capa de 15 cm de arena fina y recubiertas con capas de arena gruesa y zahorra libre de gravas.
- Los lixiviados son filtrados, colectados en una caja recolectora y enviados a la planta de tratamiento de aguas residuales.

El área contará con 4 piezómetros para verificar que la operación de este sistema de tratamiento no afecte la calidad de las aguas freáticas

Se puede apreciar la distribución de las instalaciones en la figura siguiente:

**Figura 4-27 Distribución espacial del área de land-farming**



Fuente: Ecopetrol.

## 2. Procesos:

El tratamiento consiste en la biodegradación acelerada de los hidrocarburos presentes en los lodos, utilizando para ello bacterias nativas, que han sido adaptadas y especializadas mediante tecnología desarrollada por el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP). El tratamiento comprende las siguientes etapas:

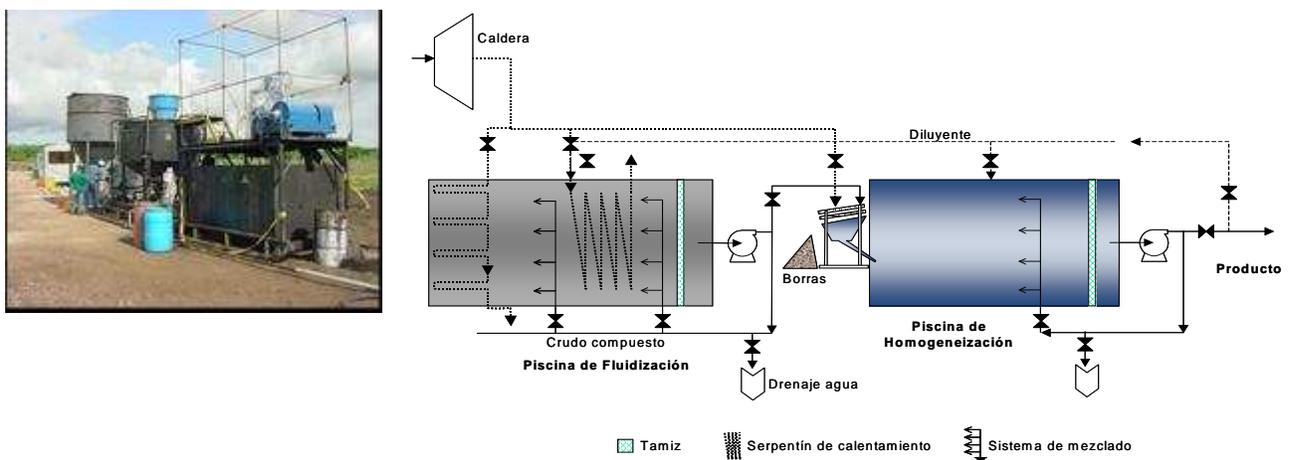
- Recibo del lodo aceitoso en las piscinas de lodos: los lodos son recibidos en las piscinas habilitadas para tal fin (áreas color negro parte media derecha de la Figura 4-27).
- Recuperación de los hidrocarburos (sedimentación y/o centrifugación) y extracción del lodo aceitoso: la mezcla de lodo, aceite y agua se deja decantar en las piscinas y cuando se alcanza su capacidad se procede a la recuperación del hidrocarburo y la extracción del lodo.

**Figura 4-28** Área de land-farming: foto de una de las piscinas de recuperación de hidrocarburos



Cuando es viable, se lleva a cabo un proceso de centrifugación utilizando un equipo “tricanter” que separa sólidos, aceite y agua en tres corrientes diferentes, para posteriormente cada una de ellas ser enviada a la siguiente etapa: lodos a biorremediación, agua a las piscinas de vertimiento, y aceite al sistema de *slop*. La figura siguiente muestra un esquema del proceso de centrifugación.

**Figura 4-29** Área de land-farming: foto y diagrama de flujo de un equipo “tricanter”



- Corte material del sitio para mezcla: en paralelo con la extracción del lodo de las piscinas, se lleva a cabo la preparación del área donde se efectuará la biorremediación del lodo aceitoso, la cual se inicia con el corte de la capa superficial.

**Figura 4-30** Área de *land-farming*: foto tomada durante la actividad de corte de capa superficial



- Mezcla del lodo con material del sitio: el lodo extraído de la piscina es mezclado con el material removido en el corte inicial, en una relación específica según el contenido y tipo de hidrocarburos.
- Extendido de lodo en las áreas de biorremediación: el material mezclado se dispersa en el área, con el fin de optimizar el contacto posterior entre el lodo, el caldo bacteriano y el aire circundante.
- Adición de nutrientes, ajuste de pH del lodo y riego con el caldo bacteriano ECOBIOL: la mezcla lodo-suelo en el área de tratamiento es regada con una solución fertilizante y otra para el ajuste de pH, con el objeto de promover el crecimiento de la biomasa. Se riega toda el área con el caldo bacteriano preparado con la cepa ECOBIOL, que fue específicamente desarrollada por el ICP para el tratamiento de *land-farming*.
- Aireación del lodo: periódicamente, se mueve el material en toda el área, para propiciar su contacto con el aire y se riega, nuevamente con caldo, para incrementar la actividad de biodegradación.

Se controla la eficiencia del proceso hasta obtener la degradación deseada, mediante el muestreo periódico del área, realizando conteos de microorganismos y un análisis de contenido residual de hidrocarburos.

La tabla siguiente muestra los resultados obtenidos en el año 2006:

**Tabla 4-25 Resultados obtenidos en un área de tratamiento por land-farming (agosto de 2006)**

MUESTRA	RECuento	RECuento	Hidrocarburos
	MBS + HC	AGAR CETRIMIDE	
	ufc/g	ufc/g	%peso
Sector 1. Zona 1. Pto 1.	$5.3 \times 10^6$	$5 \times 10^3$	0.110
Sector 1. Zona 1. Pto 2.	$2.5 \times 10^7$	$3.8 \times 10^4$	0.435
Sector 1. Zona 1. Pto 3.	$3.3 \times 10^6$	$33 \times 10^4$	0.792
Sector 1. Zona 2. Pto 1.	$1 \times 10^7$	$4.2 \times 10^4$	0.039
Sector 1. Zona 2. Pto 2.	$7.8 \times 10^6$	$2.2 \times 10^4$	0.075
Sector 1. Zona 2. Pto 3.	$2.3 \times 10^7$	$2.1 \times 10^5$	0.140
Sector 2. Zona 1. Pto 1.	$1.2 \times 10^7$	$8.3 \times 10^3$	0.526
Sector 2. Zona 1. Pto 2.	$9.2 \times 10^6$	$8.3 \times 10^3$	0.100
Sector 2. Zona 1. Pto 3.	$1.1 \times 10^7$	$1.3 \times 10^4$	1.618
Sector 2. Zona 2. Pto 1.	$1 \times 10^7$	$1 \times 10^4$	0.741
Sector 2. Zona 2. Pto 2.	$8.7 \times 10^6$	$1.7 \times 10^4$	1.479
Sector 2. Zona 2. Pto 3.	$9.5 \times 10^6$	$2.3 \times 10^4$	1.502
Sector 2. Zona 3. Pto 1.	$9.8 \times 10^6$	$4.5 \times 10^4$	1.284
Sector 2. Zona 3. Pto 2.	$1 \times 10^7$	$1.9 \times 10^5$	2.325
Sector 2. Zona 3. Pto 3.	$2.6 \times 10^7$	$8.3 \times 10^4$	2.662
Sector 2. Zona 4. Pto 1.	$1.8 \times 10^7$	$1.3 \times 10^4$	1.917
Sector 2. Zona 4. Pto 2.	$1.2 \times 10^7$	$1.2 \times 10^5$	1.849
Sector 2. Zona 4. Pto 3.	$1 \times 10^7$	$2.3 \times 10^4$	2.313
Sector 3. Zona 1. Pto 1.	$2.4 \times 10^7$	$2 \times 10^4$	0.402
Sector 3. Zona 1. Pto 2.	$1.6 \times 10^7$	$8.8 \times 10^5$	0.092
Sector 3. Zona 1. Pto 3.	$9 \times 10^6$	$3.5 \times 10^4$	0.282
Sector 3. Zona 2. Pto 1.	$7.8 \times 10^6$	$7.3 \times 10^2$	0.320
Sector 3. Zona 2. Pto 2.	$1.3 \times 10^7$	$5.8 \times 10^4$	0.396
Sector 3. Zona 2. Pto 3.	$1.8 \times 10^7$	$5 \times 10^3$	0.569
Sector 3. Zona 3. Pto 1.	$1.7 \times 10^7$	$2.5 \times 10^5$	0.190
Sector 3. Zona 3. Pto 2.	$1.8 \times 10^7$	$1.3 \times 10^4$	1.389
Sector 3. Zona 3. Pto 3.	$9.8 \times 10^6$	$5 \times 10^3$	0.910
Sector 3. Zona 4. Pto 1.	$8.7 \times 10^5$	$2.8 \times 10^2$	0.262
Sector 3. Zona 4. Pto 2.	$1 \times 10^7$	$2.6 \times 10^4$	0.310
Sector 3. Zona 4. Pto 3.	$1.5 \times 10^7$	$6.6 \times 10^3$	0.486

#### 4.8.3 Manejo y disposición final de residuos sobrantes de excavación

Como se ha explicado en el capítulo en el capítulo 2 sección 2.2.2.1, dada la topografía del terreno se estima que el volumen de material a excavar será de aproximadamente  $500.000 \text{ m}^3$ . De forma temporal, y se contará con un sitio para la colocación del material excavado, dentro del predio de la refinería, el cual será utilizado para la reconfiguración del mismo lote, sin embargo, en el caso que el material excavado no supla las necesidades del relleno y compactación, se utilizará material de la cantera existente en la zona, explotación debidamente autorizada por parte de las autoridades ambiental y distrital, así como en el llegado caso de que se vea la necesidad de su disposición, se utilizarán sitios autorizados para estos fines.



## ***CAPITULO 5: EVALUACIÓN AMBIENTAL***

***Agosto de 2008***

## **5. EVALUACION AMBIENTAL**

### **5.1 Metodología**

La identificación de los aspectos e impactos ambientales debe partir de la definición de las actividades de ampliación y operación de la Refinería de Cartagena S.A. REFICAR S.A., entendiéndose como aspecto los elementos de las actividades a realizar, que puedan interactuar con el medio ambiente, generando impactos ambientales definidos como cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales considerados<sup>7</sup>.

Las componentes ambientales con los cuales se realizará la interacción de las actividades de ampliación y operación de la Refinería de Cartagena S.A. REFICAR S.A., con el propósito de identificar y evaluar los aspectos e impactos que se puedan presentar durante la ejecución del proyecto son:

- Agua.
- Aire.
- Suelos, considerando su uso de acuerdo con el POT de Cartagena.
- Recursos naturales.
- La calidad visual y en el paisaje, en forma consecuente con la ubicación del proyecto en una zona industrial declarada.
- Los aspectos socioculturales y económicos.

La identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales, se constituye en uno de los objetivos básicos de los estudios de impacto ambiental, proceso del cual se desprende la formulación del Plan de Manejo Ambiental, principal instrumento de planificación y control establecido, para alcanzar los objetivos y metas ambientales.

La tarea debe realizarse lo más objetivamente posible, para evitar que se realice una evaluación sesgada que pueda traer consigo el aumento de costos de inversión de tipo ambiental, en la medida que se formulen medidas innecesarias, o en su defecto, al no tenerse en cuenta otras que prevengan el deterioro del medio ambiente, obligando a las

---

<sup>7</sup> COLOMBIA. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). NTC-ISO 14001. Sistemas de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su uso. Numeral 3. Términos y Definiciones.

autoridades ambientales a la aplicación de sanciones previstas en la legislación y normatividad ambiental de nuestro país, las cuales pueden ir desde una multa hasta la suspensión del proyecto.

Para la identificación y evaluación de los aspectos ambientales e impactos ambientales que se puedan generar durante la ejecución de las actividades de la ampliación y operación de la Refinería de Cartagena S.A. REFICAR S.A., se seguirá la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 14004, conjugada con la metodología utilizada para la evaluación de los impactos introducida por el Banco Mundial y adoptada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en la que se caracterizan los impactos acordes con su importancia y con su magnitud. La caracterización se apoya en los atributos de impacto que han sido convencionalmente aceptados en su escogencia y en los valores a asignar.

Asignados los valores a cada atributo se acude a algoritmos también definidos para hacer una ponderación de los atributos con el fin de obtener un valor inicial del impacto, para que posteriormente, empleando otro algoritmo, se encuentre el impacto final o calificación cuantitativa del impacto, para compararla con estándares establecidos y asignarle la calificación cualitativa para su valoración.

Los atributos de la importancia del impacto ambiental establecidos son:

Naturaleza (N). Hace referencia al carácter genérico del impacto o signo del mismo.

- Perjudicial (-): Cuando el efecto se traduce en pérdida del valor natural, estético, cultural, paisajístico, de productividad, o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales, en discordancia con la estructura eco geográfica, el carácter y la personalidad de una localidad o área determinada.
- Beneficioso (+): Aquel admitido como tal, tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de un análisis de costos y beneficios genéricos de la actuación contemplada.
- Momento (M): Hace referencia al tiempo que tarda en manifestarse el efecto respecto al momento en que se verifica la acción causante de la alteración.
  - Muy largo plazo (1). Cuando el efecto se manifiesta transcurridos, al menos, 10 años.
  - Largo plazo (2). Cuando el efecto se manifiesta transcurridos entre 5 y 10 años.
  - Medio plazo (3). Cuando el efecto se manifiesta entre 1 y 5 años.



- Corto plazo (4). Cuando el efecto se manifiesta casi a continuación de la causa.
- Inmediato (5). Cuando el efecto se manifiesta al momento de la causa.
- Duración: Atiende a la persistencia o tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.
  - Momentánea (1). Cuando la persistencia del efecto cesa cuando termina la causa.
  - Transitoria (2). Cuando la persistencia del efecto es inferior a 4 meses.
  - Temporal (3). Cuando la persistencia del efecto está comprendida entre 5 meses y 5 años.
  - Prolongado (4). Cuando la persistencia del efecto es superior a 5 años, pero se estima efímera.
  - Permanente (5). Cuando la persistencia del efecto es definitiva.
- Periodicidad (P): Hace referencia a la regularidad de la manifestación o continuidad del efecto producido por la acción del Proyecto en el tiempo.
  - Irregular (1). Cuando la continuidad de la manifestación de los efectos es desigual en el tiempo e impredecible.
  - Periódica distante (2). Cuando la manifestación de los efectos es regular en el tiempo y se verifica en lapsos de tiempo distantes (días o meses).
  - Irregular periódica (3). Cuando la manifestación de los efectos no es predecible en su inicio pero, una vez iniciada, sí es predecible su regularidad.
  - Periódica cercana (4). Cuando la manifestación de los efectos es regular en el tiempo y se verifica en lapsos de tiempo breve (horas o minutos).
  - Continúa (5). Cuando la manifestación es permanente.
- Acumulatividad (A): Este atributo hace referencia al incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste, de forma reiterada, la acción que lo genera.
  - No acumulativa (1). Cuando el efecto es simple y no se acumula en el tiempo.



- Poco acumulativa (2). Cuando se presupone una ligera acumulación.
  - Medianamente acumulativa (3). Cuando se presupone una mediana acumulación.
  - Notablemente acumulativa (4). Cuando se presupone una alta acumulación.
  - Muy acumulativa (5). Cuando se presupone una muy alta acumulación.
- Sinergia (SI): Hace referencia al reforzamiento de dos efectos simples o no acumulativos cuando varias acciones o agentes se conjugan. El resultado supone una incidencia ambiental superior que la que supondría la suma de efectos por separado.
- Sin sinergismo (1). No existe una sinergia con otras acciones o agentes del proyecto.
  - Escasa sinergia (2). Existe ligera sinergia con otras acciones o agentes del proyecto o, en su defecto, ésta se podrá producir.
  - Sinergia media (3). Se estima cierta sinergia con otras acciones o agentes.
  - Alta sinergia (4). Se estima una alta sinergia entre acciones o agentes.
  - Muy alta sinergia (5). Se tienen referencias de sinergias muy altas, en circunstancias análogas a las del Proyecto.
- Efecto. (EF): Se refiere al grado de relación causa – efecto y a la recuperación de la acción, según ésta sea directa, si deriva primariamente de la misma, o indirecta, cuando su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto intermedio que deriva del inicial.
- Furtivo (1). Supone una relación causa – efecto muy lejano o dudoso.
  - Colateral (2). Supone un grado de relación causa – efecto lejano.
  - Indirecto (3). Supone un grado de relación causa – efecto indirecto.
  - Secundario (4). Supone un grado de relación causa – efecto próximo, pero no directo.
  - Primario (5). Supone un grado de relación causa – efecto directo.
- Reversibilidad (RV): Hace referencia a la capacidad del medio de absorber a mediano plazo y sin intervención del hombre, el efecto producido por una acción



determinada, mediante procesos naturales de sucesión ecológica o mecanismos de auto depuración.

- Reversibilidad inmediata (1). Cuando el efecto desaparece al cesar la causa.
  - Reversibilidad a corto plazo o alta (2). Cuando la reversibilidad se manifiesta entre 1 mes y un año y ésta es prácticamente total.
  - Reversibilidad a medio plazo (3). Cuando la reversibilidad se manifiesta entre 1 y 5 años, es parcial o es incompleta.
  - Reversibilidad a largo plazo o parcial (4). Cuando la reversibilidad se manifiesta transcurridos entre 5 y 10 años o está limitada a menos de la mitad de la superficie afectada.
  - Irreversible (5). Cuando la reversibilidad se estima imposible, en un plazo muy dilatado en el tiempo.
- Recuperabilidad (RC). Hace referencia a la posibilidad de recuperación del medio tras la actuación causante del impacto, mediante la aplicación por parte del hombre, de medidas correctoras, recuperadoras o compensatorias.
- Recuperabilidad (RC) inmediata (1). Cuando la recuperación tiene lugar inmediatamente después de la aplicación de medidas de adecuación.
  - Recuperabilidad a corto plazo o alta (2). Cuando la recuperación se manifiesta entre 1 mes y 1 año después de la aplicación de las medidas de adecuación y ésta es prácticamente total.
  - Recuperabilidad a medio plazo o regular (3). Cuando la recuperación se manifiesta entre 1 y 5 años después de la aplicación de las medidas de adecuación o ésta es incompleta.
  - Recuperabilidad a largo plazo o parcial (4). Cuando la recuperación se manifiesta transcurridos entre 5 y 10 años o está limitada a menos de la mitad de la superficie o extensión mínima.
  - Irrecuperable (5). Cuando la recuperación se estima imposible en un plazo muy dilatado en tiempo o bien, sólo es posible en una superficie o extensión mínima.

La calificación de la importancia del impacto negativo sobre cada aspecto ambiental se determina por la aplicación del siguiente algoritmo:

$$INI = N (M + 5D + P + 2A + 3SI + EF + 3RV + 4RC)$$

Donde:

INI = Importancia negativa del impacto inicial (comprendido entre 20 y 100).

N = Naturaleza o signo del impacto.

M = Momento.

D = Duración.

P = Periodicidad.

A = Acumulatividad.

SI = Sinergia.

EF = Efecto.

RV = Reversibilidad.

REC = Recuperabilidad.

La importancia del impacto negativo así obtenido con valores entre 20 y 100 es llevada a un valor escalar entre 1 y 10, empleando la siguiente fórmula:

$$INF = - (9 | Ini | - 100) / 80$$

Donde:

INF = Importancia negativa del impacto final (comprendido entre 1 y 10)

INI = Importancia negativa del impacto inicial (comprendida entre 20 y 100)

La importancia del efecto positivo se determina a través del siguiente algoritmo:

$$IPI = N (M + 5D + P + 2A + 3SI + EF)$$

Donde:

IPI = Importancia positiva del impacto inicial (comprendido entre 13 y 65).

N = Naturaleza o signo del impacto.

M= Momento.

D = Duración.

P = Periodicidad.

A = Acumulatividad.

SI = Sinergia.

EF = Efecto.

La importancia del impacto positivo así obtenido con valores entre 13 y 65 es llevada a un valor escalar entre 1 y 10 empleando la siguiente fórmula:

$$IPF = (9 \text{ IPI} - 65) / 52$$

Donde:

IPF = Importancia positiva del impacto final (comprendido entre 1 y 10).

IPI = Importancia positiva del impacto inicial (comprendida entre 20 y 100).

La descripción de los efectos considera la extensión cuantitativa y el valor cualitativo del medio o aspecto afectado. La Magnitud, en síntesis, considera la cantidad y la calidad del factor o aspecto modificado.

La cantidad considera la extensión superficial o proyección espacial de los efectos derivados de la actuación del proyecto respecto al área de influencia para cada factor ambiental así:

- Muy Baja (1). La afectación, efecto o destrucción registrada será inferior al 10% de todas las unidades existentes, con las mismas características o mérito de conservación que la afecta.

- Baja (2). La afectación, efecto o destrucción registrada estará entre el 11 y el 25%.
- Media (3). La afectación, efecto o destrucción registrada estará entre el 26 y el 55%.
- Alta (4). La afectación, efecto o destrucción registrada estará entre el 56 y el 75%.
- Muy alta (5). La afectación, efecto o destrucción registrada estará entre el 76 y el 100%.

La calidad ambiental del medio está referida al valor encontrado durante la descripción de la línea base ambiental. Su resultado se presenta en el presente capítulo y su escala va de 1 a 5.

Con este resultado se procede a obtener la magnitud, que es dependiente del valor considerado para la calidad del medio afectado, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{MAG} = 2 \times (\text{EX} * \text{C})^{1/2}$$

Donde:

MAG = Magnitud de los efectos (entre 2 y 10)

EX = Extensión o cantidad.

C = Calidad del medio afectado.

La magnitud y valoración de los aspectos socios económicos y culturales es dependiente exclusivamente de la variable “Extensión o cantidad” (EX) del efecto producido y está dada por la fórmula:

$$\text{MAG} = 2 \cdot \text{EX}$$

Para la valoración de los efectos de manera conjugada se procede a integrar la importancia y la magnitud del impacto aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{IAI} = (\text{I} \times \text{MAG}) / 2$$

Donde,

IAI= Efecto ambiental inicial.

I= Importancia del efecto (INF/IPF).  
EX= Cantidad del medio afectado.  
C= Calidad del medio afectado, de acuerdo con la clasificación establecida a continuación:

- Muy buena calidad ambiental: (1): Componente o elemento ambiental que no se encuentra deteriorado por actividades antropogénicas y por tanto, mantiene sus condiciones naturales. Con respecto a la dimensión socioeconómica, cuando las necesidades básicas han sido superadas y se ofrece una muy buena calidad de vida a las comunidades.
- Buena calidad ambiental: (2): Componente o elemento que no ha sido alterado significativamente y aún guarda sus características principales. Con respecto a la dimensión socioeconómica, cuando las necesidades básicas han sido superadas casi en su totalidad y se ofrece una buena calidad de vida a las comunidades.
- Regular calidad ambiental: (3): Componente o elemento que ha sido afectado en sus condiciones naturales por actividades antrópicas, cuyos cambios se pueden definir mediante observaciones directas o estudios cualitativos o cuantitativos. Con respecto a la dimensión socioeconómica, cuando las necesidades básicas han sido superadas de manera parcial, por lo que se ofrece una deficiente calidad de vida a las comunidades.
- Baja calidad ambiental: (4): Componente o elemento que ha sido alterado en sus características intrínsecas y que requiere medidas de recuperación para lograr sus condiciones iniciales. Con respecto a la dimensión socioeconómica, cuando una o dos de las necesidades básicas han sido satisfechas y de una manera parcial, por lo que se ofrece una deficiente calidad de vida a las comunidades.
- Muy baja calidad ambiental (5): Componente o elemento que ha sido alterado en sus características intrínsecas, significativamente y que requiere medidas de recuperación drásticas para lograr sus condiciones iniciales. Con respecto a la dimensión socioeconómica, cuando las necesidades básicas continúan sin satisfacerse, por lo que se ofrece una muy deficiente calidad de vida a las comunidades.

Con el fin de realizar la conversión a valores comprendidos en una escala de 1 a 10 se utiliza la siguiente ecuación:

$$IAF = +/- (9 | IAI | + 40)/49$$

Donde,

IAF = Efecto ambiental final.

IAI = Efecto ambiental inicial.

Los datos cuantitativos obtenidos se comparan con la siguiente valoración:

Los descriptores de las condiciones están definidos así: (Véase Tabla 5-1).

- Condición compatible. Su afectación es inapreciable en el conjunto. 0,00 a – 3,00.
- Condición moderada. Su afectación es detectable pero poco significativa dentro del conjunto, por lo tanto, su recuperación no requiere de prácticas protectoras o correctoras intensivas, luego de las cuales se necesitará de un período de tiempo medio para que las condiciones ambientales se recuperen. -3,01 a -6,00.
- Condición severa. Su afectación es notoria y significativa, por lo tanto requiere de la adecuación de medidas protectoras o correctivas intensivas, luego de las cuales se necesitará de un largo período de tiempo para que las condiciones ambientales se asemejen al estado natural. -6,01 a -9,00.
- Condición crítica. Su afectación es muy significativa superando el límite aceptable, por lo tanto, se presentará una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, siendo imposible la recuperación de éstas aún con la aplicación de medidas protectoras o correctivas. -9,01 a -10,00.
- Condición favorable. Su efecto es positivo pero difícilmente mensurable. 0,00 a 6,00.
- Condición beneficiosa. Su efecto es positivo, mensurable y puede detectarse a corto plazo. 6,01 a 10,00.

**Tabla 5-1 Valoración conjugada de los impactos**

Efectos negativos				Efectos positivos	
Condiciones	Cualificación del efecto	Valoración ambiental	Condiciones	Cualificación del efecto	Valoración ambiental
Compatible	Compatible bajo	0,00 a -1,00	Favorable	Favorable bajo	0,00 a 1,00
	Compatible	-1,01 a -2,00		Favorable	1,01 a 2,00
	Compatible alto	-2,01 a -3,00		Favorable alto	2,01 a 3,00
Moderada	Moderado bajo	-3,01 a -4,00		Muy favorable bajo	3,01 a 4,00
	Moderado	-4,01 a -5,00		Muy favorable	4,01 a 5,00
	Moderado alto	-5,01 a -6,00		Muy favorable alto	5,01 a 6,00
Severa	Severo bajo	-6,01 a -7,00	Beneficio	Beneficioso bajo	6,01 a 7,00
	Severo	-7,01 a -8,00		Beneficioso	7,01 a 8,00
	Severo alto	-8,01 a -9,00		Beneficioso alto	8,01 a 9,00
Crítica	Crítico	-9,01 a -10,00		Muy beneficioso	9,01 a 10,00

Fuente: Araujo Ibarra & Asociados S.A. Informe EIA.

## 5.2 Calidad ambiental actual del área de influencia directa de la Refinería de Cartagena

La intervención en el área de influencia directa de la Refinería de Cartagena S.A. se viene presentando desde 1956, año en el cual entró en operación por parte de INTERCOL, filial de EXXON y como se describe en los Capítulos 2 y 4. Desde esa fecha a la actual, su infraestructura viene ampliándose y modernizándose, desarrollando los procesos y actividades que le permiten refinar cerca de 80 mil barriles por día.

A continuación se realiza un diagnóstico de los impactos ambientales de la Refinería sin proyecto de ampliación, seguido de un resumen de la línea base desarrollada en detalle en el Capítulo 3.



**Tabla 5-2 Identificación de aspectos e impactos asociados a la operación actual de la Refinería de Cartagena, sin su ampliación**

	Impactos		Aspectos/ Unidades	Observaciones
Aspectos socioeconómicos	Generación de expectativas.	-	Operación actual de la Refinería	La Refinería de Cartagena se ha constituido en una de las mayores fuentes de empleo directo e indirecto, es por ello que sus vecinos viven a la expectativa de los requerimientos de mano de obra por parte de la refinería. De la misma forma la estatal petrolera ha venido apoyando la comunidad en numerosos programas sociales.
	Generación de empleos directos e indirectos.	+	Operación y mantenimiento de la infraestructura.	Durante las labores de operación y mantenimiento se generan empleos eventuales para los contratistas que realizan las actividades, estimándose en un número que puede alcanzar una centena en los mantenimientos mayores.
	Aporte de tributos a la ciudad.	-	Operación actual de la Refinería.	Actualmente Ecopetrol tributaba de manera centraliza en Bogotá, por lo que la ciudad no percibía ningún ingreso por la operación de la refinería.
	Incentivo del desarrollo económico regional.	+	Operación actual de la Refinería.	La demanda de bienes y servicios por parte de la refinería incentiva el desarrollo económico de la región.
Agua	Aporte de contaminantes a la Bahía de Cartagena.	-	Plantas de refinación de crudo.	La auditoría realizada por URS en noviembre de 2007 reportó , en la corriente de descarga a la bahía: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentraciones de fenoles en el orden de 693 µg/l, las cuales están por encima de del valor límite permisible de 200 µg/l.</li> <li>• Concentraciones de DBO<sub>5</sub> de 9,06 mg/l, con un porcentaje de remoción cercano al 15 %, el cual se encuentra por debajo del 80 % exigido por el Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud, y las concentraciones cumplirán con los estándares IFP.</li> <li>• Las concentraciones de aceites y grasas en las aguas de descarga a la bahía tenían un promedio de 2,23 mg/l, con un porcentaje de remoción del 89,74%.</li> <li>• La concentración de sólidos suspendidos de 43,44 mg/l.</li> <li>• Una concentración promedio de nitrógeno total Kjeldahl de 8,18 mg/l.</li> <li>• La concentración de coliformes fecales variaban entre menos de 3 y 430 NMP/100 ml, lo que evidencia la insuficiencia del sistema de tratamiento de la refinería,.</li> </ul>
	Aporte de agua caliente a la Bahía de Cartagena.	-	Red de agua de enfriamiento.	Actualmente se vierte a la bahía el agua de mar empleada en el sistema de enfriamiento de las unidades de refinación (120.000 m <sup>3</sup> /día), a temperaturas cercanas a los 35°C y que cumplen con la regulación nacional vigente.

	<b>Impactos</b>		<b>Aspectos/ Unidades</b>	<b>Observaciones</b>
Aire	Emisiones de gases y material particulado.	-	Plantas de refinación de crudo.	La auditoría realizada por URS en noviembre de 2007 reportó: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones de SO<sub>2</sub> en 11.400 mg/m<sup>3</sup> en la planta de azufre, las cuales está muy por encima del límite de 550 mg/m<sup>3</sup> establecido por la Resolución 909 de 2008 del MAVDT.</li> <li>• La planta de refinación de crudo tiene una emisión de CO de 648 mg/m<sup>3</sup>, seis veces más alta que el valor permitido en la ciudad de Bogotá, que se utilizó en el informe como referencia.</li> <li>• De acuerdo a un balance de masa, se quema un total de 0,6 toneladas de azufre por día, dando como resultado una emisión de 1,2 toneladas de SO<sub>2</sub> por día o 50 kg/h.</li> </ul>
	Generación de ruido	-	Plantas de refinación de crudo	Según monitoreos realizados en mayo-junio de 2008, niveles de ruido ambiental (dentro y alrededor del lote) consecuentes con actividades desarrolladas en zonas industriales, en algunos puntos al límite establecido por la Resolución 601 de 2007.
Suelo	Contaminación del suelo y de las aguas freáticas.	-	Operación de la refinería	Hoy en día las prácticas de manejo ambiental de la Refinería prohíben realizar vertimientos al suelo o entierros de residuos.
Residuos	Generación de residuos no peligrosos.	-	Casino, planta de tratamiento de aguas residuales; unidades que utilizan catalizador; oficinas.	Los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales y varios de los catalizadores gastados no regenerables son tratados en el área de land-farming. El catalizador de la FCC es regenerado internamente y devuelto al proveedor cuando requiere de una regeneración más avanzada. Los demás residuos son entregados a proveedores autorizados para su tratamiento, disposición final o aprovechamiento.
	Generación de residuos peligrosos.	-	Mantenimiento.	Las principales corrientes son los lodos aceitosos generados por las actividades de mantenimiento (como borras de los tanques de almacenamiento), aceites y grasas usados y material contaminado con hidrocarburos. Se utiliza el área de land-farming para el tratamiento de los lodos aceitosos y se entregan los demás residuos a proveedores autorizados para su tratamiento, disposición final o aprovechamiento.
Recursos naturales	Presión sobre el recurso agua (acueducto).	-	Red de agua de proceso; red de agua potable.	Actualmente el consumo de agua es de 2.100 GPM.
	Presión sobre el recurso gas natural.	-	Equipos de combustión externa.	Actualmente el consumo de gas natural es de 14 MMSCFD, que se emplea como combustible, como complemento al combustible generado en la refinería.
	Presión sobre el recurso eléctrico.	-	Plantas de refinación	Actualmente el consumo de energía es de 8 MMBTU/h.



**Tabla 5-3 Resumen de la línea base en el área de influencia de la Refinería de Cartagena**

Componente	Línea base
Aire	Según monitoreos realizados en mayo-junio de 2008, se encontraron concentraciones antrópicas de hidrocarburos, amoníaco y material particulado.
Ruido	Según monitoreos realizados en mayo-junio de 2008, los niveles de ruido ambiental (dentro y alrededor del lote) son consecuentes con actividades desarrolladas en zonas industriales, en algunos puntos al límite establecido por la Resolución 601 de 2007.
Aguas superficiales	Según monitoreos realizados en el 2007-2008 en la Bahía de Cartagena: Anoxia de la capa de fondo. Influencia del Canal del Dique. Durante la época seca, predominancia de los aportes orgánicos y domésticos, confirmados por el aumento significativo de la DBO <sub>5</sub> , DQO, nitrógeno amoniacal, nitratos y aceites y grasas y una disminución significativa del oxígeno disuelto y de la saturación de oxígeno. Altos niveles de nitrógeno en las épocas de transición y lluviosa.
Suelo y aguas freáticas	<p>La auditoría realizada por URS en noviembre-diciembre de 2007 reportó:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo con afectación antrópica en el área de diques de confinamiento de los tanques: 3011, 3033, 3035, 3081, 3082, 3036, 3034, 1012, 1116 y 1001.</li> <li>• Suelo con afectación antrópica en el área de chatarra y en área norte de la planta viscorreductora.</li> </ul> <p>Sin embargo, en ninguno de los sitios investigados y analizados en laboratorio para Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH), Compuestos Orgánicos Volátiles (VOS), Compuestos Orgánicos Semivolátiles (SVOS) o Metales Contaminantes Prioritarios (MCP) y subcompuestos, se reportaron valores que excedan los criterios de intervención de la Lista Holanda, por lo que se concluye que los suelos de los sitios investigados en la Refinería de Cartagena no requieren ser remediados.</p> <p>Por otra parte, la misma auditoría reportó la presencia de producto libre en los piezómetros PM10, PM11 y PM26, ubicados en el área de procesos.</p>
Socioeconómico	<p>Altos niveles de pobreza. Servicios públicos: cobertura media-alta; baja en zona rural; 100% en la Zona Industrial de Mamonal. Insuficiente infraestructura de salud. Déficit de vivienda social. Malla vial en estado regular. 2ª ciudad con el desempleo más alto, siendo el grupo de los 25-55 años el más afectado. Sector informal: 65,28%. Subempleo del 11%. Importancia de la Zona Industrial de Mamonal en la generación de empleos estables y formales y en la generación de ingresos para la ciudad. Importancia del comercio y del turismo en la generación de empleos.</p>

Con base en la situación ambiental del área de influencia directa de la Refinería de Cartagena S.A., descrita en el Capítulo 3, y habiéndose identificado los aspectos e impactos sin desarrollar su ampliación, se presenta a continuación la calidad ambiental de cada componente a evaluar y valorar, para el establecimiento de los posibles impactos ambientales a generarse por las obras de ampliación y operación del proyecto de ampliación y operación de la Refinería de Cartagena S.A. Esta calificación será detallada en la matriz de valoración de los impactos ambientales de las fases de construcción y de operación para cada medio susceptibles de ser afectado por los impactos identificados (Tabla 5-6 y Tabla 5-8).

La calidad ambiental se definió teniendo en cuenta la escala de valores presentada en la sección relativa a la metodología empleada para la valoración de los impactos ambientales (§ 5.1): (Véase Tabla 5-4).

**Tabla 5-4 Calidad ambiental actual del área de influencia directa de la Refinería de Cartagena**

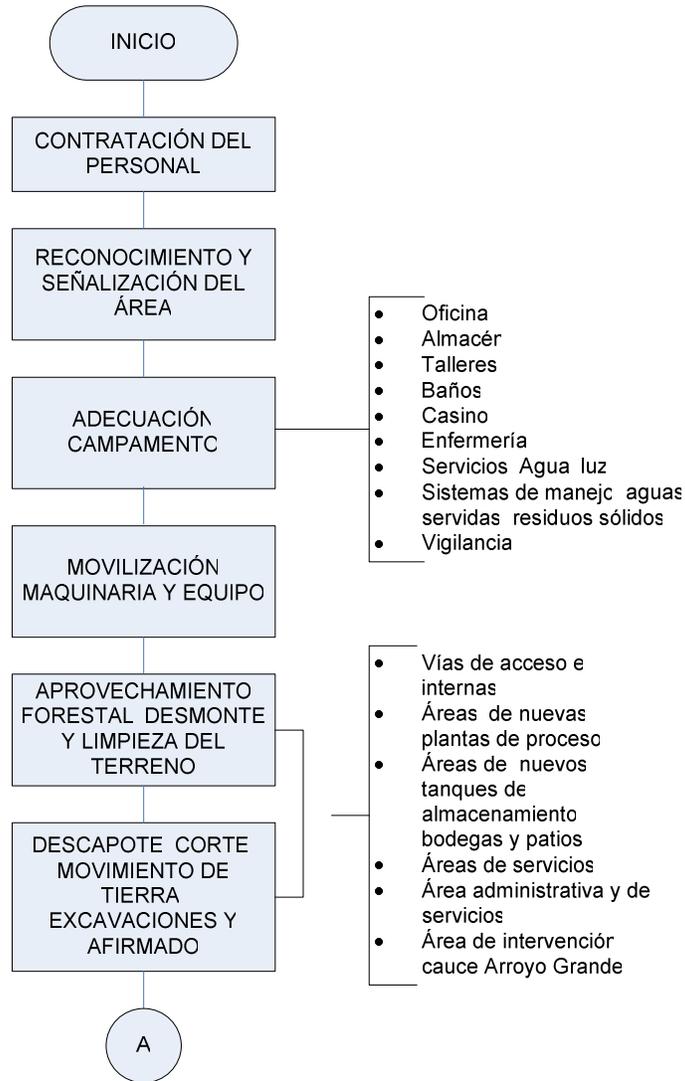
Componente ambiental	Estado	Valoración
Aspectos económicos y socio culturales.	REFICAR a través de uno de sus socios ECOPETROL ha contribuido a mejorar la calidad de vida de las comunidades vecinas.	3
Calidad del agua.	La calidad ambiental del agua de la Bahía de Cartagena recibe el aporte de vertimientos de las industrias presentes en la Zona Industrial de Mamonal y vertimientos domésticos de Cartagena..	3
Calidad del aire.	La calidad ambiental del aire se ve afectada por las emisiones de gases y material particulado generadas por las plantas de la Zona Industrial de Mamonal.	2
Calidad del suelo.	REFICAR se encuentra en una zona determinada en el POT de Cartagena como zona de uso industrial, sin embargo el suelo natural fue alterado por la implantación de la zona industrial de Mamonal.	2
Calidad de las aguas freáticas	Hay presencia de producto libre en un punto del lote de la Refinería.	4
Recursos naturales	Hay un consumo de agua, gas natural y electricidad por las actividades de REFICAR.	2
Calidad visual y del paisaje	La calidad visual y del paisaje ha sido alterada por la implantación de la zona industrial de Mamonal.	3

### 5.3 Identificación y evaluación de los impactos del proyecto de ampliación

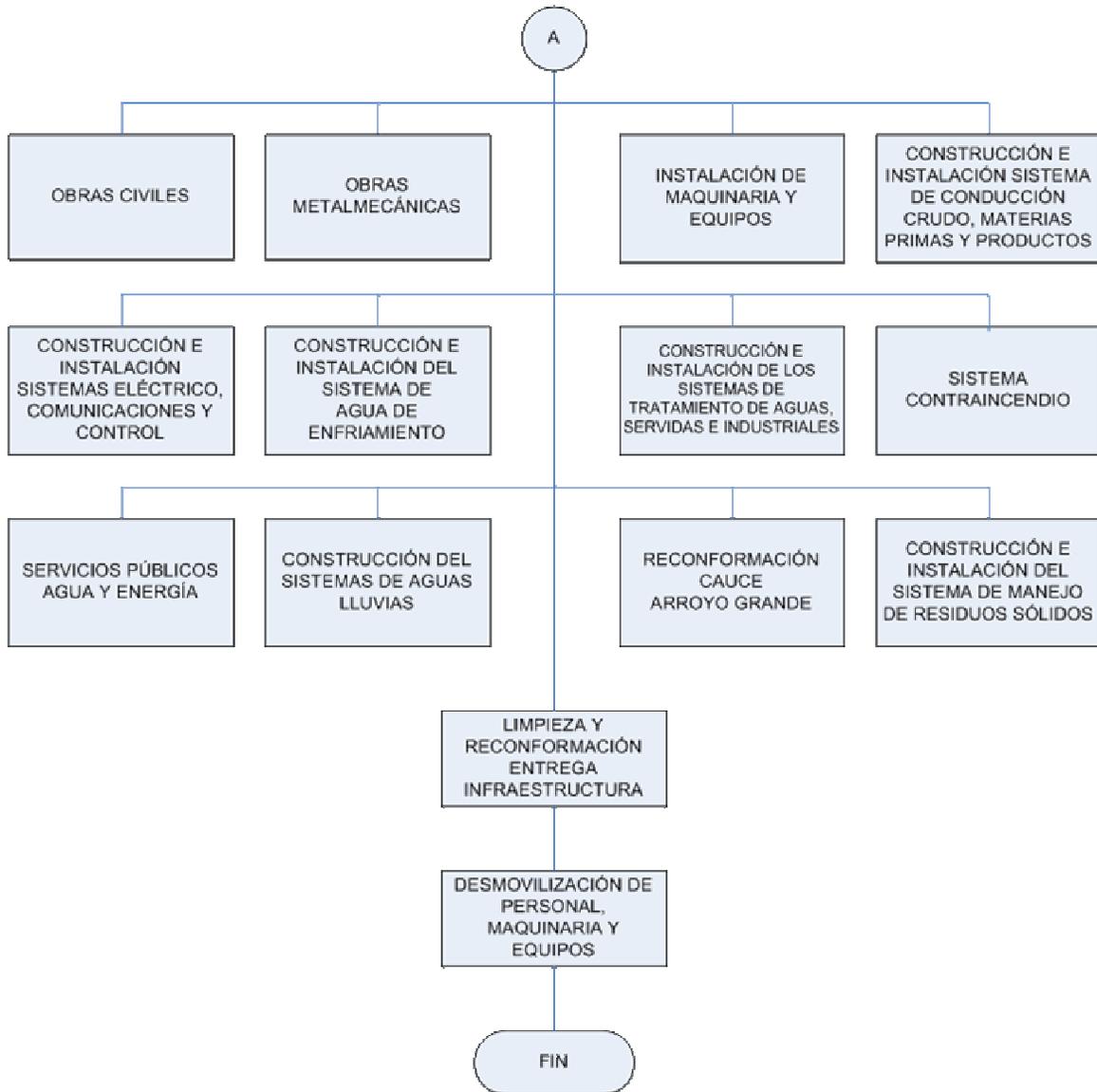
#### 5.3.1 Impactos previstos durante la fase de construcción

Las siguientes son las principales actividades de las obras de ampliación de la Refinería de Cartagena S.A., sobre las cuales se identificarán los aspectos ambientales, determinando y evaluando los impactos que puedan generar sobre el medio ambiente. (Véanse Figura 5-1, Tabla 5-5 y Tabla 5-6).

**Figura 5-1 Diagrama de flujo de las actividades de las obras de ampliación de REFICAR**



(Continuación).



Fuente: Araujo Ibarra & Asociados S.A.



**Tabla 5-5 Identificación de impactos ambientales relacionados con la construcción de la Refinería de Cartagena**

Actividad	Aspecto	Componente ambiental	Impacto	Descripción del impacto
Contratación del personal.	Requerimientos de mano de obra.	Socioeconómico.	Generación de empleo.	Demanda de la mano de obra calificada y no calificada, por lo cual se constituye en un impacto beneficioso para la comunidad del área de influencia del proyecto, aunque temporal, mientras perdure la actividad de ampliación de la Refinería.
			Detrimiento de la disponibilidad laboral para otros proyectos	Por la gran demanda de trabajadores durante la fase de construcción, se puede reducir de la oferta laboral y de material y equipos.
			Incentivo de la economía regional	Mayor demanda de bienes y servicios, relacionados con las actividades de construcción y de transporte.
			Desarrollo urbano y de infraestructura de las comunidades locales	En particular para el alojamiento y atención del gran número de trabajadores necesarios para la ampliación de la Refinería.
			Sobrecarga de la disponibilidad hotelera y conflictos sobre la demanda de bienes y servicios locales.	Restaurantes, lavandería y otros servicios normalmente disponibles para atender el Turismo.
			Conflictos sociales con la población local.	Por diferencias culturales entre la población local y la población inmigrante.



<b>Actividad</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Componente ambiental</b>	<b>Impacto</b>	<b>Descripción del impacto</b>
Adecuación campamento.	Generación de residuos sólidos.	Suelo. Aguas freáticas.	Aportes de contaminantes al suelo y aguas freáticas. Generación de residuos.	En caso de no darles un adecuado manejo y disposición final de los residuos sólidos que se generarán en el campamento podrían proliferar vectores de enfermedades sanitarias.
	Generación de residuos líquidos.	Agua del Arroyo Grande Suelo. Agua subterránea. Aire.	Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Contaminación del suelo. Generación de olores.	En caso de no darles un adecuado manejo y disposición final de los residuos líquidos: aguas negras, grises y aceitosas.
Movilización de vehículos, maquinaria y equipo.	Transporte terrestre. Generación de emisiones de gases CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> . Generación de ruido. Consumo de combustible. Goteos o escapes de combustible o lubricante.	Socio económico. Aire. Recurso natural. Suelo. Agua.	Congestión en las vías de acceso a la refinería. Contaminación del aire. Consumo de combustible. Contaminación del suelo y/o del agua superficial y subterránea.	Es posible que se congestione el corredor de carga y la vía a Mamonal. Los vehículos de transporte al área del proyecto generarán emisiones de gases y ruido afectando la calidad del aire, consumiendo combustible durante su funcionamiento. Se podrán presentar goteos o escapes de combustible por falta de mantenimiento o accidentes de los vehículos.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovechamiento forestal.</li> <li>• Descapote.</li> </ul>	Corte de árboles. Manejo de residuos vegetales. Manejo de la capa orgánica.	Flora. Suelo.	Contaminación del suelo. Desperdicio de la capa orgánica.	Si no se le da un adecuado manejo a los residuos vegetales, producto del aprovechamiento forestal, se generarán impactos como la contaminación del suelo. Si no se le da un adecuado manejo a la capa orgánica, producto del descapote, ésta se puede contaminar o perder, pudiéndose aprovechar en las zonas verdes de la Refinería.



<b>Actividad</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Componente ambiental</b>	<b>Impacto</b>	<b>Descripción del impacto</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descapote.</li> <li>• Corte.</li> <li>• Movimientos de tierra.</li> <li>• Excavaciones.</li> <li>• Compactación.</li> </ul>	Generación de material particulado.	Aire.	Contaminación del aire.	Se puede generar polvo y material particulado susceptibles de afectar la salud de los trabajadores.
	Arrastre de tierra y material pétreo por las aguas de escorrentía.	Suelo. Agua.	Pérdida de suelo. Degradación localizada de suelo (erosión). Contaminación del agua del Arroyo Grande.	Se puede presentar el arrastre de material por la escorrentía de las aguas lluvias, afectando el recurso suelo y la calidad del agua superficial.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obras civiles.</li> <li>• Obras metalmecánicas.</li> <li>• Montaje de la Refinería.</li> <li>• Acabados.</li> </ul>	Todas las actividades.	Agua. Recursos naturales.	Consumo de agua. Consumo de energía. Generación de residuos.	Se deberá racionalizar el consumo de agua y energía y manejar adecuadamente los residuos.

<b>Actividad</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Componente ambiental</b>	<b>Impacto</b>	<b>Descripción del impacto</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obras civiles.</li> <li>• Obras metalmecánicas.</li> <li>• Instalación de maquinaria y equipos.</li> <li>• Construcción e instalación del sistema de conducción de crudo, materias primas y productos.</li> <li>• Construcción e instalación del sistema eléctrico, comunicaciones y control.</li> <li>• Construcción e instalación del sistema de enfriamiento.</li> <li>• Construcción e instalación de los sistemas de tratamiento de aguas servidas e industriales.</li> <li>• Sistema de contraincendio.</li> <li>• Servicios públicos, agua y energía.</li> <li>• Construcción del sistema de aguas lluvias</li> <li>• Reconformación del cauce del Arroyo Grande</li> </ul>	Generación de residuos sólidos.	Agua superficial y subterránea. Suelo. Calidad visual y del paisaje.	Contaminación del agua. Contaminación del suelo.	Se puede presentar contaminación de las aguas por la presencia de lixiviados y cuerpos extraños, si no se le da un adecuado manejo a los residuos sólidos, que a su vez contaminarían el suelo por su posible mala disposición.
	Generación de residuos líquidos.	Agua superficial y subterránea. Aire. Suelo. Calidad visual y del paisaje.	Contaminación del agua. Olores desagradables. Contaminación del suelo.	Se puede presentar contaminación de las aguas por el vertido, escurrimiento y en general del mal manejo de los residuos líquidos, posiblemente generando malos olores y contaminando el suelo.
	Generación de emisiones y ruido.	Aire.	Contaminación del aire.	La operación de los vehículos, maquinaria y equipos puede generar emisiones de gases: SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO y CO <sub>2</sub> . De la misma forma pueden generar ruido que superen los umbrales establecidos.
	Consumo de combustibles y lubricantes.	Recursos naturales.	Contribución con el agotamiento de recursos naturales no renovables.	Operación de los vehículos, maquinaria y equipos.
	Consumo de energía.	Recursos naturales.	Contribución con el agotamiento de recursos naturales no renovables.	Operación de maquinaria y equipos eléctricos e, iluminación de las áreas.
	Consumo de agua.	Recursos naturales.	Contribución con el agotamiento de las fuentes de agua.	En caso de darle inadecuado manejo, se pueden presentar desperdicios de este recurso.



Actividad	Aspecto	Componente ambiental	Impacto	Descripción del impacto
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción e instalación del sistema del manejo de residuos sólidos,</li> <li>• Limpieza y reconformación y entrega de la infraestructura</li> <li>• Desmovilización de personal, maquinaria y equipos.</li> </ul>	Goteos y derrames de combustibles y lubricantes.	Agua. Aire. Suelo.	Aporte de contaminantes al agua superficial y subterránea. Aporte de contaminantes al aire. Aporte de contaminación al suelo.	Durante el manejo y utilización de los combustibles y lubricantes requeridos para operar los vehículos, maquinaria y equipos, se pueden presentar goteos o derrames que pueden caer al suelo, filtrándose al acuífero o escurriendo al cauce del Arroyo Grande y por ende a la bahía. A su vez se generarán emisiones de vapores que contaminarán el aire.

Fuente: Araujo Ibarra & Asociados S.A.

**Tabla 5-6 Valoración de impactos ambientales generados durante las obras de ampliación de la Refinería de Cartagena**

		Estado inicial (sin proyecto)	IMPORTANCIA										MAGNITUD		VALORACIÓN		Clasificación	
			Atributos								Importancia		Cantidad de extensión	Magnitud	Valoración	Valoración normalizada		
			Naturaleza	Momento	Duración	Periodicidad	Acumulatividad	Sinergia	Efecto	Reversibilidad	Recuperabilidad	Importancia						Importancia normalizada
N	M	D	P	A	S	E	RV	RC	INI/IPI	INF/IPF	EX	MAG	IAI	IAF				
Aspectos socioeconómicos	Generación de empleo	3	1	5	3	5	4	4	5	2	1	50	7,40	3	6	22,21	4,90	Muy favorable
	Detrimiento de la disponibilidad laboral	3	-1	5	3	2	4	3	5	1	1	-51	-4,49	4	8	-17,95	-4,11	Moderado
	Incentivo de la economía regional	3	1	5	3	5	4	4	5	2	1	50	7,40	4	8	29,62	6,26	Beneficioso bajo
	Desarrollo urbano y de infraestructura	3	1	3	5	1	3	4	5	5	5	52	7,75	4	8	31,00	6,51	Beneficioso bajo
	Sobrecarga de la disponibilidad hotelera y bienes y servicios	1	-1	5	3	3	3	4	5	1	1	-53	-4,71	4	8	-18,85	-4,28	Moderado
	Conflictos sociales/culturales	2	-1	4	3	1	2	3	5	2	2	-52	-4,60	2	4	-9,20	-2,51	Compatible alto
	Congestión en las vías de acceso	2	-1	5	3	3	3	3	4	1	1	-49	-4,26	3	6	-12,79	-3,17	Moderado bajo
Agua	Aporte de contaminantes al Arroyo Grande	2	-1	5	1	1	1	1	5	1	1	-28	-1,90	4	5,66	-5,37	-1,80	Compatible
	Aporte de contaminantes a la Bahía de Cartagena	3	-1	5	1	1	1	1	5	1	1	-28	-1,90	1	3,46	-3,29	-1,42	Compatible
	Aporte de contaminantes al agua subterránea	4	-1	3	2	1	1	1	5	3	2	-41	-3,36	2	5,66	-9,51	-2,56	Compatible alto
Aire	Emisión de gases/vapores	3	-1	5	1	1	1	1	5	1	1	-28	-1,90	2	4,90	-4,65	-1,67	Compatible
	Generación de ruido	3	-1	5	1	1	1	1	5	1	1	-28	-1,90	2	4,90	-4,65	-1,67	Compatible
	Generación de olores	1	-1	5	1	1	1	1	5	1	1	-28	-1,90	2	2,83	-2,69	-1,31	Compatible

		Estado inicial (sin proyecto)	IMPORTANCIA										MAGNITUD		VALORACIÓN			
			Atributos								Importancia							
			Naturaleza	Momento	Duración	Periodicidad	Acumulatividad	Sinergia	Efecto	Reversibilidad	Recuperabilidad	Importancia	Importancia normalizada	Cantidad de extensión	Magnitud	Valoración	Valoración normalizada	Clasificación
			N	M	D	P	A	S	E	RV	RC	INI/IPI	INF/IPF	EX	MAG	IAI	IAF	
Suelos	Aporte de contaminantes al suelo	2	-1	5	1	1	1	1	5	3	2	-38	-3,03	2	4	-6,05	-1,93	Compatible
	Desperdicio de la capa orgánica	2	-1	5	5	1	1	1	5	5	4	-72	-6,85	2	4	-13,70	-3,33	Moderado bajo
	Generación de residuos	2	-1	5	1	3	1	1	5	1	1	-30	-2,13	1	2,83	-3,01	-1,37	Compatible
Recursos Naturales	Consumo de agua	2	-1	5	1	3	1	1	5	2	2	-37	-2,91	1	2,83	-4,12	-1,57	Compatible
	Consumo de combustible/energía	2	-1	5	1	3	1	1	5	5	5	-58	-5,28	1	2,83	-7,46	-2,19	Compatible alto

Fuente: Araujo Ibarra & asociados S.A.

Del ejercicio anterior se concluye que la construcción de las obras de ampliación y modernización de la Refinería no generará impactos negativos que causen condiciones severas y críticas para el medio ambiente y el entorno socioeconómico, siendo el impacto negativo más significativo previsto la sobrecarga de la disponibilidad hotelera y de bienes y servicios en general y el detrimento de la disponibilidad laboral.

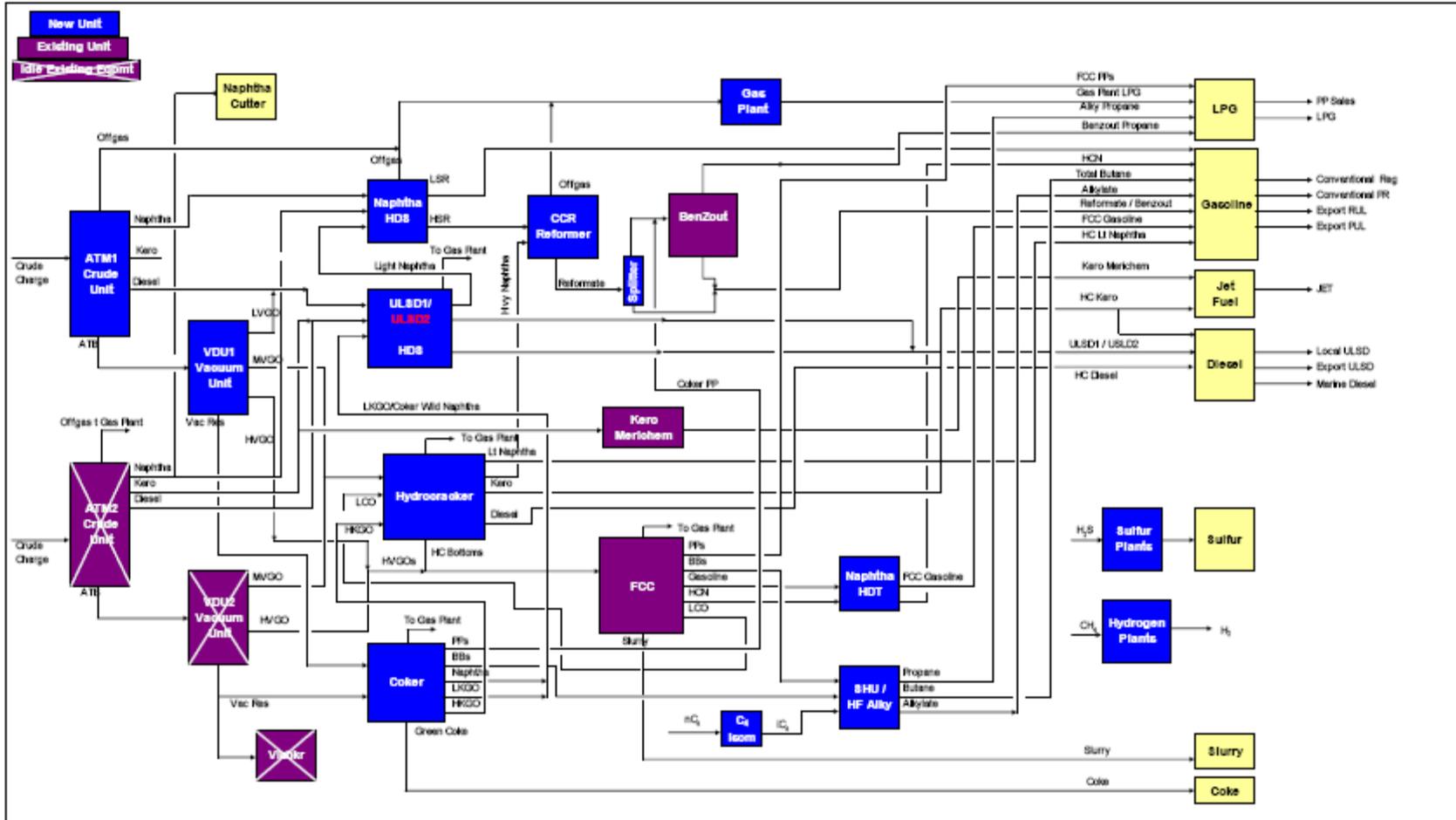
Vale resaltar impactos beneficios para la población local – es decir positivos, mensurables y visibles a corto plazo – como lo son el incentivo a la economía regional y el desarrollo urbano y de la infraestructura.

### ***5.3.2 Impactos previstos durante la fase de operación***

Las siguientes son las principales operaciones de la Refinería de Cartagena S.A., ampliadas y mejoradas sus instalaciones, sobre las cuales se identificarán los aspectos ambientales, determinando y evaluando los impactos que puedan generar sobre el medio ambiente. (Véanse Figura 5-2 y Tabla 5-8).

En el Capítulo 2 se detalla la operación de cada unidad de la futura configuración de la Refinería de Cartagena.

**Figura 5-2 Procesos operativos de la Refinería de Cartagena S.A., ampliada y mejorada**



Fuente: REFICAR S.A.

**Tabla 5-7 Identificación de impactos ambientales relacionados con la operación de la Refinería de Cartagena ampliada y mejorada**

	<b>Impactos</b>		<b>Aspectos/ Unidades</b>	<b>Observaciones</b>
Socioeconómico	Generación de expectativas.	-	Ampliación de la Refinería.	La población no calificada puede tener expectativas que superen la oferta laboral real futura de la Refinería.
	Generación de empleos directos e indirectos.	+	Ampliación de la Refinería.	El número de empleos directos pasará de 340 a 550.
	Transferencia de tecnología.	+	Nuevas unidades y modernización de las unidades existentes.	La Refinería de Cartagena será una de las más modernas, eficientes y de mayor conversión del petróleo crudo del mundo, produciendo productos de mayor valor (coque en remplazo del combustóleo, gasolinas grado extra y de exportación en remplazo de las corrientes). Permitirá la refinación de crudos pesados sin un mayor costo ambiental para la sociedad.
	Aporte de tributos a la ciudad.	+	Ampliación de la Refinería.	Anteriormente Ecopetrol tributaba de manera centraliza en Bogotá; Reficar lo hará en Cartagena. Ampliación de la capacidad de 80 KBPD a 165 KBPD.
	Incentivo del desarrollo económico regional.	+	Ampliación de la Refinería.	Mayor uso de servicios y de infraestructura.
Agua	Disminución de la carga de fenoles a la Bahía de Cartagena.	+	Planta de tratamiento de aguas residuales.	Se cuenta con un plan de mejoramiento de la calidad de los efluentes para este parámetro, basado principalmente en la separación de las corrientes de mayor concentración y el tratamiento vía aplicación de carbón activado.
	Aumento del aporte de contaminantes distintos a fenoles a la Bahía de Cartagena.	-	Ampliación de la capacidad de refinación de la planta.	Se demostró por modelación, que los vertimientos de la nueva refinería, no generarán efecto acumulativo o tóxico, por la capacidad de dispersión y difusión de la Bahía de Cartagena
	Disminución del aporte de agua caliente a la Bahía de Cartagena.	+	Red de agua de enfriamiento.	Se recirculará el agua de enfriamiento, con un make-up de agua suministrada por Acuacar. Ya no se utilizará agua de la Bahía, ni se devolverá el flujo de agua a 35°C a la Bahía. El aumento del volumen de efluentes no compensa esta disminución.
Aire	Disminución del contenido de azufre en los combustibles producidos.	+	Unidades de hidrosulfurización del destilado medio (USLD1/2), hidrotatamiento de la nafta (NHT), hidrosulfurización de la nafta FCC, coquización, purificación del hidrógeno (PSA); eliminación del proceso de viscorreducción; implementación de la nueva unidad de coquización.	Mejora en la calidad de las emisiones de los motores de combustión interna, que se reflejará en una disminución de la concentración de material particulado y óxidos de azufre en todo el territorio nacional. El combustóleo (residuo de la viscorreducción) contiene mayores concentraciones de azufre que el diesel y la gasolina, que se producirán en su lugar (como % de cada barril de Crudo). El coque será principalmente de grado anódico, para la industria de la soldadura, y tiene bajo contenido de azufre.

	<b>Impactos</b>		<b>Aspectos/ Unidades</b>	<b>Observaciones</b>
	Emisiones de material particulado por transporte de material sólido.	-	Manejo del coque; manejo del azufre sólido.	Las emisiones de coque serán controladas por humectación, antes del cargue a una banda transportadora de tipo encapsulado, que será el mismo sistema implementado para el transporte del azufre sólido.
Aire	Disminución de las emisiones de la unidad de craqueo catalítico	+	Unidad de craqueo catalítico.	Sistema de remoción de material particulado con ciclones de alta eficiencia en el sistema de regeneración del catalizador y mejor aprovechamiento energético.
	disminución de las emisiones de material particulado, aumento de los NOx.	-	Tea; nueva planta de saturación de gas; mezclador de gas combustible; nuevas plantas de azufre.	Mejora la calidad del gas combustible (contiene un 35,8% de H <sub>2</sub> ). Disminución de las emisiones de SO <sub>2</sub> de la planta de recuperación de azufre.
	Aumento de las emisiones de gases de proceso (HF, H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> ).	-	Nueva planta de purificación de hidrógeno; planta de saturación de gas; nuevas plantas de azufre; nueva planta de alquilación; stripping de las aguas ácidas.	Se recolectarán y separarán las corrientes de gases, reciclando la corriente más rica en hidrógeno a las unidades consumidores, aprovechando la corriente menos concentrada como gas combustible, transformando el H <sub>2</sub> S en azufre e incinerando el amoníaco. El HF será purificado y reciclado. Por modelación, se encontró que se cumplirán los límites de la resolución 601 de 2006 del MAVDT, para NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> y Material Particulado.
	Aumento de la generación del ruido.	-	Ampliación de la Refinería.	Equipos modernos con menor emisión de ruido.
Suelo	Aportes de contaminantes al suelo.	+	Landfarming.	No se prevé efectos debido a la ampliación, el landfarming continuará operando de la forma como se está haciendo actualmente.
	Utilización de un terreno declarado para uso industrial.	+	Ampliación de la Refinería.	Se previene la invasión del lote inutilizado; se facilita el control de plagas en las instalaciones existentes; se mejora la seguridad de la Refinería.
	Adecuado manejo de la franja de protección del Arroyo Grande.	+	Ampliación de la Refinería.	Se mantendrá la franja de 30 m alrededor del arroyo modificado y se dará el manejo adecuado a la zona de protección.
Residuos	Aumento de la generación de residuos no peligrosos.	-	Ampliación de la capacidad de la Refinería (casino, planta de tratamiento de aguas residuales); nuevas unidades que utilizan catalizador (salvo alquilación).	Se incentivarán las técnicas de aprovechamiento sobre las de destrucción y disposición final.
	Aumento de la generación de residuos peligrosos.	-	Mantenimiento.	Las principales corrientes serán las borras de los tanques de almacenamiento (lodos aceitosos) y aceites y grasas usados. Se utilizará el área de land-farming para el tratamiento de los lodos aceitosos.
os na	Aumento de la presión sobre el recurso agua (acueducto).	-	Red de agua de proceso; red de agua de enfriamiento.	Mayor consumo global, debido a la ampliación de la Refinación, se prevé optimizar el uso de los efluentes pretratados.

	<b>Impactos</b>		<b>Aspectos/ Unidades</b>	<b>Observaciones</b>
	Aumento de la presión sobre el recurso gas natural, utilizado como combustible.	-	Planta de saturación de gas; mezclador de gas combustible; recuperación de calor de la FCC (regeneración de catalizador); sistema autogeneración de energía.	Disminución relativa del consumo de gas natural para generación de energía, debido a la mayor eficiencia energética de la Refinería, en particular al mayor contenido de hidrógeno en el gas combustible, la modernización de la FCC y la ampliación y mejora del sistema de autogeneración.
Recursos naturales	Presión sobre el recurso gas natural, utilizado como materia prima.	-	Nueva planta de generación de hidrógeno para las unidades de hidrot ratamiento, hidrodesulfurización e hidro craqueo.	Sin embargo la planta de purificación de hidrógeno permitirá aprovechar la corriente de H <sub>2</sub> del reformado y recuperar los excedentes generados por el hidro craqueo y demás unidades de hidrot ratamiento, contribuyendo con un 30% de las necesidades totales de la Refinería. Las unidades consumidoras de H <sub>2</sub> permiten la remoción del azufre en los productos finales. En caso de no haber abastecimiento de gas natural, la refinería podría utilizar GLP en su lugar.
	Disminución de la presión sobre el recurso eléctrico.	+	Sistema de autogeneración de energía; planta de saturación de gas.	No se comprará más energía eléctrica al sistema de interconexión nacional.

**Tabla 5-8 Valoración de los impactos ambientales de la operación de la Refinería de Cartagena, ampliada y mejorada**

	Estado inicial (sin proyecto)	IMPORTANCIA											MAGNITUD		VALORACIÓN			
		Atributos									Importancia		Cantidad de extensión	Magnitud	Valoración	Valoración normalizada	Clasificación	
		Naturaleza	Momento	Duración	Periodicidad	Acumulatividad	Sinergia	Efecto	Reversibilidad	Recuperabilidad	Importancia	Importancia normalizada						
		N	M	D	P	A	S	E	RV	RC	INI/IPI	INF/IPF						EX
Aspectos Socio Económicos	Generación de expectativas	3	-1	5	3	3	3	3	5	3	3	-64	-5,95	4	8	-23,80	-5,19	Moderado alto
	Generación de empleos directos e indirectos	3	1	5	5	5	4	3	5	1	1	57	8,62	5	10	43,08	8,73	Beneficioso alto
	Transferencia de tecnología	3	1	5	5	1	1	1	5	5	3	41	5,85	1	2	5,85	1,89	Favorable
	Aporte de tributos a la ciudad	3	1	4	5	2	2	3	5	1	1	49	7,23	5	10	36,15	7,46	Beneficioso
	Incentivo del desarrollo económico regional	3	1	5	5	3	4	3	4	1	1	54	8,10	4	8	32,38	6,76	Beneficioso bajo
Agua	Disminución de la carga de fenoles a la Bahía de Cartagena	3	1	5	5	5	1	1	5	1	1	45	6,54	3	6,00	19,62	4,42	Muy favorable
	Aumento del aporte de contaminantes distintos a fenoles a la Bahía de Cartagena	3	-1	5	5	5	1	1	5	1	2	-56	-5,05	3	6,00	-15,15	-3,60	Moderado bajo
	Disminución del aporte de agua caliente a la Bahía de Cartagena	3	1	5	5	5	1	1	5	1	1	45	6,54	3	6,00	19,62	4,42	Muy favorable
Aire	Disminución del contenido de azufre en los combustibles producidos	3	1	4	5	5	4	3	5	1	1	56	8,44	4	6,93	29,25	6,19	Beneficioso bajo
	Emisiones de material particulado por transporte de material sólido	3	-1	5	5	2	1	2	5	1	1	-52	-4,60	1	3,46	-7,97	-2,28	Compatible alto
	Disminución de las emisiones de la FCC	3	1	5	5	5	4	1	5	1	1	51	7,58	3	6,00	22,73	4,99	Muy favorable

		Estado inicial (sin proyecto)	IMPORTANCIA										MAGNITUD		VALORACIÓN					
			Atributos									Importancia		Cantidad de extensión	Magnitud	Valoración	Valoración normalizada	Clasificación		
			Naturaleza	Momento	Duración	Periodicidad	Acumulatividad	Sinergia	Efecto	Reversibilidad	Recuperabilidad	Importancia	Importancia normalizada							
N	M	D	P	A	S	E	RV	RC	INI/IPI	INF/IPF	EX	MAG	IAI	IAF						
			Aumento de las emisiones de gases de combustión	3	-1	5	5	5	3	2	5	1	1	-59	-5,39	3	6,00	-16,16	-3,78	Moderado bajo
Aire			Aumento de las emisiones de gases de proceso	3	-1	5	5	2	2	2	5	1	1	-54	-4,83	3	6,00	-14,48	-3,48	Moderado bajo
			Aumento del ruido	3	-1	5	5	5	4	3	5	1	1	-64	-5,95	2	4,90	-14,57	-3,49	Moderado bajo
Suelo			Aporte de contaminantes al suelo	2	-1	5	1	1	4	1	4	3	3	-47	-4,04	1	2,83	-5,71	-1,87	Compatible
			Utilización de un terreno declarado para uso industrial	2	1	5	5	5	1	1	5	5	1	45	6,54	2	4,00	13,08	3,22	Muy favorable bajo
			Adecuado manejo de la franja del Arroyo Grande	2	1	4	5	5	3	1	5	4	1	48	7,06	4	5,66	19,96	4,48	Muy favorable
Residuos			Aumento de la generación de residuos no peligrosos.	3	-1	4	2	5	3	1	3	1	1	-38	-3,03	1	3,46	-5,24	-1,78	Compatible
			Aumento de la generación de residuos peligrosos.	2	-1	4	2	2	2	1	3	1	2	-37	-2,91	1	2,83	-4,12	-1,57	Compatible
Recursos naturales			Aumento de la presión sobre el recurso agua (acueducto)	2	-1	5	5	5	1	1	5	1	1	-52	-4,60	1	2,83	-6,51	-2,01	Compatible alto
			Aumento de la presión sobre el recurso gas natural (combustible)	2	-1	5	5	5	1	1	5	1	1	-52	-4,60	1	2,83	-6,51	-2,01	Compatible alto
			Presión sobre el recurso gas natural (materia prima)	2	-1	5	5	5	1	1	5	1	1	-52	-4,60	1	2,83	-6,51	-2,01	Compatible alto
			Disminución de la presión sobre el recurso eléctrico	2	1	5	5	5	1	1	5	1	1	45	6,54	1	2,83	9,25	2,51	Favorable alto

Fuente: Araujo Ibarra & asociados S.A.

Del ejercicio anterior se concluye que la operación de la Refinería ampliada y modernizada no generará impactos negativos que causen condiciones severas y críticas para el medio ambiente y el entorno socioeconómico, siendo el impacto negativo más significativo previsto la generación de expectativas en la población activa (por la generación de empleos relacionado con la operación de la planta), seguido del aumento del aporte de contaminantes distintos a fenoles, en el efluente de la bahía.

Vale resaltar varios impactos beneficiosos – es decir positivos, mensurables y visibles a corto plazo – como lo son:

- La generación de empleos directos e indirectos.
- El aporte de tributos a la ciudad.
- El incentivo al desarrollo económico regional.
- La disminución del contenido de azufre en los combustibles producidos.



## ***CAPITULO 6: ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO***

***Agosto de 2008***

## 6. ZONIFICACION DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO

Como bien se define en los términos de referencia del ministerio, se deben identificar las zonas de manejo ambiental que se definen en tres grandes grupos como sigue:<sup>8</sup>

Áreas de exclusión. Corresponde a áreas que no pueden ser intervenidas por las actividades del proyecto. Se considera que el criterio de exclusión está relacionado con la fragilidad, sensibilidad y funcionalidad socioambiental de la zona; de la capacidad de autorrecuperación de los medios a ser afectados y del carácter de áreas con régimen especial.

Áreas de intervención con restricciones. Se trata de áreas donde se deben tener en cuenta manejos especiales y restricciones propias acordes con las actividades y etapas del proyecto y con la sensibilidad socioambiental de la zona. En lo posible deben establecerse grados y tipos de restricción y condiciones de las mismas.

Áreas de intervención. Corresponde a áreas donde se puede desarrollar el proyecto, con manejo ambiental acorde con las actividades y etapas del mismo.

De las definiciones citadas, para el proyecto de construcción y operación de las plantas nuevas en la refinería, se identifican claramente dos áreas de zonificación de manejo ambiental, que para el caso del proyecto, se detalla un área de intervención, que corresponde a un total de 135 hectáreas, conforme al plano 2-1. Para ello será necesaria la modificación del curso del Arroyo Grande, dentro de los terrenos de propiedad de la Refinería, el cual, además de ser típicamente un cauce de invierno, opera como medio de drenaje local hacia la Bahía de Cartagena.

En ese contexto, y acorde con lo expuesto en el capítulo 4, se propone estructurar como áreas de exclusión con restricciones y solo podrán ser intervenidas para hacer mantenimientos al canal y a la adecuación paisajística que se haga de la misma, las nuevas franjas de 20 metros que para la protección del arroyo serán resguardadas, en el desarrollo de la modificación del cauce del mismo, conforme lo establecido por los decretos 2811 de 1974 y el 1541 de 1978.

Retomando las áreas de intervención, para la instalación de las nuevas plantas, exige del permiso de aprovechamiento forestal único inicialmente, dada la cobertura vegetal actual del lote de desarrollo del proyecto.

---

<sup>8</sup> Resolución 1269 de junio 30 de 2006, Términos de Referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental para los proyectos de construcción y operación de refinerías y los desarrollos petroquímicos que formen parte de un complejo de refinación, identificados con el código HI-TER-1-07.

Para ello se detallan las áreas en la siguiente figura:

**Figura 6-1** Identificación de áreas de Intervención y de Exclusión Ambiental.



Fuente: Foto tomada de Google Earth, modificada por el autor



## ***CAPITULO 7: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL***

***Agosto de 2008***

## **7. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

El Plan de Manejo Ambiental contiene las acciones, medidas o actividades que se ejecutarán para potenciar los impactos positivos o prevenir, mitigar, controlar, compensar o corregir los posibles factores de deterioro ambiental identificados y evaluados, que se llegasen a causar por la ejecución de las obras de ampliación y la operación de la Refinería de Cartagena S.A.

REFICAR, consciente de la necesidad de desarrollar su proyecto de ampliación y operación de la Refinería de Cartagena, dentro del concepto de desarrollo sostenible, dando cumplimiento a las normas ambientales nacionales e internacionales aplicables a sus actividades, a la Licencia Ambiental que por el presente EIA se solicita sea modificada y demás requerimientos en materia de ESH, y conciente de la necesidad de mantener unas excelentes relaciones con la comunidad, estructuró y viene desarrollando el Sistema de Gestión Ambiental, de seguridad e higiene industrial con el propósito de fijar sus políticas, generar y ejecutar planes y medidas de control para garantizar el cumplimiento de sus objetivos en torno a un ambiente sano y seguro.

### **7.1 Marco normativo**

Leyes, decretos y resoluciones en materia ambiental, que enmarca el manejo ambiental de la ampliación y operación de la Refinería de Cartagena S.A.:

- Constitución Política de Colombia 1.991. Artículos: 1 - 8 - 58 - 67 - 78 - 79 - 95 - 101 - 215 - 226 - 333.
- Decreto – Ley 2811 de 1974, Código de los Recursos Naturales.
- Decreto 1541 de 1978, aguas no marítimas. Reglamentó las normas relacionadas con el recurso agua en todos sus estados.
- Decreto 0002, 11 de enero de 1982, por medio del cual se reglamentó parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.
- Decreto 1594 de 1984, referido al uso del agua y los residuos líquidos.
- 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 de los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental – SINA – y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 541, de diciembre 14 de 1994, por la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros de construcción, demolición y movimiento de capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
- Decreto 948, de junio 5 de 1.995, por medio de cual se reglamentó parcialmente la Ley 23 de 1.973: los Artículos 33,73,74 y 75 del Decreto Ley 2811 de 1.974 y la Ley 99 de



1.993, en relación con prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.

- Resolución 1351, de noviembre 14 de 1995, por medio de la cual se adopta la declaración denominada Informe Estado de Emisiones (IE-1).
- Ley 373, de junio 6 de 1997, por medio de la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
- Ley 430, de enero 16 de 1998, por medio de la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 2622, de diciembre 18 de 2000, por medio del cual se regula el contenido de plomo y otros contaminantes en los combustibles.
- Decreto 2676, de diciembre 22 de 2000, por medio del cual se reglamentó la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares.
- Decreto 823, de marzo 23 de 2005, por medio del cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 1220, de abril 21 de 2005, por medio del cual se reglamentó el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.
- Decreto 4741, de diciembre 30 de 2005, por medio del cual se reglamentó parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
- Decreto 979, de abril 3 de 2006, por medio del cual se modifican los artículos 7,10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995.
- Resolución 601, de abril 4 de 2006, por medio de la cual establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.
- Resolución 627, de abril 7 de 2006, por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.
- Decreto 2012, de abril 22 de 2008, por medio del cual se reglamentó el Departamento de Gestión Ambiental de Empresas a Nivel Industrial y se dictan otras disposiciones.

## **7.2 Sistema de gestión Ambiental, de Seguridad e Higiene Industrial**

De acuerdo con las normas citadas, el Sistema de Gestión Ambiental, de seguridad e higiene industrial, está basado en los siguientes conceptos básicos:

- Cumplimiento de la legislación vigente.
- Unificación en los criterios de gestión Ambiental, de Seguridad e Higiene Industrial.
- Prevención antes que corrección, como base del sistema de gestión de EHS.
- Minimización de residuos en origen, incidiendo en las buenas prácticas de manejo integral de los residuos y disposición final.
- Ahorro de recursos tanto energéticos como naturales e insumos.
- Elaboración de procedimientos operativos de gestión Ambiental, de Seguridad e Higiene Industrial.
- Vigilancia y registro de los incidentes y accidentes tanto de tipo ambiental como de seguridad e higiene industrial.

- Formación y capacitación a todos los niveles de la organización en materia Ambiental, de Seguridad e Higiene Industrial y su sistema de gestión.

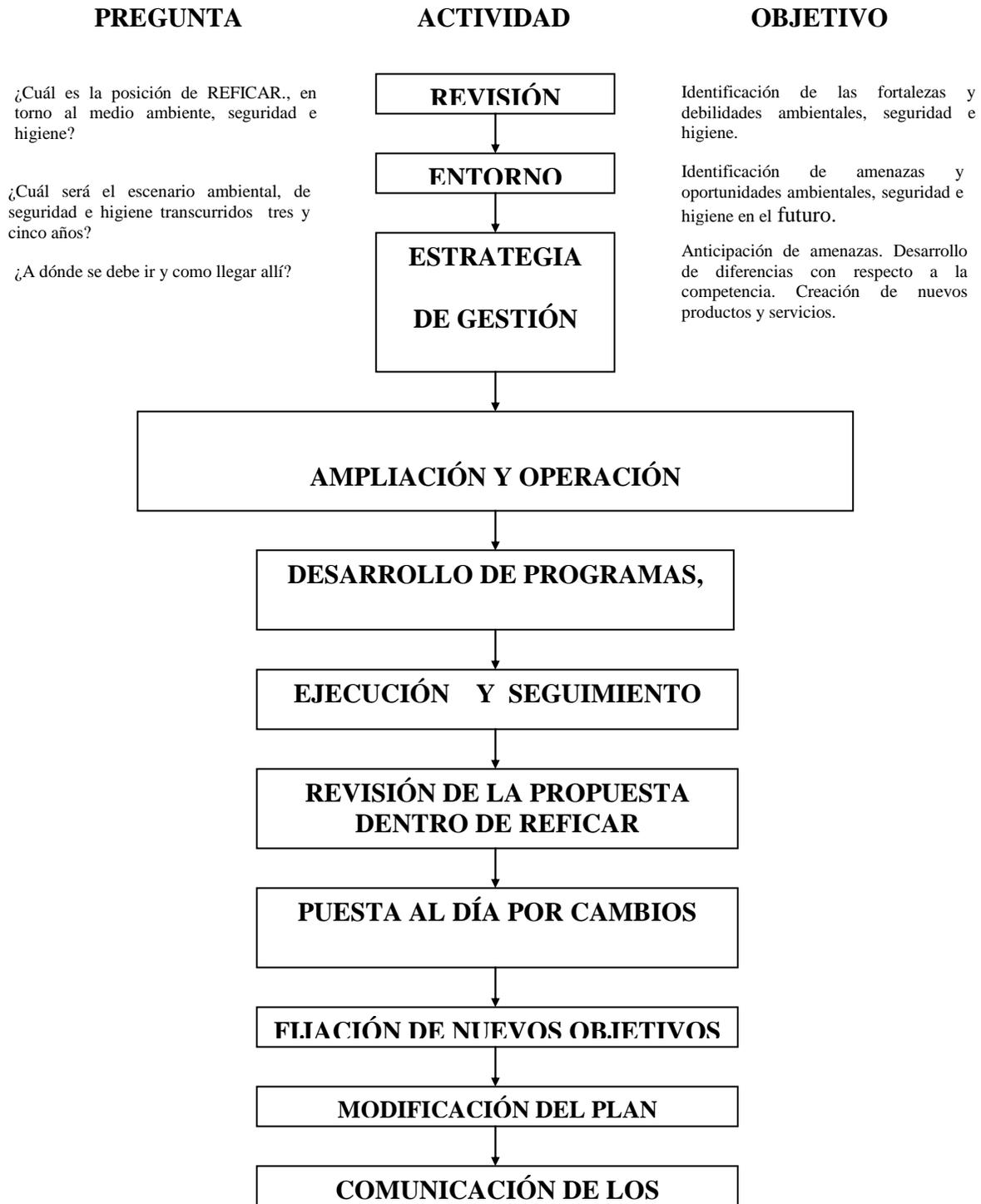
Una vez estructurado el sistema de gestión Ambiental, de Seguridad e Higiene Industrial en función de los aspectos enunciados, el sistema de gestión debe prever todo tipo de repercusiones en:

- Condiciones de funcionamiento tanto normales como imprevistas o incidentales.
- Accidentes y situaciones de emergencia potenciales.
- Actividades pasadas, presentes y futuras previstas.

A partir de lo anterior, a nivel del proyecto, se pueden identificar un buen número de instrumentos de gestión y control de la gestión Ambiental, de Seguridad e Higiene Industrial como son:

- Evaluaciones de impacto Ambiental.
- Análisis de Riesgos.
- Planes de Manejo Ambiental.
- Planes de Gestión Social.
- Planes de Contingencia.
- Reglamentos Técnicos de Operación.
- Reglamentos de Higiene y Seguridad Industrial.
- Auditorias Ambientales, de Seguridad e Higiene.

### 7.3 Diagrama de Gestión Ambiental, de Seguridad e Higiene Industrial



La gestión organizacional de la compañía, tiene como objetivos establecer, implementar y difundir el Sistema de Gestión Ambiental, de Seguridad e Higiene Industrial para el desarrollo de la ampliación y operación de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR. Para ello se tienen previstas actividades en diferentes frentes como son:

### *1. PLANIFICAR*

Establecer, implementar, mantener y mejorar un proceso de planificación que le permita a la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR:

- Definir la política de ambiente, seguridad e higiene.
- Identificar y evaluar los aspectos e impactos ambientales y los riesgos S&SO asociados con las actividades que desarrolle.
- Identificar y hacer seguimiento de los requisitos legales y otros requisitos que rigen sus operaciones y establecer criterios internos de desempeño.
- Establecer objetivos y metas ambientales, de seguridad e higiene y formular programas para su desarrollo.
- Utilizar indicadores de desempeño Ambiental, de Seguridad e Higiene Industrial.

### *2. HACER*

Implementar y mantener el sistema de gestión Ambiental, de Seguridad e Higiene Industrial.

- Crear estructuras de gestión, asignar funciones y responsabilidades.
- Suministrar recursos adecuados.
- Difundir interna y externamente el sistema de gestión.
- Formar al personal y asegurarse de su toma de conciencia y competencia.
- Ejecutar los programas para alcanzar los objetivos y metas.
- Establecer y mantener la documentación interna y externa.
- Desarrollar y mantener la documentación.
- Establecer e implementar controles a los documentos.
- Establecer y mantener controles operacionales.
- Asegurarse de la preparación y capacidad de respuesta ante emergencias.

### *3. VERIFICAR*

Evaluar los procesos del sistema de Gestión Ambiental, de Seguridad e Higiene Industrial.

- Realizar seguimiento y mediciones continuas.
- Evaluar el estado de cumplimiento.
- Identificar las no conformidades y tomar acciones correctivas y preventivas.
- Gestionar registros.
- Realizar periódicamente auditorías internas.

#### 4. ACTUAR

Revisar y emprender acciones para mejorar el sistema de gestión Ambiental, de Seguridad e Higiene Industrial:

- Realizar revisiones por la alta dirección de REFICAR, del sistema de gestión Ambiental, de Seguridad e Higiene Industrial a intervalos apropiados.
- Identificar áreas de mejora.

Frente a lo descrito anteriormente, la Refinería de Cartagena S.A. – REFICAR – ha desarrollado las siguientes fichas de manejo ambiental que como corresponden, son parte de las etapas de construcción y operación de la refinería, y como complemento presentamos un resumen de las fichas desarrolladas:

**Tabla 7-1 Fichas de Manejo Ambiental para la construcción de la Refinería.**

<b>FICHA DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA REFINERÍA</b>				
<b>Ficha</b>	<b>Título</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>Construcción</b>	<b>Operación</b>
FICHA CO - 1	Movilización de vehículos, maquinaria y equipos	Aire/Suelo	X	X
FICHA CO - 2	Aprovechamiento forestal	Suelo	X	
FICHA CO - 3	Manejo de fauna	Suelo	X	
FICHA CO - 4	Descapote, movimientos de tierra, excavaciones, afirmado	Suelo	X	
FICHA CO - 5	Residuos líquidos	Agua	X	
FICHA CO - 6	Residuos sólidos	Suelo	X	
FICHA CO - 7	Manejo EHS de las obras de ampliación de REFICAR	Suelo/Agua/Aire	X	
FICHA CO - 8	Programa de arqueología preventiva	Socioeconómico	X	
FICHA CO - 9	Activación del Plan de Contingencia	Suelo/Agua/Aire	X	

**Tabla 7-2 Fichas de Manejo Ambiental para la operación de la Refinería.**

<b>FICHA DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA OPERACIÓN DE LA REFINERÍA</b>				
<b>Ficha</b>	<b>Título</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>Construcción</b>	<b>Operación</b>
FICHA OP - 1	Educación y capacitación al personal vinculado al proyecto	Socioeconómico	X	X
FICHA OP - 2	Programa de información y participación comunitaria	Socioeconómico	X	X
FICHA OP - 3	Programa de contratación de mano de obra local	Socioeconómico	X	X
FICHA OP - 4	Programa de atención de sugerencias, expectativas y reclamos	Socioeconómico	X	X
FICHA OP - 5	Programa de apoyo a la capacidad de la gestión institucional	Socioeconómico	X	X
FICHA OP - 6	Programa de capacitación, educación y concientización en medio ambiente y manejo de emergencias para la comunidad aledaña al proyecto	Socioeconómico	X	X
FICHA OP - 7	Manejo de emisiones atmosféricas y ruido ambiental	Aire/Ruido		X
FICHA OP - 8	Manejo de efluentes industriales y domésticos	Agua		X
FICHA OP - 9	Manejo de residuos peligrosos	Residuos		X
FICHA OP - 10	Manejo de residuos no peligrosos	Residuos		X
FICHA OP - 11	Protección del suelo y de las aguas freáticas	Suelo/Agua		X
FICHA OP - 12	Almacenamiento de sustancias peligrosas	Agua/Aire/Suelo		X
FICHA OP - 13	Activación del plan de contingencia	Agua/Aire/Suelo		X

**7.4 Fichas de manejo ambiental para la construcción de la refinería.**

<b>COMPONENTE: AIRE / SUELO</b>			
<b>FICHA CO - 1 MOVILIZACIÓN DE VEHÍCULOS, MAQUINARIA Y EQUIPOS</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
Establecer, implementar y mantener los requerimientos y procedimientos para darle un adecuado manejo a la selección y movilización de los vehículos, maquinaria y equipo que se emplearán en la ampliación y operación de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección de los vehículos, maquinaria y equipos, con criterios EHS.</li> <li>• Manejo EHS de los sitios de acopio y despacho.</li> <li>• Controlar la congestión de las vías de acceso.</li> <li>• Controlar la generación de emisiones de gases.</li> <li>• Minimizar la generación de ruido.</li> <li>• Optimizar el consumo de combustible.</li> <li>• Prevenir los goteos o escapes de combustible o lubricante.</li> <li>• Prevenir accidentes y afectación.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>X</b>	<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	<b>X</b>
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisión de gases/vapores.</li> <li>• Aporte de contaminantes al suelo.</li> <li>• Aporte de contaminantes al agua subterránea.</li> <li>• Consumo de combustible/energía.</li> <li>• Congestión en las vías de acceso.</li> </ul>		Preventivas. Correctivas.	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oficina de planeación empresas logísticas.</li> <li>• Puntos de acopio y despacho.</li> <li>• Vías nacionales, distritales e internas.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terceros, usuarios de las vías.</li> <li>• Conductores y ayudantes, trabajadores y demás contratistas de REFICAR.</li> </ul>	
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><u>Selección de los vehículos, maquinaria y equipos</u></b></li> </ul> <p>Los responsables por la planeación y ejecución de los procesos de ampliación de la refinería deberán establecer dentro del procedimientos de selección de proveedores, la información del bien o servicio para suministrarles a los proveedores y la verificación de cumplimiento de requisitos de los vehículos, maquinaria y equipos que se piensen emplear en la ampliación de</p>			

**COMPONENTE: AIRE / SUELO**

**FICHA CO - 1 MOVILIZACIÓN DE VEHÍCULOS, MAQUINARIA Y EQUIPOS**

la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR, no solamente los requerimientos técnicos para la adquisición, ya sea bajo compra o alquiler, sino también los requerimientos en materia de ambiente, seguridad e higiene, establecidos por las normas legales que regulan la actividad, en especial a los límites máximos permisibles de emisiones de gases y ruido, vibraciones, factores ergonómicos, de seguridad, etc. y las normas y guías: ISO (Organización Internacional para la Estandarización), ANSI (Instituto Nacional Americano de Normalización), API (American Petroleum Institute) y NFPA (National Fire Protection Association).

- **Sitios de acopio y despacho**

De la misma forma le exigirán a los contratistas que presten el apoyo logístico para el suministro de los vehículos, maquinaria e equipos que tengan en cuenta los requerimientos de ambiente, seguridad e higiene en las áreas de acopio y despacho, en especial para prevenir incidentes, accidentes o eventos de riesgo que afecten a terceros, la salud del personal, generen derrames, vertidos o emisiones que contaminen al medio.

- **Movilización hasta el sitio la Refinería de Cartagena S.A.**

Para el soporte logístico de las actividades de ampliación de la Refinería de Cartagena S.A., se utilizará en el final del recorrido desde el punto de despacho el corredor de carga de Mamonal y la vía perimetral de la refinería para ingresar al proyecto. El corredor soportará el incremento de carga derivado del flujo de vehículos adscritos al proyecto, el transporte de maquinarias y equipos.

Todas las cargas pesadas se transportarán en camiones o tracto camiones con el número de ejes necesarios para cumplir con las especificaciones de carga por eje de las vías, con una frecuencia que se estima poco probable que se pueda afectar la normal circulación vehicular local, sin embargo, para disminuir el riesgo de accidentes y con el objeto de minimizar las molestias asociadas, se ha considerado implementar las siguientes medidas:

- Se coordinará con las autoridades locales y regionales (Secretaría de Tránsito, Policía de Tránsito y de Carreteras), las rutas a seguir durante el transporte de equipos y maquinaria pesada y la fecha de ejecución de las actividades, con el propósito de minimizar al máximo la interferencia con otras actividades locales y regionales que puedan surgir.
- Se contratará a empresas de transporte debidamente acreditadas para esta labor.
- Las empresas de transporte deberán verificar y registrar la idoneidad profesional de los conductores, exigiéndoles la Licencia de Conducción en la respectiva categoría del vehículo que conduzca, la cual deberá estar debidamente inscrita en el Registro Nacional de

**COMPONENTE: AIRE / SUELO**

**FICHA CO - 1 MOVILIZACIÓN DE VEHÍCULOS, MAQUINARIA Y EQUIPOS**

Conductores del Ministerio de Transporte.

- De la misma forma las empresas de transporte deberán establecer, implementar y mantener la Política de Alcohol y Droga, teniendo la obligación todo conductor de aceptar que se le realice la prueba de alcoholemia o exámenes de sangre para verificar el consumo de drogas psicotrópicas.
- Los contratistas encargados de los vehículos o del transporte de materiales, equipos, maquinaria, etc. circularán por las rutas previamente establecidas, cumpliendo con la Ley 769 de 2002, por la cual el Gobierno Nacional expidió el Código Nacional de Tránsito Terrestre y dictó otras disposiciones, entre las cuales se mencionan:
  - ✓ Su conductor con Licencia de Tránsito vigente.
  - ✓ El Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito, SOAT.
  - ✓ Certificado vigente de la revisión técnico mecánica del vehículo.
  - ✓ Certificado de revisión de gases.
  - ✓ Vehículos de servicio público con las marcas en las puertas y el techo del número de la placa respectiva.
  - ✓ Portar los equipos de carretera. Prevención y seguridad.

De la misma forma los vehículos de carga deberán presentar:

- ✓ Registro Nacional de Transporte de Carga.
- ✓ Remesa Terrestre de Carga.
- ✓ Manifiesto de Carga.

Así mismo, deberán dar cumplimiento a las Resoluciones No. 00090 del 4 de mayo de 2005, No. 2999 de mayo 19 de 2003 y No. 8941 de octubre 17 de 2003, sobre las placas de los vehículos y su ubicación.

- En caso de que se transporte mercancía peligrosa, deberán dar estricto cumplimiento al Decreto 1609 de 2002, por medio del cual se reglamentó el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera, debiendo tener disponible en cada vehículo:
  - ✓ Tarjeta de Emergencia.
  - ✓ Registro Nacional para el Transporte de Mercancías Peligrosas.
  - ✓ Registro Nacional de Transporte de Carga.
  - ✓ Remesa Terrestre de Carga.
  - ✓ Planilla para el Transporte de Sustancias Químicas de Uso Restringido.
  - ✓ Manifiesto de Carga.

**COMPONENTE: AIRE / SUELO**

**FICHA CO - 1 MOVILIZACIÓN DE VEHÍCULOS, MAQUINARIA Y EQUIPOS**

- ✓ Hoja de Seguridad.
- Durante el transporte los conductores de los vehículos y tracto camiones deberán respetar las velocidades establecidas en el Código Nacional de Tránsito, con el fin de disminuir los riesgos de accidentes y conflictos con terceros.
- Los tracto camiones no podrán ser cargados sobrepasando la capacidad máxima de carga del vehículo establecida por el Código Nacional de Tránsito Terrestre.
- Se prohíbe la permanencia de personal en la parte superior de las cargas a transportar.
- En caso de transportar cargas anchas o largas, éstas deben realizarse en convoy, con el acompañamiento de camionetas escoltas y señales que indiquen el peligro a los otros vehículos.
- La carga deberá ir debidamente asegurada y trincada En caso de que se transporte material granular, el volteo del camión o tracto camión deberá estar debidamente tapado para evitar las emisiones de material particulado.
- Todo vehículo liviano o de carga al servicio de REFICAR deberá contar como mínimo con el siguiente equipo de prevención en carretera:
  - ✓ Un sistema de comunicaciones bidireccional instalado, que permita al conductor estar en permanente contacto con la empresa y demás vehículos, previendo que el mismo sea tipo *explosión proff*, para garantizar los niveles de seguridad que demanda las operaciones cuando el vehículo se encuentre operando dentro de los predios de la refinería
  - ✓ Un gato con capacidad para elevar el vehículo.
  - ✓ Una cruceta.
  - ✓ Dos señales de carretera en forma de triángulo en material reflectivo y provistas de soportes para ser colocadas en forma vertical o lámparas de señal de luz amarilla intermitentes o de destello.
  - ✓ Un botiquín de primeros auxilios.
  - ✓ Un extintor.
  - ✓ Dos tacos para bloquear el vehículo.
  - ✓ Caja de herramienta básica que como mínimo deberá contener: alicate, destornilladores, llave de expansión y llaves fijas.
  - ✓ Llanta de repuesto.
  - ✓ Linterna.
- En caso de presentarse una avería o un accidente de un vehículo liviano o de carga, su conductor si le es posible, deberá tomar las acciones primarias de respuesta y dar aviso a la



**COMPONENTE: AIRE / SUELO**

**FICHA CO - 1 MOVILIZACIÓN DE VEHÍCULOS, MAQUINARIA Y EQUIPOS**

empresa para que le preste apoyo. Ésta a su vez deberá informar de la situación al Coordinador EHS de REFICAR.

- Dentro de las acciones primarias de respuesta se contemplan:
  - ✓ Señalizar el sitio: Luces de parqueo e instalación de dos señales de carretera en forma de triángulo en material reflectivo y provistas de soportes para ser colocadas en forma vertical o lámparas de señal de luz amarilla intermitentes o de destello.
  - ✓ Estacionar o retirar el vehículo lo más pronto posible y conducirlo al taller correspondiente para su revisión, reparación y puesto nuevamente en operación. Si se requiere transferir la carga a otro vehículo en el sitio, esta actividad debe ser dirigida por un funcionario competente de la empresa prestadora del servicio y debidamente coordinada con la Policía de Tránsito si es en una vía urbana o con la de Carreteras en caso contrario.
  - ✓ Si por causa de la avería o accidente de un vehículo liviano o de carga, se presentase un escape de combustible, aceite, líquido refrigerante, un incendio, un daño a la carga, etc., el operario que lo conduce o maniobra, deberá realizar las acciones de respuesta primaria, cerrar la fuga y contener; combatir el conato de incendio con el extintor de abordó y dar aviso a su superior dentro de la empresa prestadora del servicio, para que lo apoye, ejecutando su Plan de Respuesta de Emergencias, comunicando a la Gerencia de Operaciones de REFICAR para recibir apoyo si es necesario, para activar el Plan de Contingencia de la refinería.

**INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO**

No. de Talleres realizados / No. de Talleres programados.

No. de asistentes / No. total de convocados.

No. de Inspecciones EHS realizadas / No. de Inspecciones EHS planeadas.

No. de no conformidades EHS resueltas / No. de no conformidades EHS encontradas.

No. de incidentes EHS con vehículos livianos y de carga.

<b>RESPONSABLE EN EJECUCIÓN</b>	<b>RESPONSABLE DEL CONTROL</b>
Director de obra.	Coordinador EHS.

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

Este programa entrará en vigencia desde la planeación de las actividades de ampliación de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR y mantendrá su activación hasta la fase de cierre y



**COMPONENTE: AIRE / SUELO**

**FICHA CO - 1 MOVILIZACIÓN DE VEHÍCULOS, MAQUINARIA Y EQUIPOS**

abandono de la refinería.

**COSTOS DE EJECUCIÓN**

- En situación normal serán asumidos por la Refinería de Cartagena S.A., como parte de sus costos operativos.
- Los costos de la respuesta a incidentes serán asumidos por la empresa prestadora del servicio, responsable del vehículo liviano o de carga involucrado.

<b>COMPONENTE: SUELO</b>			
<b>FICHA CO - 1 APROVECHAMIENTO FORESTAL</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
Establecer los requerimientos y procedimientos para el aprovechamiento forestal, el desmonte y la limpieza del terreno destinado a la nueva infraestructura de la Refinería de Cartagena S.A., cumpliendo con las normas técnicas y ambientales.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplir con los requerimientos del permiso de aprovechamiento forestal otorgado por Cardique.</li> <li>• Intervenir únicamente las áreas autorizadas, plenamente demarcadas y señalizadas.</li> <li>• Darle un manejo adecuado al material vegetal, empleándolo en el proyecto de en la medida de lo posible.</li> <li>• Darle un adecuado manejo a los residuos sólidos producto de la limpieza del terreno.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>		<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	
	X		
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
Aporte de contaminantes al suelo.		Correctivas. Preventiva. De Mejora.	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
Zona de aprovechamiento forestal, desmonte y limpieza del terreno destinado a la nueva infraestructura de la Refinería de Cartagena S.A.			
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Instrucciones S&amp;SO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Los diferentes contratistas deberán presentar para su aprobación a la persona designada por REFICAR, los procedimientos constructivos, el panorama de riesgos, incluyendo los aspectos e impactos ambientales que se pueden generar por la ejecución de sus actividades, indicando las acciones de control, prevención, mitigación, corrección y de respuesta a emergencias.</li> <li>– El personal de trabajadores deberá estar correctamente uniformado y dotado con</li> </ul> </li> </ul>			



**COMPONENTE: SUELO**

**FICHA CO - 1 APROVECHAMIENTO FORESTAL**

elementos para protección personal establecidos en el panorama de riesgos. Estos deben ser de buena calidad y permanecer en buen estado, y en caso de que sufran desperfectos que reduzcan el nivel de protección, deben ser inmediatamente reemplazados por otros en buen estado.

• **Desarrollo de las actividades:**

- Mediante un equipo de topografía se demarcará y señalizará el área que ocupará la nueva infraestructura de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR, donde se realizará el aprovechamiento forestal, el desmonte y limpieza del terreno, quedando restringido el tránsito de personas ajenas a la obra.
- Esta demarcación deberá coincidir con el área autorizada en el permiso de aprovechamiento forestal otorgado por la autoridad ambiental competente.
- Se marcarán los árboles, arbustos y matorrales que se van a aserrar o cortar, cortando por parejo todos los troncos y extrayendo sus raíces.
- El corte del follaje se realizará de tal forma que el tronco quede con el mayor largo posible.
- Los troncos y ramas se utilizarán para realizar las obras de protección geotécnica provisionales durante la ejecución de las obras de ampliación de la refinería.
- Los residuos generados, ramas pequeñas, hojas, raíces y residuos del aserrado se picarán y se utilizarán como fuente de materia orgánica para ser distribuida en las zonas verdes de la Refinería.
- Se deberá llevar un registro fotográfico y volumétrico del aprovechamiento forestal.

**INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO**

**De cumplimiento:**

Área aprovechamiento forestal intervenida / Área aprovechamiento forestal autorizada

**Eficiencia:**

% de material vegetal aprovechado en la obra

**Eficacia:**

Costos reales aprovechamiento forestal / Costos presupuestados

<b>COMPONENTE: SUELO</b>	
<b>FICHA CO - 1 APROVECHAMIENTO FORESTAL</b>	
<b>RESPONSABLE EN EJECUCIÓN</b>	<b>RESPONSABLE DEL CONTROL</b>
Director de obra.	Coordinador EHS.
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
Esta actividad será una de las primeras que se ejecuten, ya que para adecuar y construir las nuevas plantas y demás infraestructura de la Refinería se requiere contar con el terreno limpio y despejado de obstáculos y talados los árboles que se encuentren dentro del área.	
<b>COSTOS DE EJECUCIÓN</b>	
Los costos de este programa serán asumidos por la Refinería de Cartagena S.A.	

<b>COMPONENTE: SUELO</b>			
<b>FICHA CO - 2 MANEJO DE FAUNA</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
Prevenir y mitigar la afectación de la escasa fauna presente en los predios de la refinería, ocasionada por la remoción de la cobertura vegetal.		<ul style="list-style-type: none"> <li>Darle un manejo adecuado a la fauna que eventualmente podría ser encontrada durante las actividades de remoción de la cobertura vegetal.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>	X	<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
Eventual afectación de fauna.		Correctivas. Preventiva.	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
Zona de aprovechamiento forestal, desmonte y limpieza del terreno destinado a la nueva infraestructura de la Refinería.		Fauna susceptible de ser encontrada.	
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar el rescate de animales silvestres bajo la dirección de un especialista con experiencia en manejo de fauna de la región, implementando protocolos para las actividades de ahuyentamiento, captura, traslado, rescate y liberación de comunidades y/o individuos.</li> <li>Cuando sean encontrados nidos de aves o madrigueras de mamíferos los individuos deberán ser trasladados a sitios aledaños con condiciones similares a las cuales se les encontró.</li> <li>Se deberá capacitar a todo el personal que participe en la labor de desmonte y tumba de la importancia de la fauna silvestre y su conservación, mostrando los mecanismos de rescate y manejo. Igualmente divulgar la prohibición que existe con respecto a la captura, comercialización y cacería.</li> <li>Se deberá capacitar al personal encargado de la fauna silvestre sobre el manejo de</li> </ul>			

**COMPONENTE: SUELO**

**FICHA CO - 2 MANEJO DE FAUNA**

serpientes, sus riesgos, métodos de captura y cuidados por accidentes ofídicos.

- Se deberá contar con mínimo 6 dosis de suero polivalente refrigeradas para tratar cualquier accidente de este tipo.
- Se deberá adecuar un serpentario con el fin de reubicar las serpientes capturadas de manera temporal hasta su entrega a la autoridad ambiental quien definirá su disposición final.
- Para la captura de serpientes se deberá contar con ganchos de aluminio especialmente diseñados para tal fin, y recipientes plásticos con tapa y perforaciones debidamente rotulados en el cual se evidencie la presencia de serpientes.
- Para el caso de mamíferos se procederá de igual manera teniendo especial cuidado de no mantener por un tiempo demasiado prolongado en cautiverio los animales. Para esto se deberá coordinar con la autoridad ambiental su traslado a donde ellos así lo estimen pertinente.
- No se permitirá en ningún caso el sacrificio de animales.
- Para evitar cualquier tipo de afectación a la fauna por el movimiento de maquinaria y vehículos se deberán instalar señales que indiquen la restricción de velocidad máximo 20 Km./h.

**INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO**

Número de individuos (por especie) rescatada.

**RESPONSABLE EN EJECUCIÓN**

**RESPONSABLE DEL CONTROL**

Director de obra.

Coordinador EHS.

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

Esta actividad será una de las primeras que se ejecuten.

**COSTOS DE EJECUCIÓN**

Los costos de este programa serán asumidos por la Refinería de Cartagena S.A.

<b>COMPONENTE: SUELO</b>	
<b>FICHA CO - 3 DESCAPOTE, MOVIMIENTOS DE TIERRA, EXCAVACIONES, AFIRMADO</b>	
<b>OBJETIVO</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>
Establecer los requerimientos y procedimientos para el manejo geotécnico de las actividades de descapote, movimientos de tierra, excavaciones, rellenos y afirmado, realizadas durante la ampliación de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR, cumpliendo con las normas técnicas y ambientales establecidas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Separar al máximo la capa vegetal de los suelos a cortar, remover o excavar, empleándola en lo posible en otras áreas verdes de la refinería.</li> <li>– Controlar los procesos erosivos y de arrastre de material granular fuera de las áreas intervenidas.</li> <li>– Prevenir el arrastre de material granular al cauce del Arroyo Grande o al sistema de manejo de aguas lluvias.</li> </ul>
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>	
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>FASE DE OPERACIÓN</b>
X	
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>	<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Desperdicio de la capa orgánica del suelo.</li> <li>– Aporte de contaminantes al Arroyo Grande.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preventivas.</li> <li>• Correctivas.</li> <li>• Mejora.</li> </ul>
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>	<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>
Zonas de descapote, movimientos de tierra, excavaciones, rellenos y afirmado, en el área influencia directa de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR.	Trabajadores de la obra de ampliación de la Refinería y de las plantas vecinas.
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Instrucciones S&amp;SO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Los diferentes contratistas deberán presentar para su aprobación a la persona designada por REFICAR los procedimientos constructivos, el panorama de riesgos, incluyendo los aspectos e impactos ambientales que se pueden generar por la ejecución de sus actividades, indicando las acciones de control, prevención, mitigación, corrección y de respuesta a emergencias.</li> <li>– El personal de trabajadores deberá estar correctamente uniformado y dotado con elementos para protección personal establecidos en el panorama de riesgos. Éstos deben</li> </ul> </li> </ul>	

**COMPONENTE: SUELO**

**FICHA CO - 3 DESCAPOTE, MOVIMIENTOS DE TIERRA, EXCAVACIONES, AFIRMADO**

ser de buena calidad y permanecer en buen estado y, en caso de que sufran desperfectos que reduzcan el nivel de protección, deben ser inmediatamente reemplazados por otros en buen estado.

- Si dentro de las tareas a desarrollar existiesen algunas, en donde los niveles de riesgo EHS alcancen un nivel crítico, a estas tareas específicas se les deberá realizar el “análisis de tareas críticas”, con el propósito de establecer un procedimiento o una forma específica de realizar estas actividades, de tal forma que se disminuyan los riesgos. La metodología sugerida para el análisis se encuentra en la NTC 4116. Seguridad Industrial. Metodología Para el Análisis de Tareas, del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. ICONTEC.

- **Procedimiento de Descapote**

- ✓ Señalizar las áreas en la zona de ampliación de REFICAR, en donde se requiera descapotar.
- ✓ Descapotar en un espesor mínimo de 0,20 m, para retirar la capa orgánica. Los materiales de descapote se almacenarán y dispondrán ordenadamente en el área del terreno disponible para su disposición final en las zonas verdes de REFICAR.
- ✓ Únicamente se debe descapotar el terreno previamente demarcado.

- **Procedimiento para el control del polvo**

- ✓ Se realizará humectación a las zonas de movimiento de tierras donde se presente levantamiento de polvo para evitar la generación del mismo.

- **Procedimiento para el control de erosión y manejo de escorrentía**

Con el fin de proteger el terreno de la erosión y las aguas de escorrentía, se hace necesario la implementación de obras de protección geotécnica y de control de drenajes provisionales tales como:

- ✓ Trinchos: Son barreras de madera, mallas de alambre, sacos de fibra con suelo, cemento, piedras o concretos. Su instalación retiene sedimentos gruesos y finos, disipan la energía del agua y evitan la socavación de drenajes y cárcavas.
- ✓ Cortacorrientes: Son pequeñas excavaciones transversales, acompañadas de pequeños diques. Estas obras sirven para interceptar aguas lluvias de pequeñas áreas y controlar el

**COMPONENTE: SUELO**

**FICHA CO - 3 DESCAPOTE, MOVIMIENTOS DE TIERRA, EXCAVACIONES, AFIRMADO**

arrastré de material.

- ✓ Canales de recolección y disipadores de energía: recogen y conducen el agua de escorrentía.
- ✓ Descoles: en sacos de suelo – cemento, piedra o concreto, cada cinco o diez cortacorrientes.
- **Procedimiento para el control de movimientos de tierra, excavaciones, rellenos y afirmado**
  - Se deberá efectuar la correcta localización y replanteo de todos los diseños, cimientos, ejes de tuberías, válvulas y demás obras objeto del alcance. Se deberá colocar el estacado necesario y suficiente para identificar en el terreno los ejes de las excavaciones, tuberías y obras complementarias. Las medidas sobre el terreno se deberán efectuar con cinta metálica.
  - En las áreas en donde se interactúe con la infraestructura existente, se deberá confirmar la localización de todas las tuberías y todas las demás estructuras enterradas, con el fin de prevenir y evitar daños que afecten la salud de los trabajadores o que contaminen el suelo y el acuífero.
  - Para la georreferenciación de las obras, los equipos de topografía de los contratistas se amarran a las placas oficiales del Municipio de Cartagena, instaladas en la zona de REFICAR, o emplear sistemas diferenciales de posicionamiento GPS, que consideren más convenientes.
  - Los daños y costos de respuesta derivados de las obras, en cualquiera de sus etapas de construcción o frentes de trabajo; excavaciones generales, rellenos, construcción de pavimentos, estructuras de concreto, etc., serán completa responsabilidad de los contratistas.
  - Se deberán ejecutar las obras provisionales de geotecnia que sean necesarias para desaguar y proteger contra inundaciones superficiales e infiltraciones subterráneas las zonas de construcción, las zonas de préstamo y demás sitios, donde la presencia de agua afecte la calidad, el rendimiento o la economía de la construcción, aún cuando ellas no estuvieran indicadas en los planos ni hubieren sido determinadas.
  - Sí se hace necesario dejar abiertos de manera temporal huecos o trincheras, se debe señalar perimetralmente el sitio con cinta de seguridad, letreros alusivos y en horas

**COMPONENTE: SUELO**

**FICHA CO - 3 DESCAPOTE, MOVIMIENTOS DE TIERRA, EXCAVACIONES, AFIRMADO**

nocturnas con luces intermitentes.

- Cuando se desarrollen trabajos nocturnos, debe proveerse iluminación suficiente y adecuada para garantizar la visibilidad requerida para adelantar las labores en forma segura, así mismo, se deberá señalar el área que permita alertar al personal, transeúntes y demás terceros de los trabajos en desarrollo.
- El contratista que esté realizando excavaciones, será el responsable de la estabilidad de todos los taludes y excavaciones temporales, debiendo soportar y proteger todas las superficies expuestas. De la misma forma será el responsable de retirar todos los soportes temporales, como entibados y acodalamientos, la desviación de aguas superficiales y demás obras provisionales de protección geotécnica implementadas para proteger la salud de los trabajadores, el ambiente y las mismas obras.
- Si se llegase a presentar un accidente de derrumbe de taludes, derrame de combustible o cualquier otro tipo de evento, los contratistas deberán activar sus respectivos planes de contingencia y dar aviso a REFICAR, para darles el apoyo requerido activado el plan de respuesta de la refinería.
- Las pilas del material excavado o las del material para relleno, no excederán los dos (2) metros de altura y se deberán colocar a una distancia mínima de dos (2) metros de la excavación, para evitar que se convierta en sobrecarga para los taludes o obstaculice el tránsito en la obra.
- Las pilas de almacenamiento de material producto de las excavaciones o las del material para relleno, se mantendrán húmedas para evitar la generación de polvo debido a la acción de los vientos, o si está lloviendo, se hace necesario cubrirlas con plástico, lona o geotextil para prevenir arrastre de material por acción de la escorrentía de las aguas lluvia.
- Los rellenos en material de excavación, material seleccionado o recebo que se requieran realizar deben cumplir con el grado de compactación adecuado para su estabilidad geotécnica.
- Se instalará una malla en el perímetro de la construcción a fin de evitar la dispersión de material particulado directamente en las áreas adyacentes a los frentes de trabajo. Se recomienda que la altura que debe alcanzar la malla para cumplir efectivamente con el objetivo propuesto, debe ser preferiblemente de 4 m, o al menos de 1 m sobre la altura máxima de los acopios.
- Durante las faenas de construcción se realizará el movimiento de suelos en las áreas

**COMPONENTE: SUELO**

**FICHA CO - 3 DESCAPOTE, MOVIMIENTOS DE TIERRA, EXCAVACIONES, AFIRMADO**

estrictamente necesarias de manera que se minimice la intervención en la superficie de suelo y evitar mayores pérdidas.

- Las volquetas empleadas para el transporte de material de descapote o excavación deberán cubrirse con lona o geotextil para evitar la propagación y caída de material.
- Se protegerá el suelo de la contaminación por hidrocarburos (ver medidas de manejo de hidrocarburos).
- Los residuos de obra, material de relleno escombros deberá ser retirado del sitio por un contratista debidamente autorizados por las autoridades locales para transportar y disponer de este tipo de residuos de obra. Se debe dar cumplimiento específico a los Decretos 1505 de 2003 y 1713 de 2002, y a la Resolución 541 de 1994 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Por último se deberá reconformar el terreno, construyendo las obras de geotecnia definitivas, tendiendo pavimentos, concretos o cualquier otra protección que evite los procesos de inestabilidad y erosión.

**INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO**

• **De cumplimiento:**

Área descapotada / Área autorizada para descapotar.

• **Eficiencia:**

Volumen de capa orgánica aprovechada / Volumen de capa orgánica descapotada.

No. de Inspecciones EHS realizadas / No. de Inspecciones EHS planeadas.

No. de no conformidades EHS resueltas / No. de no conformidades EHS encontradas.

No. de incidentes EHS presentados.

RESPONSABLE EN EJECUCIÓN	RESPONSABLE DEL CONTROL
Director de obra.	Coordinador EHS.

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

Este programa entrará en vigencia una vez se haya realizado el aprovechamiento forestal, el desmonte y la limpieza del terreno y se mantendrá vigente durante la fase de operación para cuando se requiera realizar este tipo de actividades.

**COMPONENTE: SUELO**

**FICHA CO - 3 DESCAPOTE, MOVIMIENTOS DE TIERRA, EXCAVACIONES, AFIRMADO**

**COSTOS DE EJECUCIÓN**

Los costos de este programa serán asumidos por la Refinería de Cartagena S.A. dentro de los costos de construcción del proyecto de ampliación previstos, que son de tipo BOMT a cargo del contratista de construcción, prueba y operación de arranque de la refinería.

<b>COMPONENTE: AGUA</b>			
<b>FICHA CO - 4 RESIDUOS LÍQUIDOS</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
Establecer los requerimientos y procedimientos para manejar los residuos líquidos, por parte de los contratistas que realicen las obras de ampliación de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR, cumpliendo con las normas técnicas y ambientales establecidas.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prohibir el vertimiento de aguas aceitosas.</li> <li>• Manejo seguro de residuos líquidos diferentes a aguas servidas.</li> <li>• Manejo de aguas servidas.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>X</b>	<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aporte de contaminantes al Arroyo Grande o a la Bahía de Cartagena.</li> <li>• Generación de olores.</li> <li>• Aporte de contaminantes al suelo.</li> </ul>		Preventivas. Correctivas. De Mejora.	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
Zonas de ampliación, en el área influencia directa de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR.		Trabajadores de la zona de influencia directa.	
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Prohibición del vertimiento de aguas aceitosas.</b></li> </ul> <p>Estará prohibido realizar cualquier actividad de mantenimiento que genere aguas aceitosas en las obras de ampliación de REFICAR. Si se presentase algún tipo de residuo oleoso, el conductor u operador del vehículo, maquinaria o equipo deberá informar a su supervisor o capataz, para que se tomen las medidas requeridas dándole un manejo adecuado hasta la disposición final de este residuo líquido, debiendo ser retirado de la refinería por intermedio de un operador debidamente autorizado por las autoridades locales para prestar este tipo de servicios.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Manejo seguro de residuos líquidos diferentes a aguas servidas.</b></li> </ul> <p>Para el manejo adecuado de los residuos líquidos diferentes a las aguas grises y servidas domésticas, los contratistas que participan en la ampliación de REFICAR deberán cumplir con</p>			



**COMPONENTE: AGUA**

**FICHA CO - 4 RESIDUOS LÍQUIDOS**

las siguientes instrucciones:

- ✓ Todo elemento, material o sustancia en estado líquido que se requiera emplear en la obra, no se podrá almacenar en grandes volúmenes, debiendo estar contenido en recipientes o envases recomendados por el proveedor.
- ✓ Todos los recipientes o envases deberán tener sus etiquetas que identifiquen claramente el producto que contiene, cumpliendo las recomendaciones establecidas en la Norma Técnica Colombiana NTC 1692 "Transporte de mercancías peligrosas. Clasificación, etiquetado y rotulado", segunda actualización - Anexo No 1-.
- ✓ Para el almacenamiento, uso y manejo de los residuos, de estas sustancias se deberán seguir las instrucciones de sus respectivas hojas de seguridad, y aplicar las normas que regulan esta actividad, dentro de las cuales se citan:
  - La ley 55 de julio 2 de 1993, por medio de la cual se aprobó el "Convenio No. 170 y la Recomendación número 177 sobre la Seguridad en la Utilización de los Productos Químicos en el trabajo", adoptados por la 77a. Reunión de la Conferencia General de la O.I.T., Ginebra, 1990.
  - El Decreto 1609 de julio 31 de 2002, por medio del cual se reglamentó el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
  - El Decreto 4741 de diciembre 30 de 2005, por medio del cual se reglamentó parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
- ✓ En caso de que se presente un derrame de sustancias líquidas, el contratista deberá activar su Plan de Respuesta a Emergencias, teniendo en cuenta las recomendaciones de la hoja de seguridad del producto, debiendo contar con los elementos necesarios para dar una respuesta adecuada, dando aviso a REFICAR para que en caso de ser necesario se active el Plan de Respuesta de la refinería.
- ✓ Para el manejo de los residuos de sustancias líquidas se debe tener en cuenta las anteriores instrucciones, dándole un manejo adecuado hasta su disposición final, debiendo de ser retirado de la refinería por intermedio de un operador debidamente autorizado por las autoridades locales para prestar este tipo de servicios.

De acuerdo con los numerales 9° y 10° del Artículo 9° del Decreto 1220 de 2005, las actividades

**COMPONENTE: AGUA**

**FICHA CO - 4 RESIDUOS LÍQUIDOS**

de construcción y operación de instalaciones cuyo objeto sea el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, recuperación y/o disposición final de residuos o desechos peligrosos y la construcción y operación de rellenos sanitarios, requieren de Licencia Ambiental por parte la autoridad ambiental competente.

• **Manejo de aguas servidas**

- ✓ Cada contratista deberá instalar en su adecuación, el suficiente número de baterías de sanitarios portátiles, de acuerdo con los frentes de trabajo y teniendo en cuenta que la Resolución 2400 de 1979, exige uno por cada 15 hombres.
- ✓ Se deberá cumplir con los procedimientos sanitarios recomendados por el proveedor. Las aguas servidas que se generen serán trasegadas a al vehículo recolector del operador que preste este servicio para su disposición final.
- ✓ Se deberá impartir instrucciones claras al personal de trabajadores para que utilicen adecuadamente los servicios sanitarios y viertan en ellos únicamente lo excretado.

**INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO**

**De cumplimiento:**

Número de baterías de baño portátil / (Número de trabajadores/15)

Registro de control evacuación aguas servidas operador (Volumen)

**Eficiencia:**

No. de Inspecciones EHS realizadas / No. de Inspecciones EHS planeadas

No. de no conformidades EHS resueltas / No. de no conformidades EHS encontradas

No. de incidentes EHS presentados

<b>RESPONSABLE EN EJECUCIÓN</b>	<b>RESPONSABLE DEL CONTROL</b>
Director de obra.	Coordinador EHS.

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

Este programa entrará en vigencia desde la planeación de las actividades de ampliación de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR y mantendrá su activación hasta que entre en operación la refinería; en ese momento será aplicable la FICHA OP – 8. para los fines de control y seguimiento respectivo



**COMPONENTE: AGUA**

**FICHA CO - 4 RESIDUOS LÍQUIDOS**

**COSTOS DE EJECUCIÓN**

- Los costos de seguimiento a este programa serán asumidos por la Refinería de Cartagena S.A. dentro del contrato BOMT suscrito que es de carácter global.
- Los costos de manejo y disposición de los residuos líquidos generados en las obras de ampliación de REFICAR, serán asumidos por los contratistas que los generen.
- Los costos de la respuesta a incidentes serán asumidos por el contratista responsable de la obra en donde se presentó el evento.

<b>COMPONENTE: SUELO</b>			
<b>FICHA CO - 5 RESIDUOS SÓLIDOS</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
Establecer los requerimientos y procedimientos para manejar los residuos sólidos, por parte de los contratistas que realicen las obras de ampliación de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR, cumpliendo con las normas técnicas y ambientales establecidas.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de residuos en la fuente.</li> <li>• Preclasificación de basuras.</li> <li>• Reciclaje de materiales.</li> <li>• Disposición final adecuada.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>X</b>	<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de residuos.</li> </ul>		Preventivas. Correctivas. De Mejora.	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
Zonas de ampliación, en el área de influencia directa de la Refinería.		Trabajadores de la zona de influencia directa.	
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
<p>Para darle un adecuado manejo a los residuos sólidos generado en la obra, los contratistas que participan en la ampliación de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR, deberán darle cumplimiento a lo dispuesto en los Decretos 1505 de 2003 y 1713 de 2002, y a la Resolución 541 de 1994 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y seguir las siguientes instrucciones especiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Reducción de basuras en la fuente</b></li> </ul> <p>Los contratistas deberán promover en el seno de sus trabajadores la política de reducir la generación de residuos sólidos en sus frentes de trabajo, mediante la aplicación de actividades estratégicas como la minimización (reducción), el reuso y el reciclaje de materiales de desecho generados en obra. Dentro de este tipo de medidas se puede citar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Priorizar el uso de recipientes de mayor capacidad en lugar de envases pequeños, buscando preferentemente proveedores que vuelvan a recibir los envases de sus</li> </ul>			



**COMPONENTE: SUELO**

**FICHA CO - 5 RESIDUOS SÓLIDOS**

productos.

- ✓ Reutilizar cuando sea posible los recipientes de pinturas y solventes.

• **Almacenamiento de basuras**

Las basuras serán recolectadas por el personal de aseo de cada contratista y conducidas al lugar de almacenamiento provisional; para escoger este lugar se deberá tener en cuenta que sea:

- ✓ De fácil acceso para los trabajadores.
- ✓ De fácil acceso y fácil manejo para la evacuación de las basuras.
- ✓ En un área que impida la posibilidad de contaminar las aguas del Arroyo Grande, o sean arrastrados por la escorrentía de las aguas lluvias, y que permita conservar la estética del entorno.

• **Preclasificación de desechos**

Desde los diferentes frentes de trabajo donde se detecte generación de residuos sólidos, se desarrollará un programa para su preclasificación que facilite su posible aprovechamiento, y previniendo la contaminación de residuos no peligrosos con peligrosos, utilizando diferentes recipientes de colores y bolsas plásticas para la separación de los materiales de desecho que se generen.

Para la clasificación se utilizarán los siguientes códigos de colores:

- \_ Verde: Residuos orgánicos.
- \_ Amarillo: Vidrio, metal, reciclables.
- \_ Azul: Papel, cartón, madera, trapos.
- \_ Rojo: Contaminado.

Se considera residuos sólidos contaminados los siguientes desechos, entre otros:

- ✓ Material contaminado con hidrocarburos, aceites y grasas.
- ✓ Recipientes o envases de pintura, solventes y otros productos químicos.

**COMPONENTE: SUELO**

**FICHA CO - 5 RESIDUOS SÓLIDOS**

- ✓ Residuos de la enfermería, clasificados de acuerdo con el Manual de Gestión Integral de Residuos Hospitalarios.

Se hará especial énfasis en este tópico de la capacitación ambiental de todo el personal de ingenieros, capataces y trabajadores, con el fin de garantizar el manejo adecuado de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos dentro de la obra.

- **Reciclaje**

Los residuos sólidos aprovechables serán seleccionados por el personal del operador autorizado por las autoridades locales para su aprovechamiento, tratamiento y disposición final

- **Disposición final**

Todos los residuos sólidos generados por los Contratista deberán ser entregados periódicamente (idealmente con una frecuencia semanal) a un operador autorizado por las autoridades locales para su disposición final, llevándose un registro de esta actividad. La frecuencia de esta entrega dependerá del volumen de residuos a manejar.

- **Respuesta a incidentes**

En caso de que se presente un incidente durante el manejo de los residuos sólidos, que afecte la salud de los trabajadores, el medio ambiente, la infraestructura o a terceros, el contratista involucrado, deberá activar su Plan de Respuesta a Emergencias, teniendo en cuenta las recomendaciones de la hoja de seguridad de los productos residuales o tipo de residuo, debiendo contar con los elementos necesarios para dar una respuesta adecuada, dando aviso a REFICAR para que en caso de ser necesario, se active el Plan de Respuesta de la refinería.

**INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO**

**Eficiencia:**

Residuos generados periodo actual.

Residuos reciclados.

No. de Inspecciones EHS realizadas / No. de Inspecciones EHS planeadas.

No. de no conformidades EHS resueltas / No. de no conformidades EHS encontradas.

No. de incidentes EHS presentados.

<b>COMPONENTE: SUELO</b>	
<b>FICHA CO - 5 RESIDUOS SÓLIDOS</b>	
<b>RESPONSABLE EN EJECUCIÓN</b>	<b>RESPONSABLE DEL CONTROL</b>
Director de obra.	Coordinador EHS.
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
Este programa entrará en vigencia desde la planeación de las actividades de ampliación de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR y mantendrá su validez hasta la entrada en operación de la refinería, a partir de lo cual entrarán a operar las FICHAS OP – 09 y 10 para los fines de seguimiento y control.	
<b>COSTOS DE EJECUCIÓN</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los costos de seguimiento a este programa serán asumidos por la Refinería de Cartagena S.A.</li> <li>• Los costos de manejo y disposición de los residuos sólidos generados en las obras de ampliación de REFICAR, serán asumidos por los contratistas que los generen.</li> <li>• Los costos de la respuesta a incidentes, serán asumidos por el contratista responsable de la obra en donde se presentó el evento.</li> </ul>	

<b>COMPONENTE: SUELO / AGUA / AIRE</b>	
<b>FICHA CO - 6 MANEJO EHS DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DE REFICAR</b>	
<b>OBJETIVO</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>
Establecer los requerimientos y procedimientos para el control EHS de las obras de ampliación de la Refinería de Cartagena S.A. REFICAR.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo de obras civiles. Empleo de concreto.</li> <li>• Manejo de obras metalmecánicas. Corte y soldadura.</li> <li>• Manejo de las actividades de sand blasting.</li> <li>• Pruebas hidrostáticas de tanques, tuberías y sistemas.</li> <li>• Manejo de combustibles y lubricantes.</li> <li>• Manejo de sustancias peligrosas.</li> <li>• Control EHS de vehículos, maquinaria y equipos.</li> </ul>
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>	
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>	X
<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>	<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aportes de contaminantes al agua y al suelo.</li> <li>• Consumo de agua.</li> <li>• Consumo de energía.</li> </ul>	Preventivas. Correctivas. De Mejora.
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>	<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>
Zona de influencia directa, ampliación de la Refinería.	Trabajadores de la obra de ampliación de la Refinería.
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>INSTRUCCIONES GENERALES</b></li> </ul> <p>Antes de realizar cualquier obra de ampliación de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR, los contratistas deberán conocer y comprometerse a cumplir los programas del Plan de Manejo Ambiental y el Plan Integral de Contingencias de REFICAR, y con base en ello plantear el manejo EHS, que les darán a sus actividades, desarrollando entre otras las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tener identificados y evaluados los aspectos e impactos que se pueden presentar durante la realización de sus actividades de obra.</li> <li>✓ Tener establecidas e implementadas las acciones de prevención y control de estos</li> </ul>	



**COMPONENTE: SUELO / AGUA / AIRE**

**FICHA CO - 6 MANEJO EHS DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DE REFICAR**

aspectos e impactos ambientales.

- ✓ Tener identificados y evaluados los riesgos potenciales de la obra, con las medidas de control y de respuesta establecidas e implementadas.
- ✓ Haber realizado una inducción a sus trabajadores, con el propósito de darles a conocer el alcance de las obras, el análisis de los aspectos e impactos ambientales y las medidas de prevención y control, la evaluación de los riesgos potenciales y las medidas de control y de respuesta.
- ✓ Deberán diariamente antes de empezar las actividades, realizar las charlas de cinco minutos con el personal, revisando la evaluación de impactos y el análisis de riesgos, las medidas de prevención y de control que se deben implementar para prevenir la accidentalidad y la contaminación durante las actividades a emprender.
- ✓ El personal de trabajadores deberá estar correctamente uniformado y dotado con elementos para protección personal establecidos en el panorama de riesgos. Estos deben ser de buena calidad y permanecer en buen estado, y en caso de que sufran desperfectos que reduzcan el nivel de protección, deben ser inmediatamente reemplazados por otros en buen estado.
- ✓ Si dentro de las tareas a desarrollar existiesen algunas, en donde los niveles de riesgo EHS, alcancen un nivel crítico, a estas tareas específicas se les deberá realizar el “análisis de tareas críticas”, con el propósito de establecer un procedimiento o una forma específica de realizar estas actividades, de tal forma que se disminuyan los riesgos. La metodología sugerida para el análisis se encuentra en la NTC 4116. Seguridad Industrial. Metodología Para el Análisis de Tareas, del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. ICONTEC.
- ✓ Deberán activar su Plan de Respuesta a Emergencias, en caso de que se les presente un accidente que dé lugar a la afectación de la salud de sus trabajadores, contamine el medio ambiente o produzca daños a la infraestructura afectando la obra, debiendo presentar al Coordinador EHS de REFICAR, el reporte de informe inicial del accidente, para efectos de evaluar y tomar la decisión de activar el Plan Integral de Contingencias de la refinería y dar apoyo a las acciones de respuesta. En caso contrario deberán seguir realizando las acciones de respuesta y comunicar los avances del control de la emergencia hasta que se alcancen los niveles de situación normal.

Durante la ejecución de las obras REFICAR pasará inspecciones periódicas para verificar el cumplimiento de los procedimientos y las medidas de manejo ambiental y control de riesgos. Si

**COMPONENTE: SUELO / AGUA / AIRE**

**FICHA CO - 6 MANEJO EHS DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DE REFICAR**

se hace necesario se suspenden actividades hasta tanto se tomen las medidas correctivas a lugar.

• **MANEJO DE OBRAS CIVILES. EMPLEO DE CONCRETO.**

Los contratistas que realicen obras civiles empleando agregados y concretos deberán observar las siguientes medidas de manejo para el control de los posibles impactos y riesgos que se pueden generar durante su empleo.

- ✓ Señalizar el área de trabajo con tablestacas, banderines y letreros.
- ✓ Adecuar el área de trabajo, destinando espacios para el acopio de varillas, formaletas y concreto, disponiendo de los recipientes y soportes adecuados.
- ✓ Los materiales para preparación de concretos deben provenir de fuentes de materiales debidamente autorizadas por las autoridades locales.
- ✓ Hacer cumplir a los trabajadores de la obra las normas de manejo de residuos sólidos y líquidos.
- ✓ Los residuos de concreto no se podrán disponer junto con los residuos ordinarios, sino con los residuos de escombros.
- ✓ Cuando se utilice concreto mezclado en obra, se deberá confinar la zona para evitar vertimientos accidentales de esta mezcla.
- ✓ Cuando se requiera adelantar la mezcla de concretos en el sitio de la obra, esta debe realizarse sobre una plataforma de madera, metálica, o en el suelo cubierto con un geotextil, para evitar realizar la mezcla sobre el suelo.
- ✓ En caso de utilizarse concreto mezclado en planta, se recomienda extremar las medidas de precaución en el transporte de la mezcla hasta el frente de trabajo, con el fin de evitar vertimientos accidentales en la vía.
- ✓ El concreto transportado desde las plantas mezcladoras que no pueda disponerse directamente en la obra, debe almacenarse temporalmente utilizando contenedores metálicos o de madera.
- ✓ En caso de derrame de mezcla de concreto, se debe recoger y disponer de manera inmediata.



**COMPONENTE: SUELO / AGUA / AIRE**

**FICHA CO - 6 MANEJO EHS DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DE REFICAR**

- ✓ La herramienta empleada para manejar el concreto debe ser lavada en un sitio adecuado, evitando que se contamine el suelo o que los residuos de concreto escurran al sistema de aguas lluvias o al cauce del Arroyo Grande.
- ✓ Se restringe la utilización de formaletas de madera para la fundición de obras de concreto, por lo cual es recordable utilizar formaletas metálicas.
- ✓ Cuando se utilice asfalto como sello para las juntas de pavimentos rígidos o para riego de adhesivos cuando se trabaja con pavimentos flexibles, el calentamiento de estas mezclas debe llevarse a cabo en un sitio previamente acordado y autorizado por REFICAR.
- ✓ REFICAR por intermedio de sus Inspectores EHS, verificará que esta operación se realice en forma segura y limpia.

**• MANEJO DE OBRAS METALMECÁNICAS. CORTE Y SOLDADURA**

Los contratistas que realicen obras metalmecánicas, corte, soldadura, construcción de tanques, instalación de tuberías, estructuras metálicas, plantas de proceso, etc., deberán observar las siguientes medidas de manejo para el control de los posibles impactos y riesgos que se pueden generar durante la ejecución de las actividades:

- ✓ Señalizar el área de trabajo con tablestacas, banderines y letreros.
- ✓ Adecuar el área de trabajo, destinando espacios para el acopio de láminas, tuberías, ángulos, estructuras y partes de las plantas de proceso, etc.
- ✓ Hacer cumplir a los trabajadores de la obra las normas de manejo de residuos sólidos y líquidos.
- ✓ Mantener el sitio de trabajo limpio y ordenado.
- ✓ Se deben emplear correctamente las herramientas de trabajo, siguiendo las recomendaciones del fabricante, conocer cómo funcionan, mantenerlas en buen estado y emplear los elementos de protección requeridos para su empleo seguro.
- ✓ Para trabajar en andamios y/o escaleras, se debe diligenciar el permiso de trabajo en altura y emplear los elementos de protección para este tipo de trabajo, recomendando observar las siguientes precauciones de seguridad:



**COMPONENTE: SUELO / AGUA / AIRE**

**FICHA CO - 6 MANEJO EHS DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DE REFICAR**

○ **Andamios:**

- Si le da miedo la altura, el trabajador debe informar inmediatamente a su supervisor y abstenerse de realizar cualquier trabajo en altura
- Los andamios deben tener baranda en la parte superior.
- Los tablonces de la plataforma de los andamios deben estar en buen estado.
- El andamio se debe instalar sobre una base sólida y firme. Sus patas deben amarrarse y nivelarse.
- Por ningún motivo se deben instalar debajo de ellos máquinas de soldar, equipos de oxicorte o trabajar debajo de ellos.
- Las crucetas no deben presentar deformaciones y los pasadores deben estar completos y asegurados.

○ **Escaleras:**

- Se deben amarrar en la parte superior.
  - No se debe subir a las escaleras con los zapatos sucios con barro o grasa.
  - No se debe emplear una escalera metálica para realizar trabajos eléctricos.
  - Al subir o bajar de una escalera, siempre mantenga sus manos sobre los laterales, sin darle la espalda a la escalera.
  - En las escaleras de tijera no use el último peldaño para trabajar.
- ✓ Para izar carga empleando grúas o aparejos deben seguir las siguientes instrucciones:

○ **Grúas:**

- Verifique su estado y capacidad de carga.
- Verifique para el caso de una grúa que esté debidamente nivelada, con sus contrapesos y gatos estabilizadores sobre terreno firme y con la capacidad de carga requerida.



**COMPONENTE: SUELO / AGUA / AIRE**

**FICHA CO - 6 MANEJO EHS DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DE REFICAR**

- En la cabina sólo puede ir el operador. No se acepta personal en entrenamiento.
- El operador debe maniobrar la carga evitando su balanceo.
- Nadie debe ir sobre las cargas, ganchos, tuberías o máquinas que maniobren las grúas.
- **Montacargas:**
  - Ninguna persona puede ir sobre las uñas del cargador o en cualquier otra posición insegura. Sólo debe estar en su silla el operador.
  - El operador no debe sobrepasar la velocidad de 10K/h.
- **Aparejos y demás jarcia de labor:**
  - Revise el estado de los cables, cabos, eslingas, grilletes, perros y ganchos.
  - Utilice guardacabos para proteger el cable.
  - Nunca tome los cables de una grúa o aparejo en movimiento.
- **Al movilizar cargas:**
  - Utilice vientos para guiar la carga. Cabos asegurados en los extremos opuestos de la carga para guiarla y evitar giros.
  - El área debajo de la carga debe estar libre. Nadie puede estar debajo de la carga.
  - Se debe designar una sola persona para que dirija la maniobra de izado o lascado de carga, la cual debe emplear las señales establecidas para el movimiento de grúas.
  - Tenga siempre en cuenta la capacidad de carga de la grúa o aparejo.
- ✓ Para cuando se realicen trabajos de soldadura y oxicorte los contratistas deberán cumplir con el procedimiento de permiso de trabajo en caliente y seguir las siguientes instrucciones:
  - **Soldadura por arco:**
    - Para realizar este tipo de trabajo se requiere diligenciar el permiso de trabajo en

**COMPONENTE: SUELO / AGUA / AIRE**

**FICHA CO - 6 MANEJO EHS DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DE REFICAR**

caliente.

- El área debe estar asegurada, libre de vapores o gases explosivos.
- Se debe tener habilitado un puesto de control de incendio, con mínimo un extintor.
- Para suministrarle combustible a una máquina para soldar esta deberá estar apagada.
- Las máquinas de soldar deben estar a una distancia adecuada del sitio de trabajo.
- Antes de operar una maquina de soldar, la masa debe estar instalada. Tanto la conexión a tierra como los cables del electrodo deben estar tendidos en forma clara, evitando cocas o vueltas.
- La pinza de masa o retorno deberá estar rígidamente fijada a la pieza a soldar, debiendo minimizarse la distancia entre el punto a soldar y la citada pinza.
- No se debe emplear las estructuras metálicas de las plantas de proceso, tuberías, etc., como conductores de retorno, cuando éstos no sean la pieza a soldar.
- Cuando haya más de un soldador trabajando en un área, se deben colocar pantallas o paneles fijos. De la misma forma estas pantallas se deben usar para proteger un sitio específico de la obra.
- Los soldadores o auxiliares deben usar los elementos de protección para esta tarea:
  - \_ Pantalla de protección de cara y ojos.
  - \_ Guantes largos de cuero.
  - \_ Mandil de cuero.
  - \_ Polainas de apertura rápida, con los pantalones por encima.
  - \_ Calzado de seguridad aislante.
- Cuando se trabaje en lugares estrechos o recintos de reducidas dimensiones, se deberá cumplir con el procedimiento de trabajo en espacio confinado y diligenciar el respectivo permiso, siguiendo las siguientes instrucciones:

**COMPONENTE: SUELO / AGUA / AIRE**

**FICHA CO - 6 MANEJO EHS DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DE REFICAR**

- \_ Bombear continuamente aire fresco, nunca Oxígeno, a fin de eliminar gases, vapores y humos.
  - \_ En caso de que no sea posible procurar una buena ventilación, se utilizarán equipos de protección respiratoria con aporte de aire.
  - \_ Utilizar ropa tanto interior como exterior difícilmente inflamable.
  - \_ Si los trabajos de soldadura se efectúan en lugares muy conductores (calderas, conducciones metálicas, túneles, etc.) no se emplearán tensiones superiores a 50 v, debiendo permanecer el equipo de soldadura en el exterior del recinto en que opere el trabajador.
- o **Soldadura autógena y oxicorte:**
- Para realizar este tipo de trabajo se requiere diligenciar el permiso de trabajo en caliente.
  - Los equipos de oxicorte deben ser movilizados en carros especiales, con sus cilindros asegurados y colocados verticalmente.
  - Antes de empezar las actividades, se debe comprobar que ni las botellas de gas ni los equipos que se acoplan a ellas tienen fugas.
  - Se deben proteger las botellas contra golpes y calentamientos peligrosos.
  - Antes de acoplar la válvula reductora de presión, se deberá abrir la válvula de la botella por un corto periodo de tiempo, a fin de eliminar la suciedad.
  - Las mangueras deben encontrarse en perfecto estado de conservación y admitir la presión máxima de trabajo para la que han sido diseñadas.
  - Todas las uniones de mangueras, deben estar fijadas mediante abrazaderas, de modo que impidan la desconexión accidental.
  - Todas las conexiones deben ser completamente estancas. La comprobación se debe hacer mediante solución jabonosa neutra. Nunca debe utilizarse una llama abierta.

**COMPONENTE: SUELO / AGUA / AIRE**

**FICHA CO - 6 MANEJO EHS DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DE REFICAR**

- No se debe comprobar la salida de gas manteniendo el soplete dirigido contra partes del cuerpo, ya que puede inflamarse la mezcla gas-aire por chispas dispersas y provocar quemaduras graves.
  - El soplete debe funcionar correctamente a las presiones de trabajo y caudales indicados por el proveedor.
  - Al terminar el trabajo, se debe cerrar la válvula de la botella y purgar la válvula reductora de presión. Asimismo, los aparatos y conducciones no se deben guardar en armarios cerrados ni en cajas de herramientas.
  - Cuando se trabaje en lugares estrechos o recintos de reducidas dimensiones, se deberá cumplir con el procedimiento de trabajo en espacio confinado y diligenciar el respectivo permiso, siguiendo las instrucciones anteriormente anotadas en el tema de soldadura de arco.
- ✓ REFICAR por intermedio de sus Inspectores EHS, verificará que estas operaciones se realicen en forma segura y limpia, de no cumplirse con estas condiciones se detendrá el trabajo inmediatamente.

• **MANEJO DE ACTIVIDADES DE SAND BLASTING**

Los contratistas para realizar este tipo de tareas de limpieza de piezas metálicas, tuberías y láminas, con chorro de arena u otro material abrasivo deberán seguir las siguientes instrucciones:

- ✓ El operador de la boquilla deberá contar con el equipo de protección adecuado, disponiendo de una máscara con línea de aire fresco, con arnés, mono gafas, botas de seguridad y vestido especial.
- ✓ La succión del aire para el operador de la boquilla, debe quedar lejos de los tubos de escape de los compresores y demás maquinaria que esté en el sitio.
- ✓ La manguera de trabajo debe tener conexión a tierra para descargar la estática.
- ✓ Se deben verificar presiones, funcionamiento de los compresores, estado de las mangueras y válvulas.
- ✓ Se deben colocar pantallas perimetrales cercanas al punto de aplicación para disminuir la dispersión de material particulado.

**COMPONENTE: SUELO / AGUA / AIRE**

**FICHA CO - 6 MANEJO EHS DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DE REFICAR**

- ✓ Las arenas utilizadas en esta operación serán recicladas y dispuestas según el caso, por cada contratista. Las espumas utilizadas serán dispuestas por cada contratista.
- ✓ REFICAR por intermedio de sus Inspectores EHS, verificará que esta operación se realice en forma segura y limpia; de no cumplirse con estas condiciones conforme los procedimientos establecidos, se detendrá el trabajo inmediatamente.

• **PRUEBAS HIDROSTÁTICAS DE TANQUES, TUBERÍAS Y SISTEMAS**

El contratista que vaya a realizar esta actividad deberá seguir y cumplir los requerimientos del procedimiento de prueba hidrostática y diligenciar el permiso de trabajo respectivo, teniendo especial cuidado en cumplir lo dispuesto para la captación de agua y los vertimientos referidos a los volúmenes, caudales y parámetros de calidad de agua.

- ✓ Se debe señalar el sitio y restringir el acceso a personal no autorizado.
- ✓ Se deben revisar el cabezal de prueba y sus conexiones a las balanzas de peso muerto y registradores de presión.
- ✓ Conocer las especificaciones técnicas de tanques de almacenamiento y tubería.
- ✓ Preparar la documentación requerida por la autoridad ambiental para las pruebas y dar el aviso correspondiente.
- ✓ Hacer los análisis de laboratorio al agua antes y después de las pruebas.
- ✓ Tratar el agua tomada de la fuente de captación para prevenir incrustaciones en los sistemas.
- ✓ Verificar la limpieza de los tanques y tubería.
- ✓ Realizar el vertimiento de las aguas en el sistema de tratamiento de aguas aceitosas de REFICAR.
- ✓ REFICAR por intermedio de sus Inspectores EHS, verificará que esta operación se realice en forma segura y limpia, de no cumplirse con estas condiciones conforme los procedimientos establecidos, se detendrá la ejecución de los trabajos respectivos inmediatamente.

**COMPONENTE: SUELO / AGUA / AIRE**

**FICHA CO - 6 MANEJO EHS DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DE REFICAR**

**• MANEJO DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES**

Los diferentes contratistas que presten sus servicios al proyecto, deberán cumplir con las siguientes instrucciones, para darle un adecuado manejo al suministro de lubricantes y combustibles para los vehículos, maquinaria y equipos:

- ✓ Los vehículos, maquinaria y equipos utilizados por el proyecto a su arribo al área de trabajo deberán encontrarse en óptimas condiciones de operación, sin presentar ningún tipo de escape en sus sistemas, con el combustible y lubricante necesarios para operar.
- ✓ REFICAR dispondrá de un sitio debidamente acondicionado para el aprovisionamiento de combustibles o lubricantes para los vehículos y maquinaria móvil sobre ruedas, para lo cual, en caso de que requieran abastecerse deberán ser retirados de la estación de trabajo y conducidos al sitio para realizar esta operación, desarrollando las acciones de toma de combustible o lubricante recomendadas por el concesionario o el proveedor de los equipos.
- ✓ El aprovisionamiento de combustibles y lubricantes para maquinaria y equipos fijos, se podrá realizar en el sitio de trabajo, suspendiendo para esto las actividades en el sitio y asegurando la máquina o el equipo, cumpliendo con las siguientes instrucciones:
  - Los combustibles y lubricantes no se podrán almacenar en el sitio de la obra. Serán transportados desde el punto de suministro hasta la estación de trabajo en recipientes debidamente rotulados con su respectivo contenido y la clase de riesgo que éste representa, previniendo goteos o derrames en el trayecto.
  - El contratista que opera la maquinaria o equipo, será el responsable de realizar esta operación en forma segura y limpia. Deberá habilitar en el sitio un puesto de control de incendio, contando como mínimo con un extintor.
  - En caso de presentarse derrames, se activará y ejecutará el plan de contingencia para el control y manejo de derrames previsto para la construcción, dando aviso al grupo de operaciones de REFICAR, quien orientará y autorizará el desarrollo de las acciones de control y limpieza correspondientes, a partir de lo cual el grupo responsable se asegura de dejar limpio el lugar y de darle al material contaminado una disposición final adecuada, conforme los procedimientos establecidos para el manejo de residuos peligrosos correspondiente.
- ✓ En general se deberán tomar todas las medidas necesarias para prevenir o controlar

**COMPONENTE: SUELO / AGUA / AIRE**

**FICHA CO - 6 MANEJO EHS DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DE REFICAR**

escapes de combustible y por ningún motivo debe haber goteos o derrames.

- ✓ El lubricante utilizado o sus respectivos envases deberán ser correctamente almacenados en tanques y depósitos previstos para tal fin.
- ✓ No se podrá realizar el cambio de aceite para ningún vehículo, maquinaria o equipo en la obra. En caso necesario se deberá retirar de la refinería.
- ✓ REFICAR por intermedio de sus Inspectores EHS, verificará que esta operación se realice en forma segura y limpia; de no cumplirse con estas condiciones y no aplicar los procedimientos establecidos se detendrá el desarrollo de los trabajo en el frente respectivo de forma inmediata.

• **MANEJO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS**

Los diferentes contratistas que presten sus servicios al proyecto y manejen dentro de sus procesos materiales o sustancias peligrosas deberán cumplir con las siguientes instrucciones:

- ✓ Deberán tener claramente identificados los materiales o sustancias peligrosas que van a utilizar en la obra, disponiendo de sus respectivas hojas de seguridad.
- ✓ Antes de poder ingresar los materiales o sustancias peligrosas a la obra, deberán presentar a REFICAR un listado de estas, acompañado de sus hojas de seguridad y una constancia sobre su competencia para emplearla, contando con el personal entrenado, capacitado y familiarizado con los riesgos y acciones de control, con los recipientes, herramientas y demás elementos para su uso seguro y limpio, y para efectuar las acciones de respuesta en caso de que se presente un accidente que las involucre.
- ✓ Para el almacenamiento de estas sustancias peligrosas, los contratistas deberán disponer de un sitio adecuado y confinado, teniendo en cuenta las posibles incompatibilidades químicas.
- ✓ En los frentes de trabajo, estas sustancias no se podrán almacenar y para su empleo se deberán seguir las instrucciones de las hojas de seguridad.
- ✓ REFICAR por intermedio de sus Inspectores EHS, verificará que esta operación se realice en forma segura y limpia, de no cumplirse con estas condiciones se detendrá el trabajo inmediatamente.



**COMPONENTE: SUELO / AGUA / AIRE**

**FICHA CO - 6 MANEJO EHS DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DE REFICAR**

**• CONTROL EHS DE VEHÍCULOS, MAQUINARIA Y EQUIPOS**

Los contratistas que presten sus servicios al proyecto, deberán cumplir con las siguientes instrucciones, para el control HSE de los vehículos, equipos y maquinaria.

✓ **Medidas de manejo comunes**

- No se autorizará el suministro de combustible o lubricante a vehículos y maquinaria móvil, por fuera del área de donde se encuentra la estación de suministro.
- Estará terminantemente prohibido realizar reparaciones de: vehículos, equipos y maquinaria móvil en la obra.
- En caso de presentarse avería en un vehículo, maquinaria o equipo, deberá ser retirado de la obra para su reparación.
- Si por causa de la avería o falla de un vehículo, maquinaria o equipo, se presentase un escape de combustible, aceite, líquido refrigerante, un incendio, etc., el operario que lo conduce o maniobra, deberá realizar las acciones de respuesta primaria, cerrar la fuga y contener; combatir el conato de incendio con el extintor del vehículo o maquinaria, y dar aviso a su superior dentro de la compañía contratista, para que lo apoye, ejecutando el plan de respuesta de emergencias del contratista, comunicando a REFICAR para recibir apoyo por parte de la refinería si es necesario, activando el plan integral de contingencias de REFICAR.
- Semanalmente se inspeccionarán los vehículos, maquinaria y equipos que laboran para el proyecto, para verificar el cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental y los procedimientos de seguridad e higiene, tomándose los correctivos necesarios.

✓ **Conductores y operadores de vehículos, equipos y maquinaria**

- Todo conductor y operador que ingrese por primera vez a la obra, debe recibir los talleres de capacitación y recibir también, diariamente, las charlas de inducción previas a el desarrollo de sus actividades.
- Se deberá verificar la idoneidad profesional de los conductores y operadores a su ingreso por primera vez a la obra, teniendo la obligación los conductores de presentar la licencia de conducción en la respectiva categoría del vehículo que conduzca. Los operadores de equipos y maquinaria deberán presentar los certificados de formación y



**COMPONENTE: SUELO / AGUA / AIRE**

**FICHA CO - 6 MANEJO EHS DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DE REFICAR**

entrenamiento otorgado por instituciones de formación técnica como el SENA.

- Los operadores que, por las exigencias de la operación segura de maquinaria especializada, requieran mantener una aptitud física y mental óptima, deberán ser sometidos periódicamente a exámenes físicos y psicológicos para garantizar su competencia.
- Todo conductor y operador que ingrese a la obra, deberá aceptar que se le realice la prueba de alcoholemia.
- Todo conductor y operador, deberá cumplir con las normas internas de tránsito, límites de velocidad y señales de tránsito.

✓ **Vehículos**

- Todo vehículo que pretenda ingresar a REFICAR, debe cumplir con las disposiciones aplicables del Código Nacional de Tránsito:
  - Licencia de Tránsito.
  - El Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito, SOAT.
  - Certificado vigente de la revisión técnico mecánica del vehículo.
  - Certificado de revisión de gases.
  - Vehículos de servicio público con las marcas en las puertas y el techo del número de la placa respectiva.
  - Portar los equipos de carretera. Prevención y seguridad.
- Los vehículos de carga deberán presentar:
  - Registro Nacional de Transporte de Carga.
  - Remesa Terrestre de Carga.
  - Manifiesto de Carga.

<b>COMPONENTE: SUELO / AGUA / AIRE</b>	
<b>FICHA CO - 6 MANEJO EHS DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DE REFICAR</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Los vehículos de carga que transporten mercancías peligrosas deberán presentar:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Tarjeta de Emergencia.</li> <li>– Registro Nacional para el Transporte de Mercancías Peligrosas.</li> <li>– Registro Nacional de Transporte de Carga.</li> <li>– Remesa Terrestre de Carga.</li> <li>– Planilla para el Transporte de Sustancias Químicas de Uso Restringido.</li> <li>– Manifiesto de Carga.</li> <li>– Hoja de Seguridad.</li> </ul> </li> <li>✓ <b>Equipos y maquinaria</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deberán encontrarse en perfectas condiciones de operación, con las instrucciones de operación y señales de prohibición, de advertencia, de obligatoriedad, de información y de evacuación según el caso, debidamente fijadas en sitios visibles para el personal de operadores.</li> <li>▪ Deberán cumplir con el plan de Mantenimiento preventivo para garantizar los niveles de ruido en todos los equipos y, en los mecánicos también los niveles de gases de escape, de acuerdo a la norma.</li> </ul> </li> </ul>	
<b>INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO</b>	
No. de Inspecciones EHS realizadas / No. de Inspecciones EHS planeadas.	
No. de no conformidades EHS resueltas / No. de no conformidades EHS encontradas.	
No. de incidentes EHS presentados.	
<b>RESPONSABLE EN EJECUCIÓN</b>	<b>RESPONSABLE DEL CONTROL</b>
Director de obra.	Coordinador EHS.
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
Este programa entrará en vigencia desde la planeación de las actividades de ampliación de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR y mantendrá su activación hasta la fase de cierre y	



**COMPONENTE: SUELO / AGUA / AIRE**

**FICHA CO - 6 MANEJO EHS DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN DE REFICAR**

abandono de la refinería.

**COSTOS DE EJECUCIÓN**

- Los costos de seguimiento a este programa serán asumidos por la Refinería de Cartagena S.A.
- Los costos de manejo y disposición final de los residuos generados en las obras de ampliación de REFICAR, serán asumidos por los contratistas que los generen.
- Los costos de la respuesta a incidentes que se presenten durante la fase de construcción del proyecto, serán asumidos por el contratista responsable de la obra o servicio en donde se presentó el incidente.

<b>COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO</b>	
<b>FICHA CO - 7 PROGRAMA DE ARQUEOLOGÍA PREVENTIVA</b>	
<b>OBJETIVO</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>
Garantizar que no se efectúe ningún tipo de daño al patrimonio arqueológico durante las obras civiles en la ampliación de la Refinería de Cartagena.	Aportar conocimiento sobre protección del patrimonio arqueológico al personal que va a intervenir en las obras civiles.
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>	
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>FASE DE OPERACIÓN</b>
X	
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>	<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>
Afectación a eventuales vestigios arqueológicos.	Preventivas.
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>	<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>
En las áreas de potencial arqueológico medio (sectores ondulados cercanos al Arroyo Grande), donde se realicen descapote, excavaciones y movimientos de tierra.	No aplica.
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>	
<p><b>1. <u>Seguimiento de las obras</u></b></p> <p>Se realizará seguimiento a las actividades que impliquen descapote, excavaciones y movimientos de tierra en las áreas con potencial arqueológico medio (sectores ondulados cercanos al Arroyo Grande). El arqueólogo puede programar visitas de uno o dos días por mes para hacer el seguimiento (dependiendo de la duración y programación de las obras civiles). En caso de que se ubiquen yacimientos que ameriten salvamento y/o rescate arqueológico, el arqueólogo deberá conformar un equipo con varios obreros y solicitar la respectiva licencia al ICANH.</p> <p><b>2. <u>Realización de charlas de inducción</u></b></p> <p>Se realizarán charlas de inducción sobre arqueología, patrimonio arqueológico, legislación vigente y procedimiento en caso de hallazgo arqueológico al personal relacionado con las obras (interventoría y contratistas). Estas charlas se programarán de acuerdo con las visitas periódicas del arqueólogo.</p>	

<b>COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO</b>	
<b>FICHA CO - 7 PROGRAMA DE ARQUEOLOGÍA PREVENTIVA</b>	
<b>3. <u>Entrega del Informe Final al ICANH</u></b>	
En caso de que sea necesario solicitar la licencia al ICANH, se deberá entregar a este instituto copia (impresa y en medio magnético) del informe final acompañado de los respectivos anexos y planos.	
<b>INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Área con seguimiento/ Área total con descapote, excavaciones y movimientos de tierra</li> <li>– Número de asistentes a las charlas / Número de convocados a las charlas</li> <li>– Número de documento entregado / Número de documento programado</li> </ul>	
<b>RESPONSABLE EN EJECUCIÓN</b>	<b>RESPONSABLE DEL CONTROL</b>
Interventoría REFICAR.	Director de Operaciones REFICAR, Autoridades Ambientales, Interventoría REFICAR.
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
Las actividades se desarrollarán durante la fase de construcción.	
<b>COSTOS DE EJECUCIÓN</b>	
<u>Costo acción 1:</u>	
Honorarios arqueólogo.	
Gastos de viaje arqueólogo (tiquetes ida y vuelta, alojamiento, alimentación, transporte dentro del área de la Refinería y de Cartagena).	
En caso de requerir obreros, la firma contratista de obras civiles puede facilitarlos.	
<u>Costo acción 2:</u>	
El costo está cubierto con el costo de la acción 1.	

<b>COMPONENTE: AGUA / SUELO / AIRE</b>			
<b>FICHA CO - 8 ACTIVACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
Establecer, implementar, mantener y mejorar el Plan de Respuesta a Emergencias, que se puedan presentar durante la Construcción de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer criterios para la activación del plan de contingencia.</li> <li>• Optimizar el tiempo de respuesta en caso de emergencia.</li> <li>• Disminuir la gravedad de las consecuencias de una contingencia.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>	X	<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los impactos ambientales.</li> </ul>		Preventivas. Correctivas (respuesta a emergencias).	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona de influencia directa e indirecta de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR.</li> </ul>		Trabajadores de la obra de ampliación de la Refinería y de las plantas vecinas.	
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
Se activará el Plan de Contingencia de la obra de construcción en los siguientes casos, entre otros: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Incendio.</li> <li>– Explosión.</li> <li>– Derrame de sustancias químicas o de hidrocarburos.</li> <li>– Incidente con residuos peligrosos.</li> <li>– Accidente que involucre maquinaria pesada.</li> <li>– Inundación.</li> <li>– Temblor, Terremoto, mar de leva y/o marejada.</li> </ul>			
<b>INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO</b>			
Este seguimiento forma parte del Plan de Contingencia.			
<b>RESPONSABLE EN EJECUCIÓN</b>		<b>RESPONSABLE DEL CONTROL</b>	
Director de obra.		Coordinador EHS.	



**COMPONENTE: AGUA / SUELO / AIRE**

**FICHA CO - 8 ACTIVACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA**

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

Este programa entrará en vigencia desde la planeación de las actividades de ampliación de la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR, hasta que se desarrolle la fase de *Start-up* de las nuevas instalaciones y se inicie la operación de las nuevas plantas y unidades productivas de la refinería, en función de lo cual se aplicará y entrará en vigencia la FICHA OP -13.

**COSTOS DE EJECUCIÓN**

Los costos forman parte de la estructura del Plan de Contingencia.

### 7.5 Fichas de manejo ambiental para la operación de la refinería.

<b>COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO</b>			
<b>FICHA OP - 1 EDUCACIÓN Y CAPACITACIÓN AL PERSONAL VINCULADO AL PROYECTO</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
Sensibilizar y mejorar las competencias laborales a los trabajadores del proyecto (mano de obra calificada y no calificada, local y foránea), para lograr la adecuada aplicación del PMA.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informar y capacitar a los empleados de la empresa y de sus contratistas sobre el alcance del PMA y del Plan de Contingencia.</li> <li>• Elevar la capacidad laboral del personal que proviene de la región, con el fin de darle mayores oportunidades dentro del proyecto y fuera de éste, mediante la sensibilización hacia el medio ambiente.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>	X	<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	X
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los impactos al medio ambiente de las fases de construcción y operación.</li> <li>• Generación de expectativas.</li> </ul>		Preventivas.	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
Refinería de Cartagena.		Empleados de la ampliación y operación de la Refinería de Cartagena S.A.	
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
<p>1. Talleres de inducción al personal:</p> <p>Para asegurar el logro del objetivo, se requiere incluir como mínimo los siguientes temas durante los talleres:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Descripción del proyecto de modernización de la Refinería.</li> <li>– Área de influencia directa e indirecta de la planta.</li> <li>– Políticas ambientales y sociales de REFICAR.</li> </ul>			

**COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO**

**FICHA OP - 1 EDUCACIÓN Y CAPACITACIÓN AL PERSONAL VINCULADO AL PROYECTO**

- Legislación ambiental vigente para el proyecto.
- Licencia Ambiental y Plan de Manejo Ambiental, haciendo énfasis en los siguientes aspectos:
  - Importancia, prevención, manejo y conservación de los recursos naturales.
  - Manejo de efluentes, emisiones atmosféricas, residuos peligrosos y no peligrosos.
- Políticas de seguridad industrial y utilización de los elementos de protección personal.

Este tipo de capacitación deberá realizarse también de forma específica para cada labor, para cada grupo y de forma permanente, hasta lograr una cultura de seguridad industrial en todos los empleados y funcionarios tanto de la empresa como de sus contratistas.

Se hará el respectivo registro fotográfico y/o fílmico de cada uno de los talleres y el registro de asistencia.

2. Capacitación para la respuesta a emergencias:

Todo el personal de la empresa y de sus contratistas deberá recibir capacitación sobre el Plan de Contingencia tanto para la construcción como para la operación. Se deberá hacer énfasis en el análisis de riesgos en ambos casos la reacción esperada del personal ante la emergencia, el sistema de notificación establecido y las líneas de mando únicas que deben seguirse durante el manejo de una emergencia. Esta capacitación deberá realizarse como parte del programa de inducción, pero deberá reforzarse mediante talleres o eventos trimestrales entre los que deberá incluirse la realización esporádica de simulacros de emergencias de diferentes índoles, en los cuales se involucrarán las empresas vecinas, el CLOPAD, el CREPAD y las comunidades vecinas (ver FICHA OP - 6).

Con este propósito, se diseñará un plan de capacitación y desarrollo del personal del proyecto, desde la construcción hasta la operación, con el fin de brindar oportunidades de mejoramiento al personal local.

**INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO**

Total personal capacitado / total personal contratado	100%
Número de simulacros de emergencia realizados internamente	1 por semestre
Número de talleres ejecutados / número de talleres programados	100%

<b>COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO</b>	
<b>FICHA OP - 1 EDUCACIÓN Y CAPACITACIÓN AL PERSONAL VINCULADO AL PROYECTO</b>	
<b>RESPONSABLE EN EJECUCION</b>	<b>RESPONSABLE DEL CONTROL</b>
Vicepresidente de operaciones, Gerencia de proyectos y Gerencia de asuntos corporativos	Profesional ambiental y/o profesional HSE
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
Los talleres de inducción deberán realizarse antes de iniciar las fases de construcción y operación y al momento de la contratación.	
Los talleres de refuerzo se programarán bimensualmente durante ambas fases.	
<b>COSTOS DE EJECUCIÓN</b>	
<p>Técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Material para presentaciones y talleres.</li> </ul> <p>Humanos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 profesional ambiental.</li> <li>- 1 profesional en Seguridad Industrial</li> <li>- 1 Profesional en Salud Ocupacional.</li> <li>- 1 profesional experto en manejo de emergencias.</li> <li>- 1 profesional del área social.</li> <li>- Participación de profesionales de las demás gerencias según la programación de las capacitaciones.</li> </ul> <p>Económicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Incluido dentro de los costos de personal profesional de la empresa.</li> </ul>	

<b>COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO</b>			
<b>FICHA OP - 2 PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y PARTICIPACIÓN COMUNITARIA</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
<p>Informar a las autoridades municipales, regionales y ambientales, así como a las comunidades y gremios en general, sobre el proyecto de modernización de la refinería de Cartagena, su alcance, avance, implicaciones y características relevantes en los aspectos técnicos y ambientales.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer canales de comunicación abiertos y permanentes con las autoridades locales, regionales y ambientales.</li> <li>• Recibir y responder las inquietudes provenientes de los gremios y de las fuerzas vivas de la región, de forma oportuna y clara.</li> <li>• Minimizar expectativas.</li> <li>• Mantener informadas a las autoridades del avance del proyecto y de sus necesidades.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>X</b>	<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	<b>X</b>
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de expectativas.</li> <li>• Todos los impactos ambientales de la fase de construcción y de operación.</li> </ul>		Preventivas.	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
Inmediaciones y alrededores de la Refinería de Cartagena REFICAR.		Personas y grupos que podría sentirse por la ampliación y operación de la Refinería de Cartagena S.A.	
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
<p>Se realizará una reunión en cada fase del proyecto.</p> <p>En la fase pre-operativa o de socialización del proyecto, previa a la solicitud de Licencia Ambiental, se deberá realizar una reunión con las autoridades municipales (alcaldía, secretarios de planeación, tránsito, EPA, alcaldía de la localidad No. 1 entre otras) para informar sobre el proyecto y sus implicaciones, considerando los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Presentación de la empresa propietaria del Proyecto, sus políticas y objetivos.</li> <li>– Características generales del proyecto en aspectos técnicos y ambientales. Se hará énfasis en</li> </ul>			

**COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO**

**FICHA OP - 2 PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y PARTICIPACIÓN COMUNITARIA**

los cambios que se producirán y en los beneficios ambientales que la utilización de tecnologías de punta producirán, así como en los beneficios sociales que este mejoramiento de las condiciones ambientales conlleva.

- Licencia Ambiental, Plan de Manejo Ambiental y Plan de Contingencia.
- Área de influencia.
- Medidas de evaluación, seguimiento y control que se implementarán.

De igual forma se realizarán reuniones, con el mismo objetivo y contenido, así:

- Con la Gobernación, CARDIQUE y demás instituciones regionales con interés sobre el proyecto.
- Con la ANDI – FUNDACION MAMONAL y Universidades.
- Con líderes de comunidades del área circundante a la Zona Industrial de Mamonal con el fin de manejar las expectativas sobre el proyecto.
- Otras reuniones en la medida en que la empresa lo considere conveniente.

Antes de iniciarse la movilización de maquinaria y equipos, se deberán programar nuevas reuniones con los mismos públicos anteriores, en las que se deberá incluir, de acuerdo con los públicos, temas como:

- Presentar las condiciones generales de contratación de personal local por cada empresa contratista (número de empleos, sistema de selección, requisitos de contratación, condiciones laborales, etc.).
- Explicar el sistema de recepción, trámite, resolución y respuesta de inquietudes, iniciativas y reclamos.

En estas presentaciones se deberá contar con la presencia de los contratistas principales de construcción, con el fin de comprometerlos en el seguimiento de los procedimientos que allí se expliquen.

Durante la fase de construcción, se deberán realizar reuniones periódicas, con los mismos públicos – se propone por lo menos una bimensual al principio y trimestral hacia la mitad del

<b>COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO</b>	
<b>FICHA OP - 2 PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y PARTICIPACIÓN COMUNITARIA</b>	
<p>proyecto – con el fin de brindar la información de avance del proyecto, problemas presentados, soluciones dadas, etc.</p> <p>Se mantendrá el registro fotográfico y/o fílmico de las reuniones que se realicen y se diligenciarán los formatos de asistencia correspondientes para dejar evidencia de los procesos. Igualmente se deben levantar actas de todas las reuniones, en las que consten las inquietudes por ellos planteadas y las respuestas dadas por la Empresa.</p> <p>Se realizará un programa de seguimiento y control al programa de información a la comunidad.</p>	
<b>INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO</b>	
Número de reuniones ejecutadas / número de reuniones programadas	100%
<b>RESPONSABLE EN EJECUCION</b>	<b>RESPONSABLE DEL CONTROL</b>
Vicepresidente de Operaciones, Gerente de asuntos corporativos	Profesionales en HSE y Comunidades.
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
Las reuniones informativas se realizarán antes de iniciar la construcción, durante la construcción, antes de iniciar la operación y cuándo la situación lo amerite.	
<b>COSTOS DE EJECUCIÓN</b>	
<p>Técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Equipos y materiales para presentaciones y talleres.</li> </ul> <p>Humanos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Representantes de REFICAR en HSE y Comunidades.</li> <li>– Representantes homólogos a los de REFICAR (HSE y Comunidades) y otro de Recursos Humanos de cada una de las empresas contratistas del Proyecto.</li> </ul> <p>Económicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Incluidos dentro de los costos administrativos y de personal de la operación.</li> </ul>	

<b>COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO</b>			
<b>FICHA OP - 3 PROGRAMA DE CONTRATACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE MANO DE OBRA LOCAL</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
<p>Dar prioridad en el proceso de contratación de mano de obra calificada y no calificada a la población habitante de la ciudad de Cartagena y en segunda instancia a personal calificado y calificado del resto del país, que cumpla con los requisitos técnicos y de experiencia, establecidos por el proyecto.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generar empleo en la zona aledaña al área industrial de Mamonal.</li> <li>• Elevar la capacidad laboral de la mano de obra no calificada del sector aledaño a la zona industrial de MAMONAL y del resto de Cartagena, mediante procesos de capacitación específicos prioritariamente en cabeza del SENA.</li> <li>• Contribuir a mejorar la calidad del empleo local, mediante un empleo con todas las garantías, el respectivo pago de aportes al Sistema de Seguridad Social y el cumplimiento de las demás normas laborales vigentes y estándares de calidad de REFICAR.</li> <li>• Generar lazos de confianza y empatía con la población local.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>		<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	
	X		X
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
Generación de empleos directos e indirectos.		Preventivas.	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
Cartagena.		Personas o grupos de personas que viven en Cartagena.	
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
<p>Cabe mencionar que desde hace aproximadamente 4 años, ECOPEPETROL, previendo este impacto, viene adelantando acciones concretas con el fin de beneficiar al mayor número de cartageneros posible. Es por esto que se adelantó un estudio de disponibilidad de mano de obra y su capacidad técnica en 24 comunidades aledañas a la zona industrial de MAMONAL. Posteriormente se adelantó un convenio de cooperación con el SENA Regional Bolívar, a través del cual se creó el CIFEM (Centro de información y formación para el empleo de Mamonal), que</p>			

## COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO

### FICHA OP - 3 PROGRAMA DE CONTRATACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE MANO DE OBRA LOCAL

en la actualidad cuenta con más de 7.000 personas identificadas, con información relativa a su oficio, el nivel en que lo desempeña y sus necesidades de capacitación. A la fecha ha capacitado a más de 4.000 personas en áreas técnicas laborales pertinentes a las necesidades del sector industrial. Es en sí mismo, un centro especializado creado para atender las necesidades de capacitación, orientación e intermediación laboral.

Por otra parte, el CIFEM y el SENA en equipo con REFICAR y los contratistas, harán la convocatoria directa y de manera pública, así como la selección de las personas, con el fin de dar respuesta a los requerimientos del proyecto en el tiempo y calidad que se requiere de la mano de obra.

REFICAR ha dispuesto que la recepción de hojas de vida para mano de obra no calificada, técnica y tecnológica y su análisis, se realice en las instalaciones del CIFEM de Cartagena y que en dichas instalaciones se encuentre el contratista que realizará la selección del personal. Teniendo en cuenta que pueden presentarse muchas personas aspirantes a ser empleadas y, de acuerdo con las necesidades, REFICAR ha decidido que las aplicaciones serán recibidas también por Internet y a través de un apartado postal como complemento a los diferentes centros del SENA ubicados en diferentes partes de la ciudad.

Dentro de las actividades principales a realizar se encuentran:

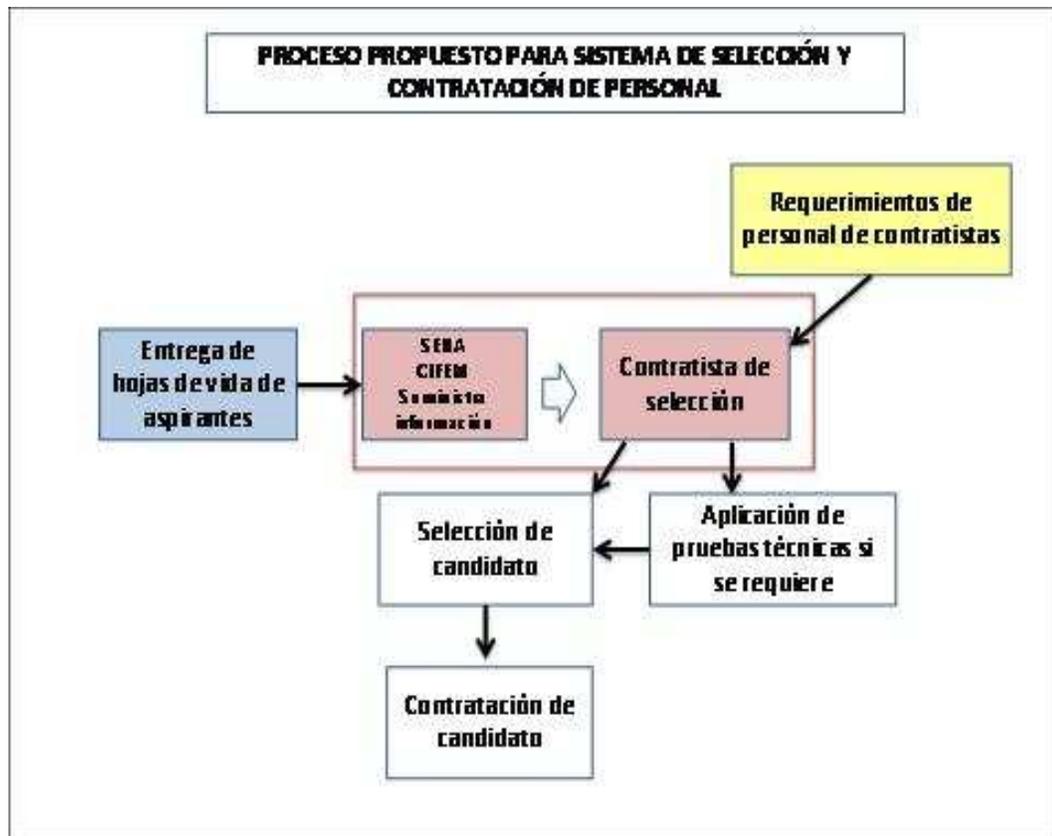
- Definir perfiles de cargo y número de personas por cada perfil.
- Concertar con el SENA el acuerdo de cooperación en el cual se consolidarán los acuerdos entre REFICAR y esa institución, recogiendo los esfuerzos realizados anteriormente por ECOPETROL.
- Implementar con los contratistas el apartado postal y la página WEB, además de los mecanismos con el SENA, las bases de datos y los sistemas de evaluación técnica del personal requerido.
- Definir el mecanismo para las pruebas técnicas al personal que así lo requiera.
- Definir los temas en que la mano de obra no calificada puede ser capacitada por el SENA y el CIFEM u otras organizaciones e implementar los programas de capacitación.
- Generar un sistema de información y comunicación entre el contratista de selección de personal y los demás contratistas involucrados con la construcción para que las necesidades de contratación de personal de estos últimos sean adecuadamente atendidas de acuerdo con

**COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO**

**FICHA OP - 3 PROGRAMA DE CONTRATACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE MANO DE OBRA LOCAL**

los objetivos planteados en este programa.

- Manejar la información estadística del personal evaluado, personal contratado, empresa contratante, origen del personal contratado, nivel técnico del personal contratado, capacitaciones específicas dadas al personal contratado, etc.
- Montar un archivo de documentación del proceso de selección y contratación del personal de forma que se pueda comprobar el resultado del programa.
- Obtener material fotográfico de los procesos de capacitación que se realicen para el personal a contratar y el contratado.



Se adelantará un seguimiento permanente al programa de contratación de mano de obra local.

<b>COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO</b>	
<b>FICHA OP - 3 PROGRAMA DE CONTRATACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE MANO DE OBRA LOCAL</b>	
<b>INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO</b>	
Total Personal contratado de la ciudad de Cartagena / Total Personal requerido para el proyecto.	
Total de personas capacitadas en aspectos técnicos	
Total de mano de obra no calificada proveniente de Cartagena / Total de mano de obra no calificada contratada	Maximizar
Total de mano de obra calificada proveniente de Cartagena / Total de mano de obra no calificada contratada	Maximizar
Total de mano de obra calificada o especializada proveniente de Cartagena / Total de mano de obra calificada o especializada contratada	Maximizar
<b>RESPONSABLE EN EJECUCION</b>	<b>RESPONSABLE DEL CONTROL</b>
Vicepresidente de operaciones, Gerente del proyecto, Gerente de asuntos corporativos y contratistas.	Gerente de asuntos corporativos
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
Las reuniones con la alcaldía de la localidad y la contratación del personal seleccionado se realizarán antes de iniciar las fases de construcción y operación.	
<b>COSTOS DE EJECUCIÓN</b>	
<p>Técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemas de información, bases de datos, perfiles de cargos, sistemas de aplicación de pruebas técnicas.</li> </ul> <p>Humanos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 persona técnica conocedora de los procesos industriales, responsable del proceso entre el contratista y REFICAR</li> <li>- 1 persona del equipo social de REFICAR que coordine todo el proceso entre contratistas, instituciones y contratista de selección y contratación de personal</li> <li>- 1 persona técnica del contratista.</li> </ul>	

**COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO**

**FICHA OP - 3 PROGRAMA DE CONTRATACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE MANO DE OBRA LOCAL**

- 1 persona de Recursos Humanos del contratista.
- Personal de capacitación del SENA y el CIFEM – técnicas SENA.
- Personal especializado en selección de personal de un contratista privado.

Económicos:

Recursos de personal y administrativos incluidos en los rubros de operación normal.

<b>COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO</b>			
<b>FICHA OP - 4 PROGRAMA DE ATENCIÓN DE SUGERENCIAS, EXPECTATIVAS Y RECLAMOS (SER).</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
<p>Atender, registrar, resolver y responder todas las inquietudes, sugerencias, expectativas y reclamos manifestados por los funcionarios de la administración municipal o de cualquier otra entidad pública y privada o de la comunidad en general, de tal forma que se genere una retroalimentación entre el proyecto y el entorno y se armonicen las relaciones, minimizando la ocurrencia de conflictos que afecten el normal desarrollo del proyecto.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir de forma sistemática y por escrito todas las inquietudes, peticiones, quejas y reclamos que se presenten.</li> <li>• Generar una base de datos que permita conocer los mayores factores generadores de sugerencias, expectativas y reclamos, con el fin de tomar medidas generales o particulares que minimicen las molestias.</li> <li>• Dar solución efectiva y eficaz a todos los reclamos, inquietudes o peticiones que se presenten y sean consecuentes en su objeto, con la construcción y operación de la Refinería.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>X</b>	<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	<b>X</b>
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los impactos al medio ambiente de las fases de construcción y operación.</li> <li>• Generación de expectativas.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preventivas.</li> <li>• Correctivas.</li> </ul>	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
<p>Zona de influencia y afectación por parte de la Refinería de Cartagena REFICAR.</p>		<p>Personas y grupos que se sienta afectado por la ampliación y operación de la Refinería de Cartagena S.A.</p>	
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
<p>REFICAR implementara un sistema y un formato, con el fin de: 1- suministrar información sobre el proyecto y 2- realizar la recepción de sugerencias, expectativas y reclamos. Estos formatos de recolección de información estarán ubicados estratégicamente en las instalaciones de la refinería, en las oficinas de Recursos Humanos y de Comunidades.</p> <p>REFICAR definirá un proceso interno que involucre a los contratistas, para poder dar respuesta</p>			

**COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO**

**FICHA OP - 4 PROGRAMA DE ATENCIÓN DE SUGERENCIAS, EXPECTATIVAS Y RECLAMOS (SER).**

oportuna y eficaz a las sugerencias, expectativas y reclamos que se presenten. El procedimiento será escrito y divulgado ampliamente al interior del proyecto para que pueda ser puesto en práctica y contará con el respaldo de la alta gerencia del proyecto con el fin de que sea asumido con responsabilidad por todas las partes involucradas.

Los procesos de resolución de reclamos quedarán debidamente documentados, con el fin de manejar estadísticas sobre razones que originan las molestias y costos que las soluciones a que haya lugar generen para el proyecto. De igual forma estas estadísticas podrán ser utilizadas para adoptar medidas correctivas de índole general y para demostrar que el proyecto y la empresa mantienen canales de comunicación permanentes con la comunidad dando respuesta a sus reclamos.

Así mismo la empresa tendrá un mecanismo para realizar reuniones informativas a grupos específicos de la comunidad, sus autoridades o gremios, sobre el avance del proyecto, los problemas generados, las soluciones encontradas y las necesidades de personal u otras del proyecto.

El proceso de recepción y resolución de las sugerencias, expectativas y reclamos tendrá un proceso de entrega de la responsabilidad de manejo al encargado del área para su solución y/o respuesta en 15 días, cerrando así el caso mediante la emisión de un certificado de atención.

Este proceso tiene como objetivo final evitar que las quejas y reclamos se conviertan en procesos jurídicos o acciones populares que puedan ocasionar afectaciones al normal desempeño del proyecto de modernización de la refinería de Cartagena.

El centro de atención al público y el proceso de manejo de quejas y reclamos podrán considerarse parte fundamental de la estrategia de información y comunicación con la comunidad, gremios, autoridades locales o regionales y demás actores sociales.

Al finalizar el período constructivo, la empresa evaluará la necesidad de mantener el centro de atención al público y en caso de considerarlo pertinente lo cerrará pero mantendrá el sistema de resolución de quejas y reclamos diseñado.

**INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO**

Número total de quejas y reclamos resueltos / número total de quejas y reclamos recepcionados	100%
Número total de quejas y reclamos resueltos (por tipo) / número total de quejas y reclamos recepcionados	100%

<b>COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO</b>	
<b>FICHA OP - 4 PROGRAMA DE ATENCIÓN DE SUGERENCIAS, EXPECTATIVAS Y RECLAMOS (SER).</b>	
<b>RESPONSABLE EN EJECUCION</b>	<b>RESPONSABLE DEL CONTROL</b>
Gerente de asuntos corporativos, equipo de comunidades y contratistas.	Gerente de asuntos corporativos, Gerentes responsables de la solución de las reclamaciones.
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
<p>El procedimiento se oficializará y se divulgará al personal del proyecto antes de iniciar las fases de construcción y de operación.</p> <p>El procedimiento también se divulgará ante la Alcaldía y las entidades públicas y privadas antes de iniciar las fases de construcción y de operación.</p> <p>Se realizará un seguimiento al programa de manejo de quejas y reclamos.</p>	
<b>COSTOS DE EJECUCIÓN</b>	
<p>Técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oficina del Centro de Atención, mobiliario asociado, computador y equipos de oficina.</li> <li>- Programa de registro y seguimiento.</li> </ul> <p>Humanos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gerente del sistema de sugerencias, expectativas y reclamaciones (SER).</li> <li>- Un funcionario responsable del proceso.</li> <li>- Gerencias responsables por procesos con reclamaciones</li> <li>- Personal del proyecto en general.</li> </ul> <p>Económicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Costos incluidos dentro del rubro de administración y operación de la Refinería</li> </ul>	

<b>COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO</b>			
<b>FICHA OP - 5 PROGRAMA DE APOYO A LA CAPACIDAD DE LA GESTIÓN INSTITUCIONAL</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
<p>Apoyar actividades de capacitación a los líderes de las comunidades aledañas a la zona industrial de MAMONAL, para promover el fortalecimiento de su capacidad de gestión de proyectos sociales frente a alcaldías e instituciones en general, en beneficio de los proyectos de mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la región.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar la capacidad de liderazgo de los líderes comunitarios de la zona.</li> <li>• Capacitar a los líderes y comunidad en general en planeación del desarrollo y en elaboración de proyectos sociales.</li> <li>• Informar a la comunidad y a sus líderes sobre las herramientas de participación ciudadana que brinda la Constitución.</li> <li>• Allegar el portafolio Social del Estado a las áreas productoras de importantes Recursos a través de impuestos pagados por las industrias asentadas en la zona.</li> <li>• Generar procesos desde las organizaciones de base contemplados en la constitución colombiana y las leyes para obligar a los gobiernos a cumplir con sus obligaciones de inversión social que aseguren los Derechos Humanos y la vida digna.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>X</b>	<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	<b>X</b>
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
Generación de expectativas relacionadas con el rol del Estado.		Preventiva.	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
Áreas aledañas a la Zona Industrial de Mamonal.		Comunidades aledañas a la Zona Industrial de Mamonal.	
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
<p>Se deberá estructurar un programa de capacitación para los líderes de las comunidades vecinas a la zona industrial de MAMONAL, en el que se tengan en cuenta los siguientes contenidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Estructura administrativa del Estado: funciones y responsabilidades.</li> </ul>			

<b>COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO</b>	
<b>FICHA OP - 5 PROGRAMA DE APOYO A LA CAPACIDAD DE LA GESTIÓN INSTITUCIONAL</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Derechos y deberes ciudadanos.</li> <li>- Código disciplinario.</li> <li>- Democracia participativa: Ley de JAC, legislación y experiencias exitosas.</li> <li>- Diseño, financiación, ejecución y seguimiento a proyectos sociales.</li> <li>- Veedurías ciudadanas.</li> <li>- Otros que sean identificados con las comunidades.</li> </ul> <p>Por medio de procesos participativos, se definirán conjuntamente con los líderes de las comunidades, los temas que se consideren prioritarios en el marco del programa de mejoramiento de la capacidad de gestión de la comunidad.</p>	
<b>INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO</b>	
Talleres dictados / talleres programados	100%
Número de personas asistentes / número de personas invitadas	Maximizar
Número de proyectos planteados, formulados y con potencial de viabilidad en su ejecución por la comunidad	Mínimo 1/año
<b>RESPONSABLE EN EJECUCION</b>	<b>RESPONSABLE DEL CONTROL</b>
Gerente de asuntos corporativos.	Equipo de comunidades y Gobierno.
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
Los talleres de capacitación se programarán según las necesidades de la comunidad y sus líderes.	
<b>COSTOS DE EJECUCIÓN</b>	
<p>Técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos y materiales para presentaciones y talleres.</li> </ul> <p>Humanos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Profesionales especializados en los aspectos y temas específicos de este programa.</li> </ul> <p>Económicos:</p>	



**COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO**

**FICHA OP - 5 PROGRAMA DE APOYO A LA CAPACIDAD DE LA GESTIÓN INSTITUCIONAL**

- Costos de gestión incorporados en el presupuesto anual de la Gerencia de Relaciones Públicas, conforme los avances identificados del programa y sus logros.

<b>COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO</b>			
<b>FICHA OP - 6 PROGRAMA DE CAPACITACIÓN, EDUCACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN EN MEDIO AMBIENTE Y MANEJO DE EMERGENCIAS PARA LA COMUNIDAD ALEDAÑA AL PROYECTO</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
<p>Desarrollar un programa de apoyo a la comunidad y a los organismos gubernamentales locales y regionales para el manejo de emergencias y desastres, tanto de origen natural como industrial, orientado a sensibilizar a las comunidades aledañas a la zona industrial y Complejo Industrial de Mamonal sobre la importancia del medio ambiente, los recursos naturales renovables y no renovables, agua, aire, suelo, temas de reforestación y deforestación y saneamiento ambiental, además de facilitarles la comprensión sobre los riesgos inherentes a las operaciones en curso y generar capacidad para protegerse en caso de incidentes o accidentes.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilizar a la comunidad vecina a la zona industrial y Complejo Industrial de Mamonal sobre los riesgos naturales e industriales y apoyar procesos de capacitación sobre temas importantes dentro del manejo de una emergencia.</li> <li>• Sensibilizar a la comunidad vecina a la zona industrial de Mamonal sobre la importancia de la protección del medio ambiente.</li> <li>• Apoyar el fortalecimiento del sistema local y regional de atención y prevención de desastres para mejorar su capacidad de reacción ante una emergencia tanto natural como industrial.</li> <li>• Apoyar el fortalecimiento de los comités de apoyo empresarial en el sector de Mamonal, con el fin de maximizar el empleo de los recursos técnicos, de comunicaciones y de respuesta a emergencias industriales que se puedan presentar en la zona.</li> <li>• Mantener actualizado el plan de contingencia de la refinería y asegurar la coordinación efectiva con las autoridades locales y regionales, para responder adecuadamente a una emergencia en la refinería.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>X</b>	<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	<b>X</b>
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los impactos ambientales identificados.</li> <li>• Generación de expectativas.</li> </ul>		Preventivas.	

<b>COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO</b>	
<b>FICHA OP - 6 PROGRAMA DE CAPACITACIÓN, EDUCACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN EN MEDIO AMBIENTE Y MANEJO DE EMERGENCIAS PARA LA COMUNIDAD ALEDAÑA AL PROYECTO</b>	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>	<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>
Zona aledaña a la Zona Industrial de Mamonal.	Comunidades y trabajadores de las planta aledañas a la Zona Industrial de Mamonal.
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>	
<p>1. Divulgación y actualización del Plan de Contingencia:</p> <p>En cumplimiento de su Plan de Manejo de Impactos y, con base en las políticas de responsabilidad social de la empresa, REFICAR desarrollará las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensibilizar a la comunidad sobre la existencia de riesgos de desastres naturales e industriales.</li> <li>- Trabajar con las comunidades en la conformación de comités y líderes para manejar procesos de evacuación de forma organizada.</li> <li>- Identificar sitios de evacuación.</li> <li>- Apoyar a través de los diferentes canales establecidos a la fecha en MAMONAL, en la preparación a las comunidades para la coordinación de las acciones de respuesta con los organismos de apoyo, para lo cual se realizarán talleres con representantes de las comunidades vecinas a la zona industrial de MAMONAL, en los cuales se determinarán líderes y comités de apoyo para el manejo de la comunidad en caso de emergencias y se identificarán y acordarán sitios de evacuación de la población en caso de llegar a requerirse.</li> <li>- Realizar talleres periódicos con las instituciones que conforman el CLOPAD y el CREPAD con el fin de dar a conocer los aspectos principales del plan de contingencia de la refinería, en particular el sistema de notificación, coordinar aspectos necesarios para la adecuada reacción ante emergencias y en general generar sinergias en la posible reacción a emergencias, aplicando los conceptos de ayuda mutua empleados en la zona, así como los principios rectores que para los efectos se consignan en el Modelo APPEL de las Naciones Unidas.</li> <li>- Colaborar en el fortalecimiento de los lazos de apoyo entre el CREPAD y el CLOPAD de Cartagena. Durante el desarrollo de este programa, la empresa tendrá oportunidad de conocer con mayor detalle la capacidad de respuesta institucional a las emergencias y podrá eventualmente apoyar el fortalecimiento de dichas instituciones de acuerdo con sus propias necesidades y la dimensión y magnitud del evento más crítico que pueda presentarse en la refinería.</li> </ul>	

**COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO**

**FICHA OP - 6 PROGRAMA DE CAPACITACIÓN, EDUCACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN EN MEDIO AMBIENTE Y MANEJO DE EMERGENCIAS PARA LA COMUNIDAD ALEDAÑA AL PROYECTO**

- Fortalecer los comités de apoyo empresariales al amparo hoy en día de instituciones como la ANDI y la FUNDACION MAMONAL entre otras.

Para realizar un adecuado seguimiento a la efectividad de este programa, la empresa realizará simulacros de emergencia trimestrales, en el cual involucrará a los funcionarios de la empresa y sus contratistas. De igual forma realizará al menos un simulacro al año en el cual se involucre a la comunidad, la alcaldía, el CLOPAD y el CREPAD según competa.

Estos simulacros permitirán evaluar la capacidad de respuesta institucional y comunitaria, la efectividad de los talleres efectuados, los tiempos y capacidad de respuesta de la empresa, la adecuada respuesta de la comunidad y como resultado del simulacro se deberán realizar ajustes al programa de capacitación, de forma que la respuesta a una emergencia sea cada vez más coordinada y represente menores riesgos para la vida, el medio ambiente y los activos tanto de la empresa como de la comunidad.

2. Sensibilización de la comunidad a la protección del medio ambiente:

Se buscará que el programa de sensibilización a la comunidad cercana a la zona industrial de MAMONAL sobre la importancia del medio ambiente, su cuidado y demás temas pertinentes se realice paralelo a la ejecución de un proyecto ambiental de gran impacto, al que se pueda vincular REFICAR junto con otras instituciones, y que pueda vincular ampliamente a la comunidad en su ejecución, con el fin de obtener un doble impacto en la inversión a realizar.

Por otra parte, se analizará y definirá un proyecto ambiental de gran impacto, en el que se pueda vincular a la comunidad y que pueda ser realizado de forma interinstitucional. A partir de la definición del proyecto, se iniciará una serie de talleres de divulgación sobre el proyecto de ampliación y modernización de la refinería, y mediante metodologías participativas se irá definiendo la forma más efectiva de involucrar a la comunidad en la ejecución del programa ambiental previsto.

Este programa preferiblemente se realizará en el área aledaña a la zona industrial de Mamonal, con el fin de facilitar el involucramiento de la comunidad vecina a esta zona, no solo con la capacitación, sino con el impacto ambiental positivo que produzca el mismo en sus alcances.

<b>COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO</b>	
<b>FICHA OP - 6 PROGRAMA DE CAPACITACIÓN, EDUCACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN EN MEDIO AMBIENTE Y MANEJO DE EMERGENCIAS PARA LA COMUNIDAD ALEDAÑA AL PROYECTO</b>	
<b>INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO</b>	
Número de talleres internos realizados	≥ 1 semestral
Número de simulacros realizados al año con la comunidad e instituciones	1 por año
Número de talleres realizados con cada una de las comunidades aledañas	2 por año
Número de convenios de cooperación inter empresarial operando	Mínimo 3
Número de reuniones informativas y de coordinación realizadas con el CLOPAD y el CREPAD	2/año
Número de proyectos de gran impacto ambiental ejecutado conjuntamente con instituciones y comunidades	1
Número de habitantes de las comunidades vecinas al área industrial de MAMONAL involucradas en el proyecto ambiental	10% mínimo
Número de talleres dados a la comunidad concernientes al proyecto ambiental escogido	Mínimo 2
RESPONSABLE EN EJECUCION	RESPONSABLE DEL CONTROL
Vicepresidente de operaciones.	Equipo conformado por el profesional HSE y Comunidades
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
Todas las actividades se desarrollarán a partir del inicio de la fase de operación, salvo la divulgación del plan de contingencia, el primer simulacro y el taller con el CLOPAD y el CREPAD que se deberán realizar antes del inicio de la operación.	
<b>COSTOS DE EJECUCIÓN</b>	
Humanos:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipo de profesionales para el desarrollo del proyecto ambiental, de seguridad industrial y salud ocupacional, además del equipo de comunidades.</li> </ul>	
Económicos:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costo que conforme los resultados del proceso y la calidad y viabilidad de las propuestas, REFICAR decida invertir en el proyecto ambiental.</li> <li>- Personal profesional incorporado en los rubros administrativos y operativos del proyecto.</li> </ul>	



**COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO**

**FICHA OP - 6 PROGRAMA DE CAPACITACIÓN, EDUCACIÓN Y  
CONCIENTIZACIÓN EN MEDIO AMBIENTE Y MANEJO DE  
EMERGENCIAS PARA LA COMUNIDAD ALEDAÑA AL PROYECTO**

Técnicos:

- Material para talleres de conocimiento y de divulgación del proyecto ambiental de gran impacto.

<b>COMPONENTE: AIRE / RUIDO</b>			
<b>FICHA OP - 7 MANEJO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS Y RUIDO AMBIENTAL</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
Minimizar la cantidad de las emisiones atmosféricas generadas por el proceso productivo y mantener el nivel de ruido ambiental a niveles permisibles.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar la incidencia de la operación de la planta sobre la calidad del aire en la zona.</li> <li>• Prevenir la ocurrencia de enfermedades profesionales por exposición a emisiones fugitivas o a ruido excesivo dentro de la planta.</li> <li>• Prevenir incendios relacionados con la fuga de sustancias inflamables.</li> <li>• Dar cumplimiento a la normativa vigente.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>		<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	
		X	
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisión de material particulado por transporte de material sólido.</li> <li>• Emisiones de gases de combustión.</li> <li>• Emisiones de gas de proceso.</li> <li>• Generación de ruido.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preventivas.</li> <li>• Correctivas.</li> </ul>	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidad de coquización.</li> <li>• Plantas de Azufre.</li> <li>• Planta de purificación de H<sub>2</sub> (PSA).</li> <li>• Planta de saturación de gas.</li> <li>• Mezclador de gas combustible.</li> <li>• Unidad de craqueo catalítico (FCC).</li> <li>• Planta de alquilación.</li> </ul>		Zona Industrial de Mamonal.	
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
<p>1. Control de las emisiones de material particulado en la Unidad de <i>Cracking</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se instalará un equipo de ciclones de alta eficiencia a la salida de los gases de combustión de la chimenea del regenerador, lo cual permitirá reducir el contenido</li> </ul>			

**COMPONENTE: AIRE / RUIDO**

**FICHA OP - 7 MANEJO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS Y RUIDO AMBIENTAL**

de partículas finas del catalizador a valores menores que los actuales y acordes con la regulación colombiana y con los estándares del IFC.

2. Control de las emisiones de material particulado en la unidad de coquización:

- La unidad de coquización será confinada, mediante la construcción de un muro perimetral.
- El pit o pad donde se recibirá el coque después del cortado, contará con un sistema de rociado con agua, con el fin de humedecer el producto terminado al momento de transferirlo a la banda transportadora.
- Se contará con un sistema de rociado para controlar la temperatura del coque durante e inmediatamente después del corte, con el fin de prevenir incendios.
- Se utilizarán cintas de tipo tubular para el transporte del coque hasta el almacenamiento final para prevenir al máximo la dispersión de finos. Las torres de transferencia estarán confinadas dentro de una estructura completamente cerrada, que impida que las partículas de coque en suspensión inevitablemente generadas en este punto escapen a la atmósfera exterior. El coque será almacenado en 2 edificios o bodegas – uno para el coque grado ánodo, el otro para el coque grado combustible – que permitirán un confinamiento total de las pilas de coque. Las bodegas serán dotadas de sistemas de rocío y de control y extinción de incendios. El sistema de descarga a las bodegas será ajustable, de tal forma que la distancia entre el punto de descarga y el punto más alto del apilamiento sea de máximo 1 m.

3. Control de emisiones en las plantas de Azufre:

- El sulfuro de Hidrógeno que no haya reaccionado en el proceso, será enviado a un tratamiento de gas de cola (un sistema por cada planta de Azufre), junto con el amoníaco proveniente de las unidades de *despojo* de aguas agrias.
- El tanque de almacenamiento de Azufre líquido contará con un sistema de venteo de gases (principalmente H<sub>2</sub>S y SO<sub>2</sub>).
- En el evento de que se decida solidificar del Azufre recuperado (formación de *pellets*), en el sitio de almacenamiento de producto terminado (patio abierto) designado, se contará con un sistema de rocío para prevenir la emisión de material particulado y la ocurrencia



**COMPONENTE: AIRE / RUIDO**

**FICHA OP - 7 MANEJO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS Y RUIDO AMBIENTAL**

de incendios.

- Las bandas transportadoras del producto terminado serán de tipo encapsulado.

4. Optimización del uso del Hidrógeno:

Las corrientes con altas concentraciones de Hidrógeno (>85%) serán purificadas y recirculadas, contribuyendo en un 30% aproximadamente de las necesidades de la planta:

Las corrientes provenientes de la unidad de reformado catalítico continuo y el excedente emitido por la unidad de hidrocrqueo (venteo), así como las corrientes menores de purga y vapor de las unidades de hidrodesulfurización del destilado medio (USLD1/2), serán tratadas en la unidad de purificación de Hidrógeno (PSA).

5. Aprovechamiento del gas de proceso:

El gas de proceso de las unidades de refinación, con concentración significativa de Hidrógeno y de fracciones livianas, será aprovechado como gas combustible interno en la Refinería así:

- El gas de proceso proveniente de las unidades generadoras y consumidoras de Hidrógeno, con concentración significativa de Hidrógeno (>30%), aunque no suficiente para lograr una adecuada purificación en la unidad PSA – es decir hidrotreatmento de la nafta (NHT), reformación catalítica de la nafta (CCR), hidrodesulfurización del destilado medio (USLD1/2), Butamer, hidrocrqueo (HDC) – y las fracciones pesadas de la unidad de purificación del Hidrógeno (PSA) serán enviados a la planta de saturación de gas. Eso permitirá concentrar el Hidrógeno y recuperar las fracciones aprovechables para la formulación de productos terminados (propano, isobutano, butano, gasolina).
- La corriente de salida de la planta de saturación, anteriormente descrita, será mezclada con el gas de proceso proveniente de las unidades de coquización, craqueo catalítico (gas seco), destilación atmosférica y destilación catalítica de la nafta FCC (CDTech®), obteniéndose un gas combustible con una concentración de Hidrógeno y de propano del orden del 35% respectivamente.

**COMPONENTE: AIRE / RUIDO**

**FICHA OP - 7 MANEJO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS Y RUIDO AMBIENTAL**

6. Aprovechamiento del gas ácido:

- El gas ácido, con contenido de sulfuro de Hidrógeno, proveniente de las unidades de craqueo catalítico (FCC), coquización, hidrosulfurización de la nafta (USLD1/2), hidrocrqueo (HDC), hidrotreatmento de la nafta (CDTech®) y purificación del Hidrógeno (PSA), será purificado por adsorción en una solución de monoetanolamina (MEA) o dietanolamina (DEA) en la planta de aminas asociada a la planta de saturación de gas.
- El gas ácido purificado será enviado a las plantas de Azufre, donde será oxidado catalíticamente conforme el proceso *Clauss*, obteniéndose Azufre líquido (y/o sólido en caso de requerirse), que es uno de los subproductos terminados de la Refinería de Cartagena.
- A las plantas de Azufre también llegará el gas ácido separado en la unidad de *despojo* de las aguas agrias de las distintas unidades.

7. Control de las emisiones de amoníaco:

- Parte del Nitrógeno contenido en el petróleo crudo será removido durante el proceso de refinación y se encontrará en las corrientes de agua ácida (junto con sulfuro de Hidrógeno) bajo la forma de amoníaco disuelto. Las corrientes de agua ácida con mayor contenido de amoníaco serán las provenientes de las unidades de coquización, hidrocrqueo, hidrosulfurización del destilado medio y purificación del Hidrógeno.
- El amoníaco así contenido, será removido de las aguas agrias mediante un proceso de *despojo* y enviado a las plantas de Azufre, donde será incinerado en el tratamiento de gas de cola asociado a cada planta.

8. Optimización del uso del fluoruro de Hidrógeno:

- Este gas, utilizado en el proceso como catalizador de la reacción de alquilación, será regenerado, lo que permitirá reducir sus emisiones a la atmósfera.
- Todos los efluentes líquidos de la planta serán neutralizados antes de ser conducidos y tratados en el sistema de tratamiento de aguas industriales de la refinería.

9. Control de emisiones de la unidad de craqueo catalítico (FCC):

**COMPONENTE: AIRE / RUIDO**

**FICHA OP - 7 MANEJO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS Y RUIDO AMBIENTAL**

La unidad de regeneración del catalizador, donde se llevará a cabo la oxidación térmica controlada del coque formado en el catalizador, será dotada de ciclones para controlar las emisiones de material particulado en este punto, los cuales contarán con un sistema de monitoreo continuo, conforme lo establecido en el marco de la Resolución 909 de 2008.

**10. Control de emisiones de los equipos de combustión externa:**

El combustible utilizado en los hornos y calderas será una mezcla del gas combustible generado en la Refinería, constituido esencialmente por metano, etano, Hidrógeno y propano. Adicionalmente, la demanda de combustible será completada con gas natural a ser proveído por PROMIGAS, que se reconoce así mismo, como un combustible limpio, con bajo nivel de generación de emisiones contaminantes, por ser en su mayoría metano (>90% volumen). Por esta razón, no se requerirán de sistemas de control ambiental especiales a ser instalados para asegurar el cumplimiento de la Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, relativa a los límites permisibles de emisión para fuentes fijas, salvo los relativos al ajuste mecánica y funcional de las unidades respectivas, dentro del programa de mantenimiento preventivo de la planta.

Control del nivel de ruido ambiental:

- En caso de requerirse, los compresores de aire y los silenciadores de las calderas contarán con muros de concreto para minimizar las potenciales emisiones de ruido que pudiesen propagarse fuera de la planta a niveles superiores a los establecidos en las normas vigentes, tanto del nivel nacional, como aquellas recomendadas por el IFC.
- De igual forma, los trabajadores de la planta contarán con todos los elementos de protección personal de tipo auditivo y necesariamente respiratorio, para los fines preventivos del caso.

**11. Programas de gestión:**

- Para los fines de optimizar u maximizar los escenarios de gestión de la calidad ambiental de Planta, se implementará un programa de mantenimiento preventivo de los equipos y procesos que por su naturaleza generen emisiones aplicando los principios de producción mas limpia, con lo cual se asegurará una mayor trazabilidad de estos.
- De igual forma, se establecerán procedimientos de seguimiento y control de las órdenes de trabajo en las unidades anteriormente mencionadas, para asegurar los escenarios de gestión asignados al caso.

<b>COMPONENTE: AIRE / RUIDO</b>	
<b>FICHA OP - 7 MANEJO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS Y RUIDO AMBIENTAL</b>	
<b>INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO</b>	
<u>Incineradores de gas de cola de las plantas de Azufre y regenerador del catalizador de la FCC: concentración máxima de contaminantes en emisiones atmosféricas (25°C, 760 mm Hg, 11% de Oxígeno), conforme la Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; en particular:</u>	
Material particulado:	≤ 0,5 kg/h: 150 mg/m <sup>3</sup> > 0,5 kg/h: 50 mg/m <sup>3</sup>
Dióxido de Azufre:	900 mg/m <sup>3</sup>
Óxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> ):	500 mg/m <sup>3</sup>
Hidrocarburos totales:	50 mg/m <sup>3</sup>
<u>Equipos de combustión externa: máxima concentración de NO<sub>x</sub> en emisiones atmosféricas (25°C, 760 mm Hg, 3% de Oxígeno).</u>	300 mg/m <sup>3</sup>
<u>Nivel máximo de ruido: conforme las disposiciones de la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para zonas industriales:</u>	
Emisión de ruido por la planta:	75 dB
Ruido ambiental en los límites de la planta:	7:01-21:00: 75 dB 21:01-7:00: 70 dB

**COMPONENTE: AIRE / RUIDO**
**FICHA OP - 7 MANEJO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS Y RUIDO AMBIENTAL**

Calidad de aire en la Refinería: límites permisibles conforme las disposiciones de la Resolución 601 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (a 25°C y 760 mm Hg):

Material particulado (promedio 24 horas)	PST: 300 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> : 150 µg/m <sup>3</sup>
Dióxido de Azufre (promedio 24 horas)	250 µg/m <sup>3</sup>
Dióxido de Nitrógeno (promedio 24 horas)	150 µg/m <sup>3</sup>
Ozono (promedio 8 horas)	80 µg/m <sup>3</sup>
Monóxido de carbono (promedio 8 horas)	250 µg/m <sup>3</sup>
Amoníaco (promedio 8 horas)	14,5 µg/m <sup>3</sup>
Sulfuro de Hidrógeno	7 µg/m <sup>3</sup>
Benceno (promedio anual)	5 µg/m <sup>3</sup>
Hidrocarburos totales (como metano) (promedio 4 meses)	1,5 µg/m <sup>3</sup>
Tolueno (promedio semanal)	260 µg/m <sup>3</sup>
Vanadio (promedio 24 horas)	1 µg/m <sup>3</sup>
Metil mercaptano	0,7 µg/m <sup>3</sup>
Etil mercaptano	0,06 µg/m <sup>3</sup>
Actividades de mantenimiento ejecutadas / Actividades programadas	100%
Procedimientos operacionales implementados o revisados / implementaciones y revisiones previstas	100%

**RESPONSABLE EN EJECUCION**

Vicepresidente de Operaciones, Superintendente de Mantenimiento.

**RESPONSABLE DEL CONTROL**

Profesional Ambiental, Profesional HSE.

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

Todos los procedimientos deberán estar listos antes de iniciar la inducción a los trabajadores y en todo caso antes de iniciar la operación.

Los procedimientos operativos y de mantenimiento serán revisados mínimo cada 3 años, salvo que surjan ajustes o cambios en las normas, en cuyo caso se adelantarán los ajustes requeridos y que sean consecuentes con los objetivos y límites de calidad ambiental establecidos para el caso.



**COMPONENTE: AIRE / RUIDO**

**FICHA OP - 7 MANEJO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS Y RUIDO AMBIENTAL**

**COSTOS DE EJECUCIÓN**

*Los costos de este programa hacen parte de la operación normal de REFICAR, mismos que no se desagregan por estar incluidos dentro del esquema contractual del BMOT previstos, a cargo del contratista respectivo.*

<b>COMPONENTE: AGUA</b>			
<b>FICHA OP - 8 MANEJO DE EFLUENTES INDUSTRIALES Y DOMÉSTICOS</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
<p>Minimizar y controlar los vertimientos a la Bahía generados por los diferentes procesos operativos y de apoyo de la Refinería de Cartagena S.A.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir la concentración actual de fenoles en las aguas que se vierten la bahía para ajustarse a la regulación ambiental colombiana que exige máximo 0.2 ppm</li> <li>• Prevenir la descarga de fenoles a los sistemas de tratamiento.</li> <li>• Prevenir la pérdida de producto a través de los efluentes industriales de la planta.</li> <li>• Minimizar la incidencia de la operación de la Refinería sobre la calidad del agua y los ecosistemas propios de la Bahía de Cartagena.</li> <li>• Dar cumplimiento a la normatividad vigente.</li> <li>• Utilizar el agua en forma eficiente, buscando ahorrar la misma y garantizando su calidad.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>		<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	
		X	
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de la carga de fenoles a la Bahía de Cartagena.</li> <li>• Aporte de contaminantes distintos a fenoles a la Bahía de Cartagena.</li> <li>• Aporte de contaminantes de origen doméstico a las aguas de la Bahía.</li> <li>• Disminución del aporte de agua caliente a la Bahía de Cartagena.</li> <li>• Presión sobre el recurso agua.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preventivas.</li> <li>• Correctivas.</li> </ul>	



**COMPONENTE: AGUA**

**FICHA OP - 8 MANEJO DE EFLUENTES INDUSTRIALES Y DOMÉSTICOS**

LUGAR DE APLICACIÓN	POBLACIÓN BENEFICIADA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta de tratamiento de aguas residuales.</li> <li>• Planta de saturación de gas.</li> <li>• Plantas de Azufre.</li> </ul>	<p>Zona Industrial de Mamonal y habitantes del entorno de la Bahía de Cartagena.</p>

**ACTIVIDADES A REALIZAR**

1. Sistema de tratamiento de efluentes industriales y domésticos:

- Todos los efluentes de la Refinería serán tratados en sistema de tratamiento de aguas residuales, que reemplazará la actual planta de tratamiento de aguas residuales, el cual contará con las siguientes secciones y procesos:
  - Tratamiento primario: almacenamiento de aguas aceitosas, remoción de aceites (separadores API/CPI), igualación, neutralización, coagulación, floculación y aireación fluidizada (DAF).
  - Tratamiento biológico con lodos activados (sistema BIOX), con desnitrificación para remoción de nitratos en caso de ser necesario), oxidación-nitrificación para remoción de carbono y amonio y clarificación.
  - Tratamiento terciario con desinfección y filtración de un 20% del efluente final sobre arena y carbón activado (que permitirá garantizar y controlar los contenidos de fenoles en el efluente), que operará como un sistema de soporte final y de seguridad, para garantizar el cumplimiento normativo en cuanto a los valores de descarga de fenoles, el cual se espera que en función de los procesos a instalar, no supere antes de este punto la norma de vertimientos vigente.
  - Tratamiento de lodos de proceso: los lodos de los separadores API, del DAF y del sistema de tratamiento biológico de aguas serán espesados y centrifugados in situ. Posteriormente y una vez cumplan con los requerimientos de humedad necesarios por control de proceso, serán dispuestos y tratados en el área de *land-farming* de la Refinería y/o en caso de requerirse y dependiendo de sus características, transportados y dispuestos fuera de la Refinería, en instalaciones debidamente autorizadas para el manejo y eliminación técnica de residuos.
- En caso de no cumplir con los límites permisibles antes de su descarga, los efluentes de los sistemas de tratamiento señalados serán recirculados al tanque de igualación para los fines de adelantar nuevamente su tratamiento hasta obtener los niveles de calidad

**COMPONENTE: AGUA**

**FICHA OP - 8 MANEJO DE EFLUENTES INDUSTRIALES Y DOMÉSTICOS**

requeridos por las normas vigentes.

- Se contará con un único punto de vertimiento de aguas residuales tratadas, que coincide con el actual.
- Antes de ser tratados en el sistema integrado, las diferentes corrientes de efluentes serán pretratadas según lo presentado en el numeral 2.

2. Sistema de recolección y pretratamiento de efluentes industriales y domésticos:

- Manejo y pretratamiento de aguas agrias:
  - Las aguas agrias provenientes de las distintas unidades serán enviadas a dos unidades de *despojo*, con el fin de remover el sulfuro de Hidrógeno y el amoníaco disueltos. A partir de esta unidad, los gases colectados serán tratados en las plantas de Azufre (producción de Azufre líquido y/o sólido comercial e incineración del amoníaco en los tratamientos de gas de cola).
  - Una de las unidades de *despojo* recibirá las corrientes con mayor concentración de fenol (provenientes de las unidades de hidrosulfurización del destilado medio, hidrocrackeo, crackeo catalítico, hidrotreatmento de la nafta de la FCC, coquización retardada). La otra unidad recibirá las corrientes de menor concentración de fenol: destilación atmosférica y al vacío, hidrotreatmento de la nafta (HDT), Unidad de recuperación de ácido y plantas de Azufre.

La segregación de las aguas fenólicas en la fuente, mediante la implementación de válvulas decantadoras de aguas fenólicas en los tanques de materia prima, la implementación de una red cerrada de drenajes de tanques con altos contenido de fenoles y el tratamiento separado de todas las corrientes más contaminadas por estos compuestos, junto con el reuso de gran cantidad de estas corrientes en el desalador, y el tratamiento terciario a base de carbón activado, permitirá reducir significativamente la eventual descarga de fenoles a la Bahía de Cartagena, con respecto a la carga actualmente registrada, garantizando el cabal cumplimiento de las normas vigentes sobre las materias.

- Parte del efluente de salida de la unidad de *stripping* de aguas fenólicas será reutilizado en los desalinizadores y posteriormente enviado a la sección de remoción de aceites de la planta de tratamiento. A su vez, el efluente de salida de la otra unidad de *stripping* llegará directamente a la sección de igualación de la planta de

**COMPONENTE: AGUA**

**FICHA OP - 8 MANEJO DE EFLUENTES INDUSTRIALES Y DOMÉSTICOS**

tratamiento, junto con la parte del flujo de aguas agrias fenólicas no tratadas en la unidad desalinizadora mencionada.

- Manejo y pretratamiento de las aguas aceitosas:
  - Las corrientes menores de proceso con alto contenido de aceites (como purgas de tanques, agua de lavado, agua de sello hidráulico) serán colectadas en la red de aguas lluvias potencialmente contaminadas hacia estaciones de elevación, de donde serán enviadas a la sección de almacenamiento de aguas aceitosas de la planta de tratamiento.
  - Las corrientes principales de aguas aceitosas de proceso (nuevas unidades y unidades existentes), serán enviadas directamente a la sección de remoción de aceites mediante sistemas de separación por gravedad tipo API-Plate Interceptor (API)/ *Corrugated Plate Interceptors/CPI*, a ser instalados como componentes del sistema de tratamiento de aguas de la refinería.
- Los efluentes orgánicos de proceso distintos a las aguas agrias o aceitosas (provenientes de condensadores y fraccionadores) y las soluciones cáusticas agotadas serán enviados directamente a la sección de igualación de la planta de tratamiento.
- Los efluentes domésticos de la Refinería serán enviados directamente a la sección de tratamiento con lodos activados de la planta de tratamiento.

3. Manejo de aguas lluvias:

- Las aguas lluvias no contaminadas (vías de acceso y zonas verdes), que son aisladas por diseño de los flujos y corrientes internas de la refinería, de las área de proceso, serán recolectadas en cunetas artificiales y evacuadas mediante canales al Arroyo Grande, que desemboca en la Bahía de Cartagena.
- Las aguas lluvias potencialmente contaminadas (provenientes de áreas pavimentadas de las unidades productivas) serán recolectadas en varios sumideros. Desde estos, las aguas colectadas será bombeadas a un tanque de capacidad suficiente para contener el volumen drenado durante los 10 primeros minutos de precipitación (tiempo en el cual se estima, la lluvia lava completamente el terreno de cualquier cantidad de residuos de hidrocarburos allí presentes) y tratada como agua aceitosa en el sistema de tratamiento de aguas residuales previamente descrito. El resto del agua será manejada como agua no



**COMPONENTE: AGUA**

**FICHA OP - 8 MANEJO DE EFLUENTES INDUSTRIALES Y DOMÉSTICOS**

contaminada y liberada a través de los sistemas de desagüe convencionales ya descritos.

- Las aguas lluvias que sean contenidas en los diques de contención de los tanques de almacenamiento de producto y materias primas, serán evaluada caso a caso, para determinar si conforme la calidad que registren, se pueden drenar por bombeo a la red de aguas lluvias no contaminadas, o si producto de las condiciones que registren, las mismas deberán ser bombeadas al tanque de aguas potencialmente contaminadas.

4. Sistema de contención en caso de emergencias:

Se estudiará la factibilidad técnica de utilizar la piscina desnatadora existente (*skim-pond*) para los fines de contener los efluentes potencialmente contaminados o que arrastren contaminantes, cuando se desarrollen las labores de mantenimiento del sistema y en particular de las diferentes plantas y unidades de tratamiento de aguas que lo componen o para atender y controlar los flujos que se generen, producto de la ocurrencia de emergencias por derrames o inundaciones.

5. Manejo del agua que haya sido utilizada para la extinción de incendios:

- El agua de incendio utilizada será enviada al sumidero de aguas lluvias potencialmente contaminadas más cercano, para los fines de manejo conforme el procedimiento anteriormente descrito.

6. Manejo de las aguas de enfriamiento no contaminadas:

- Se abandonará el sistema actualmente utilizado para los condensadores de los turbo generadores, que consistía en bombear agua de la Bahía de Cartagena y devolverla a la misma después de haberla utilizado.
- La nueva red optimizará el uso del agua industrial y contará con torres de enfriamiento que permitirán su reutilización, garantizado con esto un mejor desempeño y el reuso de estas aguas en el proceso, disminuyendo a la vez la descarga de aguas con temperaturas por encima de los niveles deseables para el caso.

7. Manejo de los condensados no contaminados: los condensados no contaminados serán aprovechados por un sistema de colección de condensado limpio y de no ser posible técnicamente esta opción dadas las condiciones operativas relativas a cada momento, serán empleados en la red de agua de enfriamiento.



**COMPONENTE: AGUA**

**FICHA OP - 8 MANEJO DE EFLUENTES INDUSTRIALES Y DOMÉSTICOS**

8. Aprovechamiento de otros efluentes:

- El agua utilizada en el área de corte, transporte y almacenamiento del coque, al igual que el agua de lluvia contaminada por partículas finas de coque, será colectada en un *laberinto* o sedimentador, para los fines de decantar estas partículas, con lo cual se permite su posterior reutilización en el proceso de humectación y recuperación del coque sedimentado, mediante recirculación y reutilización del agua empleada para el caso.
- Las aguas con pH ácido provenientes del proceso de solidificación del Azufre (que se generarán solo si se solidifica el mismo conforme lo requieran los compradores y consumidores del producto), serán neutralizadas con soda cáustica y reutilizadas para los fines de humedecer los apilamientos de Azufre sólido que surjan del proceso.
- Porciones de las aguas agrias fenólicas pretratadas por stripping serán utilizadas en la unidad de coquización y eventualmente en las unidades de hidrocrqueo e hidrosulfurización del destilado medio (USLD1/2), las cuales podrán utilizar también aguas agrias fenólicas pretratadas en el desarrollo de sus procesos correspondientes, sin que el mismo se vea alterado en su calidad e integridad técnica, aportando una solución complementaria a la necesidad de disminuir significativamente las descargas de trazas de fenoles de la refinería.
- Porciones de las aguas agrias no fenólicas pretratadas por *stripping* serán utilizadas en la unidad de recuperación de amina y eventualmente en las unidades de hidrocrqueo e hidrosulfurización del destilado medio (USLD1/2), que como se comentó previamente, podrán utilizar también aguas fenólicas.

9. Programas de gestión:

- Se implementará un programa de mantenimiento preventivo de los equipos de tratamiento de efluentes, conforme lo señalado previamente, mismo que garantizará la idoneidad y trazabilidad de los procesos descritos y su calidad asociada.
- Se establecerán procedimientos de trabajo en las unidades de tratamiento de efluentes anteriormente para los fines de control operativo pertinentes.

<b>COMPONENTE: AGUA</b>	
<b>FICHA OP - 8 MANEJO DE EFLUENTES INDUSTRIALES Y DOMÉSTICOS</b>	
<b>INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO</b>	
Características del vertimiento final a la Bahía de Cartagena:	
pH (Resolución 167 del 10 de agosto de 1993 de Cardique)	7-8
Temperatura (Ibídem)	$\leq 35^{\circ}\text{C}$
Fenoles (Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud, Art. 74)	$\leq 0,2 \text{ mg/l}$
Cianuro (como $\text{CN}^-$ ) (Ibídem, Art. 74)	$\leq 1 \text{ mg/l}$
Níquel (Ibídem, Art. 74)	$\leq 1 \text{ mg/l}$
Material flotante (Ibídem, Art. 72)	Ausente
Eficiencia mínima de la planta de tratamiento de aguas residuales (Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud, Art. 72):	
DBO <sub>5</sub>	$\geq 80\%$
Sólidos suspendidos	$\geq 80\%$
Aceites y grasas	$\geq 80\%$
Límites permisibles en calidad del agua en la Bahía de Cartagena (Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud, Art. 45, preservación de flora y fauna en aguas marinas y estuarinas):	
Oxígeno disuelto	$\geq 4 \text{ mg/l}$
pH	6,5-8,5
Sulfuro de Hidrógeno ionizado	$0,2 \mu\text{g/l}$
Clorofenoles	$0,5 \text{ mg/l}$
Fenoles monohídricos	$CL_{50}^{96}$
Amoníaco (como $\text{NH}_3$ )	$0,1 \times CL_{50}^{96}$
Cianuro libre (como $\text{CN}^-$ )	$0,05 \times CL_{50}^{96}$
Grasas y aceites	$0,01 \times CL_{50}^{96}$
Níquel	$0,01 \times CL_{50}^{96}$
Actualización del plan de ahorro y uso eficiente del agua	Cada 3 años
Actividades de mantenimiento ejecutadas / Actividades programadas	100%

<b>COMPONENTE: AGUA</b>	
<b>FICHA OP - 8 MANEJO DE EFLUENTES INDUSTRIALES Y DOMÉSTICOS</b>	
Procedimientos operacionales implementados o revisados / implementaciones y revisiones previstas	100%
<b>RESPONSABLE EN EJECUCION</b>	<b>RESPONSABLE DEL CONTROL</b>
Vicepresidente de Operaciones. Superintendente de producción,	Profesional Ambiental, Profesional HSE.
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
<p>Todos los procedimientos deberán estar listos antes de iniciar la inducción a los trabajadores y en todo caso antes de iniciar la operación de la Refinería.</p> <p>Los procedimientos operativos y de mantenimiento serán revisados mínimo cada 3 años para su actualización y ajuste según corresponda.</p>	
<b>COSTOS DE EJECUCIÓN</b>	
<p><i>Los costos de este programa hacen parte de la operación de la Refinería incorporados en el esquema operativo a cargo del contratista del BOMT para el proyecto.</i></p>	

<b>COMPONENTE: RESIDUOS</b>			
<b>FICHA OP - 9 MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
Disponer los residuos sólidos no peligrosos en forma ambientalmente sana.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevenir accidentes relacionados con el manejo de los residuos peligrosos de la planta.</li> <li>• Minimizar la incidencia de la operación de la Refinería sobre la calidad del medio ambiente.</li> <li>• Dar cumplimiento a la normativa vigente.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>		<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	
		X	
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
Generación de residuos peligrosos.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preventivas.</li> <li>• Correctivas.</li> </ul>	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidades que utilizan catalizadores.</li> <li>• Tanques de almacenamiento de hidrocarburos.</li> <li>• Zonas de mantenimiento de equipos.</li> </ul>		Zona Industrial de Mamonal.	
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
<p>1. Plan de gestión de residuos peligrosos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– La Refinería de Cartagena contará con un Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos, conforme las disposiciones del Decreto 4741 de 2005.</li> <li>– Los principales residuos peligrosos que generará la Refinería serán:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lodos aceitosos como borras de los tanques de almacenamiento, lodos de parada de planta, camadas impregnadas de hidrocarburos (material de lechos filtrante de las unidades de tratamiento de productos terminados), lodos por derrames.</li> <li>• Aceites y grasas usados.</li> </ul> </li> </ul>			



**COMPONENTE: RESIDUOS**

**FICHA OP - 9 MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS**

- Materiales impregnados de hidrocarburos, como guantes, estopa, recipientes, aislamiento, chatarra.

2. Manejo de las borras de los tanques de almacenamiento:

Estos residuos serán dispuestos en la zona de *land-farming* de la Refinería de Cartagena (ver manejo ambiental en la FICHA OP - 11).

3. Manejo de los aceites y grasas usados:

Estos residuos serán enviados a un proveedor especializado y autorizado para su aprovechamiento como combustible de uso industrial, para regeneración de bases lubricantes o para la fabricación de plastificantes, fluidos para temple, inmunización de madera. En el caso de los hidrocarburos líquidos claramente recuperables, se podrán reprocesar en una de las unidades de proceso, a través del sistema de *Slop* de la Refinería.

4. Manejo de materiales contaminados por hidrocarburos:

Estos residuos serán entregados a proveedores autorizados para su aprovechamiento, tratamiento o disposición final, de acuerdo con las disposiciones del Decreto 4741 de 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

5. Programas de gestión:

Se establecerán procedimientos de trabajo en las unidades de generación, tratamiento y acopio de residuos peligrosos.

<b>COMPONENTE: RESIDUOS</b>	
<b>FICHA OP - 9 MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS</b>	
<b>INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO</b>	
Cantidad de residuos peligrosos aprovechados (por tipo)/	100%
Cantidad de residuos peligrosos dispuestos vía <i>land-farming</i> / cantidad de residuos total generada (por tipo)	100%
Cantidad de residuos peligrosos entregados a proveedores de servicio / cantidad total generada (por tipo)	100%
Cantidad de residuos peligrosos valorizados / cantidad total generada	100%
Campañas de sensibilidades y capacitaciones realizadas / actividades previstas	100%
Indicadores de gestión y desempeño descritos en la FICHA OP - 11 ( <i>land-farming</i> ).	100%
RESPONSABLE EN EJECUCION	RESPONSABLE DEL CONTROL
Superintendente de producción, Vicepresidente técnico	Profesional ambiental, profesional HSE
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
Todos los procedimientos deberán estar listos antes de iniciar la inducción a los trabajadores y en todo caso antes de iniciar la operación. El Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos estará listo antes de iniciar la operación.	
<b>COSTOS DE EJECUCIÓN</b>	
<i>Los costos de esta ficha hacen parte de la operación de la Refinería, conforme el programa de contrato integral BOMT asignado para el caso.</i>	

<b>COMPONENTE: RESIDUOS</b>			
<b>FICHA OP - 10 MANEJO DE RESIDUOS NO PELIGROSOS</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
Disponer los residuos sólidos no peligrosos en forma ambientalmente sana.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar la incidencia de la operación de la planta sobre la generación de residuos en la zona.</li> <li>• Fomentar el reciclaje de materiales.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>		<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	
		X	
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
Generación de residuos no peligrosos.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preventivas.</li> <li>• Correctivas.</li> </ul>	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidades que utilizan catalizadores, con la excepción de la planta de alquilación.</li> <li>• Oficinas.</li> <li>• Casino.</li> <li>• Bodega de materias primas e insumos.</li> <li>• Planta de tratamiento de aguas residuales.</li> </ul>		Zona Industrial de Mamonal.	
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
1. Plan de gestión de residuos: <ul style="list-style-type: none"> <li>– La Refinería de Cartagena contará con un Plan de Gestión Integral de Residuos.</li> <li>– Los principales residuos no peligrosos que generará las plantas serán:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Catalizadores gastados extraídos de las unidades de regeneración interna (libres de hidrocarburos), distintos al de la unidad de alquilación, de acuerdo con la clasificación del Convenio de Basilea, aprobado por Colombia mediante la Ley 253 de 1996 (B1120 – catalizadores agotados con metales de transición –, B1130 – catalizadores agotados limpios que contengan metales preciosos – y B2060 – carbón activado libre de sustancias peligrosas).</li> </ul> </li> </ul>			

## COMPONENTE: RESIDUOS

### FICHA OP - 10 MANEJO DE RESIDUOS NO PELIGROSOS

- Material reciclable no contaminado por sustancias peligrosas.
- Residuos de comida del casino.
- Lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales: lodos de los separadores API, de la unidad de aireación (DAF) y del tratamiento biológico.

#### 2. Manejo de catalizadores sólidos gastados:

- Las unidades de hidrodesulfurización del destilado medio (USLD1/2), hidrodesulfurización de la nafta (NHT), reformado catalítico continuo (CCR), BenzOut, Kero Merichem, hidro craqueo (HDC), craqueo catalítico (FCC), destilación catalítica de la nafta FCC (CDTech®), isomerización C<sub>4</sub> (Butamer), plantas de Azufre y planta de saturación de gas contarán con sistemas de regeneración de los catalizadores, que permitirán un bajo consumo de las sustancias.
- El catalizador gastado de la unidad de craqueo catalítico que será removido diariamente de la unidad de regeneración de la unidad, será almacenado en una tolva de catalizador gastado ubicada en la unidad de craqueo catalítico. Periódicamente, desde esta tolva se hacen entregas del catalizador gastado a firmas cementeras que lo utilizan como parte de su proceso de fabricación de cemento.
- El catalizador gastado utilizado en las plantas de Azufre será tratado en el área de *land-farming*, conforme las recomendaciones de ARPEL (Asistencia Recíproca Petrolera Empresarial Latinoamericana). (Ver manejo en FICHA OP - 11).
- El catalizador de la planta de generación de Hidrógeno será dispuesto en *land-farming*.

#### 3. Manejo de materiales reciclables no contaminados por sustancias peligrosas:

- Los materiales reciclables no contaminados por sustancias químicas peligrosas (papel, cartón, vidrio, plástico, metal) serán segregados en la fuente y entregados a proveedores autorizados. Al respecto, se realizarán campañas internas de sensibilización al personal.
- Se preferirán las técnicas de aprovechamiento de residuos sobre las técnicas de destrucción o disposición, con la condición que las instalaciones se encuentren debidamente autorizadas y cumplan con los criterios corporativos de la Refinería en materia de HSE.

**COMPONENTE: RESIDUOS**

**FICHA OP - 10 MANEJO DE RESIDUOS NO PELIGROSOS**

4. Manejo de los residuos de comida del casino:

- Los residuos de comida generados por el casino serán entregados en la medida de lo posible a un proveedor autorizado para su valorización como alimentos de uso pecuario.
- Se realizarán campañas de sensibilización al personal a fines de disminuir la cantidad de residuos de restaurante generados.

5. Manejo de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales:

Los lodos espesados y centrifugados provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales serán dispuestos o tratados en el área de *land-farming*, o incinerados en instalaciones debidamente autorizadas, fuera de la Refinería.

6. Programas de gestión:

- Se establecerán procedimientos de trabajo en las unidades de generación, tratamiento y acopio de residuos no peligrosos.
- Se privilegiarán las técnicas de aprovechamiento y tratamiento interno, como el *land-farming*, sobre la contratación de servicios externos.
- En la medida de lo posible, se seleccionarán catalizadores fáciles de regenerar y/o que permitan un tratamiento o disposición de menor impacto.

**INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO**

Cantidades de residuos tratados en el área de <i>land-farming</i> / cantidad total generada (por tipo)	100%
Cantidad de catalizadores regenerados por proveedores externos / cantidad total generada	100%
Cantidades de materiales reciclables y no reciclables entregados a proveedor de servicio (residuos ordinarios) / cantidad total generada	100%
Cantidad de lavaza / número de almuerzos servidos	100%
Campañas de sensibilidades y capacitaciones realizadas / actividades previstas	100%
Indicadores de gestión y desempeño descritos en la FICHA OP - 11 ( <i>land-farming</i> ).	100%



<b>COMPONENTE: RESIDUOS</b>	
<b>FICHA OP - 10 MANEJO DE RESIDUOS NO PELIGROSOS</b>	
<b>RESPONSABLE EN EJECUCION</b>	<b>RESPONSABLE DEL CONTROL</b>
Vicepresidente técnico, Superintendente de producción, Superintendente técnico.	Profesional ambiental y HSE
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
<p>Todos los procedimientos deberán estar listos antes de iniciar la inducción a los trabajadores y en todo caso antes de iniciar la operación.</p> <p>Se establecerán los proveedores de servicio de reciclaje de materiales dentro del primer año de operación.</p> <p>Se realizarán campañas de sensibilización a la segregación de materiales dentro del segundo año de operación.</p>	
<b>COSTOS DE EJECUCIÓN</b>	
<i>El costo de este programa está incluido en la operación de la Refinería, a cargo del Contratista del BOMT respectivo</i>	

<b>COMPONENTE: SUELO / AGUA</b>			
<b>FICHA OP - 11 PROTECCIÓN DEL SUELO Y DE LAS AGUAS FREÁTICAS</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
Prevenir la contaminación del suelo y de las aguas freáticas.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimizar el proceso de tratamiento de lodos aceitosos mediante <i>land-farming</i>.</li> <li>• Monitorear la calidad de las aguas freáticas.</li> <li>• Mitigar in situ o a través del el patio de <i>land-farming</i> la eventual contaminación de sitios aislados de la refinería, producto de potenciales pasivos ambientales que se identifiquen durante la construcción y operación correspondientes.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>		<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	
		X	
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación del suelo.</li> <li>• Adecuado manejo de la franja de protección del Arroyo Grande.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preventivas.</li> <li>• De mitigación.</li> </ul>	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de <i>land-farming</i>.</li> <li>• Área de la unidad de craqueo catalítico.</li> <li>• Franja de protección del Arroyo Grande.</li> <li>• Área de la Refinería en general.</li> </ul>		Zona Industrial de Mamonal.	
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
<p>1. Disposiciones generales para la protección del suelo y de las aguas freáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Los tanques de almacenamiento de sustancias líquidas, que sean materias primas, productos intermedios o productos terminados, contarán con dique de contención.</li> <li>– Las áreas de cargue y descargue de sustancias líquidas también contarán con dique de contención.</li> </ul>			



**COMPONENTE: SUELO / AGUA**

**FICHA OP - 11 PROTECCIÓN DEL SUELO Y DE LAS AGUAS FREÁTICAS**

- Las distintas corrientes de efluentes serán dirigidas al sistema de tratamiento de aguas residuales.
  - De acuerdo con la nueva configuración de la Refinería, se racionalizará la red de piezómetros existentes, para permitir un mayor control del desempeño ambiental de la planta.
2. Manejo de la franja de protección del Arroyo Grande:
- Se mantendrá un área de 20 m de ancho de lado y lado del arroyo libre de edificaciones.
  - La franja de protección será arborizada.
  - No se permitirá el almacenamiento de sustancias o residuos en la franja de protección.
  - La franja de protección del Arroyo Grande formará parte del programa de inspecciones ambientales de la Refinería.
3. Manejo ambiental del área de tratamiento de residuos oleosos y otros similares por *land-farming*:
- El área de *land-farming* actualmente en uso, se seguirá utilizando para tratar lodos aceitosos (borras de tanque), los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales y algunos de los catalizadores utilizados en las unidades de refinación (como el utilizado en las plantas de Azufre)
  - El área de tratamiento constará con las siguientes instalaciones:
    - Recibo y almacenamiento de lodos en 2 piscinas.
    - Vertimientos de aguas aceitosas en 2 piscinas.
    - Tratamiento de lodos en 3 sectores de 5 ha.
    - Almacenamiento de insumos para el proceso (fertilizante NPK 15-15-15, hidróxido de calcio, cepa biológica, etc.).
    - Preparación de caldo bacteriano en 5 piscinas.



**COMPONENTE: SUELO / AGUA**

**FICHA OP - 11 PROTECCIÓN DEL SUELO Y DE LAS AGUAS FREÁTICAS**

- Zona de maquinaria y equipos (centrifugadoras, adecuación del terreno).
  - El suelo del área de landfarming cuenta actualmente con las siguientes barreras de protección:
    - Las piscinas se sustentan en terreno compuesto por material arcilloso y fueron estabilizadas mediante la colocación de un geotextil no tejido.
    - Las piscinas son impermeabilizadas con geomembranas de 30 mm, sobre una capa de 15 cm de arena fina y recubiertas con capas de arena gruesa y zahorra libre de gravas.
    - Los lixiviados son filtrados, colectados en una caja recolectora y enviados a la planta de tratamiento de aguas residuales.
  - El área contará con 4 piezómetros para verificar que la operación de este sistema de tratamiento no afecte la calidad de las aguas subterráneas.
4. Programa de remediación del área contaminada ubicada en inmediaciones de la unidad de craqueo catalítico:
- En el transcurso del primer año de operación de la Refinería ampliada, se presentará a las autoridades ambientales competentes el plan de remediación del suelo y aguas freáticas contaminados por producto libre, para la zona identificada en inmediaciones de la unidad de craqueo catalítico.
  - Mientras tanto, se seguirá monitoreando la evolución del comportamiento de la acumulación de producto libre en esta área.

**INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO**

<u>Red de piezómetros:</u>	No superiores a las observadas en la línea base
Concentración de hidrocarburos, fenoles y metales pesados en el suelo	
Concentración de hidrocarburos, fenoles y metales pesados en las aguas freáticas	
<u>Franja de protección del Arroyo Grande:</u>	
Inspecciones realizadas / inspecciones programadas	100%

<b>COMPONENTE: SUELO / AGUA</b>	
<b>FICHA OP - 11 PROTECCIÓN DEL SUELO Y DE LAS AGUAS FREÁTICAS</b>	
<i>Área de land-farming:</i>	
Concentración máxima de hidrocarburos en los puntos de control	3% en peso
Concentración de hidrocarburos, fenoles y metales pesados en el subsuelo	No superiores a las observadas en la línea base
Concentración de hidrocarburos, fenoles y metales pesados en las aguas freáticas	
<i>Área de la unidad de craqueo catalítico:</i>	
Volumen de producto libre en el suelo	No superior al actual, considerando las variaciones observadas
Volumen de producto libre en las aguas freáticas	
Actividades de remediación realizadas / actividades programadas	100%
RESPONSABLE EN EJECUCION	RESPONSABLE DEL CONTROL
Vicepresidente técnico, Superintendente de producción.	Profesional ambiental y Profesional HSE.
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
Las actividades de este plan serán efectuadas conforme se vienen adelantando a la fecha producto de la actual esquema de operación de la refinería y serán optimizadas y ajustadas en sus procesos una vez la Refinería ampliada entre en funcionamiento y a partir de esto, durante todo el tiempo que este Operando	
<b>COSTOS DE EJECUCIÓN</b>	
<i>Los costos de este programa hacen parte de la operación normal de la planta a cargo del Contratista del OBMT que desarrolla su labor por costos globales frente a resultados de desempeño previstos.</i>	

<b>COMPONENTE: AGUA / AIRE / SUELO</b>			
<b>FICHA OP - 12 ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
Prevenir posibles daños ambientales relacionados con un almacenamiento inadecuado de los productos terminados y demás sustancias peligrosas utilizadas en la planta.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevenir reacciones violentas por incompatibilidades de los productos químicos, con efectos en la salud y la seguridad de los trabajadores.</li> <li>• Prevenir incendios.</li> <li>• Prevenir derrames.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>		<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	
		X	
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento del aporte de contaminantes distintos a fenoles a la Bahía de Cartagena.</li> <li>• Emisiones de gases de proceso.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preventivas.</li> <li>• Correctivas.</li> </ul>	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenamiento de crudo.</li> <li>• Almacenamiento de productos terminados.</li> <li>• Bodega de materias primas e insumos.</li> </ul>		Zona Industrial de Mamonal.	
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
1. Almacenamiento de hidrocarburos (petróleo crudo e hidrocarburos líquidos y sólidos): <ul style="list-style-type: none"> <li>- El almacenamiento de hidrocarburos cumplirá lo establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en las guías ambientales relacionadas.</li> <li>- Todos los tanques de almacenamiento de productos líquidos contarán con diques de contención, con una capacidad del 125% de la capacidad de los tanques de almacenamiento que contengan.</li> <li>- El contenido de los diques de contención será dirigido a los separadores API/CPI para recuperar los remanentes de hidrocarburos en ellos contenidos, previniendo el drenaje y posterior derrame no controlado de producto y o materias primas hacia el sistema de tratamiento de efluentes.</li> </ul>			

**COMPONENTE: AGUA / AIRE / SUELO**

**FICHA OP - 12 ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS**

- La zona de almacenamiento de hidrocarburos contará con un sistema automático de detección y extinción de incendios. También contará con equipos manuales para el control de incendios para los fines de manejo in situ de los mismos, en el evento de fallas no previsible del sistema automático respectivo o ante la necesidad de reforzar el ataque de un incendio extremo en el área respectiva.

2. Almacenamiento de materias primas distintas al petróleo crudo e insumos:

- Se contará con una bodega de almacenamiento de sustancias químicas, la cual contará con un sistema de detección y extinción de incendio.
- Se contará con tanques de almacenamiento exterior para sustancias utilizadas en cantidades importantes, como NaOH y Ácidos.
- El gas natural será suministrado de la red pública sin almacenamiento en la planta. El área de suministro contará con un sistema de detección y extinción de incendio.
- La bodega contará con diques de contención. El agua utilizada para la extinción de incendios en la bodega será manejada como efluente industrial.
- La bodega será organizada de tal forma que se reduzca el riesgo de ocurrencia de incompatibilidades químicas.
- En caso de presentarse un derrame en la bodega de productos químicos de más de 50 kg o litros, se activará el plan de contingencia.

3. Programas de gestión:

Se establecerán procedimientos de trabajo en las áreas de almacenamiento.

**INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO**

Número de derrames.	0
Número de fugas a la atmósfera.	0
Número de episodios de incendio.	0
Capacitaciones realizadas / actividades previstas	100%



<b>COMPONENTE: AGUA / AIRE / SUELO</b>	
<b>FICHA OP - 12 ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS</b>	
<b>RESPONSABLE EN EJECUCION</b>	<b>RESPONSABLE DEL CONTROL</b>
Superintendente de producción.	Profesional ambiental, profesional HSE.
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
<p>Los procedimientos relativos al almacenamiento del producto terminado y de los productos químicos deberán estar listos antes de iniciar operaciones.</p> <p>Los sistemas de detección y extinción de incendios, al igual que los equipos de respuesta a incendios deberán estar listos antes de iniciar las actividades de prueba de equipos y aceptación de la integridad de los equipos instalados, identificada como de <i>commissioning</i>.</p>	
<b>COSTOS DE EJECUCIÓN</b>	
Los costos de este programa hacen parte de los costos de Operación normal de la Refinería, a Cargo del Contratista BOMT del proyecto	

<b>COMPONENTE: AGUA / AIRE / SUELO</b>			
<b>FICHA OP - 13 ACTIVACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA</b>			
<b>OBJETIVO</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
Establecer criterios que permitan detectar de forma temprana anomalías de la operación de la planta.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer cuándo la operación deja de ser normal, definiendo el alcance de las demás fichas del Plan de Manejo.</li> <li>• Favorecer una respuesta más rápida a posibles contingencias.</li> </ul>	
<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>			
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>		<b>FASE DE OPERACIÓN</b>	
		X	
<b>IMPACTOS A LOS QUE RESPONDE</b>		<b>TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento del aporte de contaminantes distintos a fenoles a la Bahía de Cartagena.</li> <li>• Emisiones de gases de proceso.</li> </ul>		Correctivas.	
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>	
Refinería de Cartagena.		Zona Industrial de Mamonal.	
<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>			
<p>Se activará el plan de contingencia en caso de que se presenten en la Refinería alguna de las situaciones siguientes (entre otras):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Derrames de petróleo crudo en cantidades mayores a 50 l. (13.3 gls.) en cualquier punto de la refinería; y de cualquier cantidad en el Arroyo Grande.</li> <li>– Derrames de productos terminados sólidos o líquidos en cantidad mayores a 50 kg o l (13.2 gls.); y de cualquier cantidad de ellos en el Arroyo Grande.</li> <li>– Fugas de hidrocarburos gaseosos.</li> <li>– Derrame de productos químicos de más de 50 kg. en la bodega o los tanques de almacenamiento</li> <li>– Incidentes relacionados con el manejo de residuos peligrosos.</li> <li>– Fuga de gas ácido, de amoníaco o de fluoruro de hidrogeno.</li> </ul>			



<b>COMPONENTE: AGUA / AIRE / SUELO</b>	
<b>FICHA OP - 13 ACTIVACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA</b>	
<b>INDICADORES DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO</b>	
El seguimiento de estos indicadores hace parte de la evaluación del Plan de Contingencia.	
<b>RESPONSABLE EN EJECUCION</b>	<b>RESPONSABLE DEL CONTROL</b>
Superintendente de producción.	Profesional ambiental, profesional HSE.
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
No aplica.	
<b>COSTOS DE EJECUCIÓN</b>	
Estos costos forman parte del componentes pertinente a la formulación del Plan de Contingencia, que de desarrolla como parte del paquete de implementación del mismo, a cargo del contratista BOMT de la refinería.	



## ***CAPITULO 8: PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL PROYECTO***

***Agosto de 2008***

## **8. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL PROYECTO**

Como complemento a las acciones de prevención, control y mitigación expuestas en los Programas del Plan de Manejo Ambiental y haciendo parte fundamental de los mecanismos de seguimiento y evaluación del Sistema de Gestión Ambiental, Seguridad e Higiene, la Refinería de Cartagena S.A., REFICAR, estructuró el Plan de Monitoreo y Seguimiento para el proyecto de ampliación y operación de la refinería, en donde se especifican las metodologías y procedimientos para el seguimiento y monitoreo de los aspectos ambientales, el cual incluye los indicadores ambientales que permiten evaluar la acción de cumplimiento de los compromisos y obligaciones ambientales durante la implementación del plan de manejo ambiental y verificar la observancia de los estándares de calidad ambiental, seguridad e higiene establecidos en las normas vigentes.

Las siguientes son las fichas que fueron desarrolladas:

- FICHA MS - 1 CONTROL operativo interno de la Refinería
- FICHA MS - 2 Calidad de las aguas residuales
- FICHA MS - 3 Calidad de las aguas y sedimentos de los cuerpos receptores
- FICHA MS - 4 Calidad de las emisiones atmosféricas
- FICHA MS - 5 Calidad del aire y ruido ambiental
- FICHA MS - 6 Calidad del suelo y de las aguas freáticas
- FICHA MS - 7 caracterización y distribución de las comunidades hidrobiológicas de la Bahía de Cartagena
- FICHA MS - 8 Manejo de impactos sociales del proyecto
- FICHA MS - 9 Efectividad de los programas del plan de gestión social
- FICHA MS - 10 Programa de atención de inquietudes, solicitudes o reclamos y manejo de conflictos sociales con la comunidad
- FICHA MS - 11 Programa de Participación e información oportuna de las comunidades



## 8.1 Monitoreo y control operativo

### FICHA MS - 1 CONTROL OPERATIVO INTERNO DE LA REFINERÍA

#### **Objetivo:**

Registrar datos relativos a controles operativos internos, que permitan prevenir afectaciones al medio ambiente y los recursos naturales.

#### **Objetivos específicos:**

- Prevenir afectaciones al medio ambiente, en un grado superior al previsto para la operación normal.
- Identificar los frentes de obra u operación, causantes de deterioro ambiental, para que en ellos se tomen las medidas correctivas necesarias.
- Llevar un control indirecto de la concientización ambiental de los trabajadores de la planta.

#### **Impactos ambientales considerados:**

- Todos los impactos ambientales.

#### **Fichas del Plan de manejo Ambiental relacionada:**

Todas las fichas de manejo ambiental.

#### **Responsables:**

- Ejecutor: Supervisores de área.
- Control y seguimiento: Coordinador ESH REFICAR.

#### **Actividades a realizar, sitio de aplicación y frecuencia:**

- Durante las fases de ampliación y operación de la refinería, los supervisores de área de las diferentes actividades desarrollarán un monitoreo operativo, referido a métodos no analíticos de vigilancia y control de los problemas ambientales, de seguridad e higiene, que se presenten durante sus acciones diarias.
- Deberán desarrollar formularios de inspección de instalaciones, maquinaria y



## **FICHA MS - 1 CONTROL OPERATIVO INTERNO DE LA REFINERÍA**

equipo, para verificaciones rápidas de rutina, a ser diligenciadas por el personal responsable de los frentes de trabajo durante sus tareas regulares.

- Llevarán un registro pormenorizado de toda la información que pueda asistir en la observación de problemas ambientales, de seguridad e higiene, registrando además:
  - Resultados y programas de monitoreo analítico de los diferentes parámetros ambientales.
  - Informes de auditoría e inspecciones ambientales, de seguridad e higiene.
  - Reporte de accidentes o cuasi accidentes.
  - Registro de los manejos de residuos sólidos y líquidos.
  - Registro fotográfico de las situaciones de impacto tanto positivas como negativas.
- Verificarán que el personal de empleados, trabajadores, contratistas y proveedores conozcan y estén familiarizados con los Planes de Manejo Ambiental e Integral de Contingencias, que les permita tener conciencia de la importancia de realizar su trabajo en un ambiente sano, seguro y limpio.
- Realizarán periódicamente una evaluación de riesgo de todas las actividades de ampliación y operación de la Refinería, para identificar todas las posibles fuentes de emisiones atmosféricas, vertidos o derrames de líquidos tanto en tierra como al cauce del Arroyo Grande, principalmente combustibles, aceites y sustancias peligrosas, u otros peligros o riesgos.
- Promoverán prácticas preventivas de mantenimiento que reduzcan la ocurrencia de pérdidas de producto y materias primas.
- Monitorearán el funcionamiento de las plantas de proceso, de los motores de los vehículos, maquinaria y equipo para controlar las emisiones de gases y ruido.
- Monitorearán la condición, la permeabilidad y el volumen de los dispositivos de contención de derrames, tales como diques y fosas.
- Controlarán la escorrentía de las aguas lluvias en las instalaciones. Localizarán las salidas de todos los sistemas de drenaje y si fuera requerido, controlarán los



## **FICHA MS - 1 CONTROL OPERATIVO INTERNO DE LA REFINERÍA**

efluentes.

- Monitorearán y registrarán la condición de estanqueidad de todos los tanques de almacenamiento de crudo, combustibles y demás sistemas de almacenamiento de los productos de REFICAR, llevando anotaciones de las novedades y de las pruebas de integridad de los sistemas.
- Los inspectores EHS pasarán continuas rondas por las instalaciones, zonas de ampliación y operación de REFICAR, para verificar sus condiciones de seguridad y prevención de la contaminación.

### **Costos del programa:**

Costos no discriminados, incluidos a los costos de operación.

## **8.2 Monitoreo de componentes abióticos**

### **FICHA MS - 2 CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES**

#### **Objetivo:**

Monitorear la calidad de las aguas residuales de la Refinería de Cartagena, durante el proceso de y antes de ser vertidas a la Bahía de Cartagena.

#### **Objetivos específicos:**

- Controlar la calidad del vertimiento del agua utilizada en la prueba hidrostática de los sistemas, tuberías y tanques de almacenamiento, como parte del proceso de ampliación de REFICAR.
- Controlar la calidad de los vertimientos de agua del sistema de tratamiento de aguas industriales, con el propósito de que estos cumplan con lo dispuesto en el Artículo 72 (Normas de vertimiento) del Decreto 1594 de 1984, en la Resolución 0911 del 23 de noviembre de 2005 de CARDIQUE y en las normas o actos administrativos que las sustituyan o modifiquen.



## **FICHA MS - 2 CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES**

- Controlar la calidad de las aguas lluvias potencialmente contaminadas, acumuladas en los diques de contención de los tanques de almacenamiento exteriores, para tomar la decisión adecuada en cuanto a su manejo y disposición final.
- Identificar los frentes de obra u operación, que sean potencialmente causantes de deterioro ambiental, para que en ellos se tomen las medidas correctivas necesarias.

### **Impactos ambientales considerados:**

- Aportes de contaminantes de origen industriales a la Bahía de Cartagena.
- Aportes de contaminantes de origen doméstico a la Bahía de Cartagena.

### **Fichas del Plan de manejo Ambiental relacionada:**

Ficha CO-2 Manejo y disposición de residuos líquidos

Ficha OP-8 Manejo de efluentes industriales y domésticos

### **Responsables:**

- Ejecutor:
  - Durante la fase de construcción: Laboratorio de REFICAR.
  - Durante la fase de operación: Laboratorio de REFICAR (monitoreo operativo) y laboratorio acreditado por el IDEAM (monitoreo de cumplimiento).
- Control y seguimiento: Coordinador ESH REFICAR.

### **Actividades a realizar, sitio de aplicación y frecuencia:**

#### **Fase de construcción:**

El monitoreo de la calidad del agua a ser captada para realizar la prueba hidrostática de los sistemas con sus tuberías y tanques, se monitoreará en el punto de vertimiento al sistema de tratamiento de aguas industriales, donde se neutralizará y ajustará para su

## FICHA MS - 2 CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

vertimiento definitivo a la Bahía de Cartagena.

Se medirán los siguientes parámetros:

- Temperatura.
- pH.
- Conductividad.
- Alcalinidad.
- Sólidos totales.
- Sólidos suspendidos.
- Hierro.
- Aceites y grasas.
- DQO.
- Residuos del secuestrante de O<sub>2</sub> que se emplee en las pruebas.
- Residualidad del biocida en caso de que éstos se llegasen a emplear en las pruebas.

### Fase de operación:

El monitoreo de las actividades operativas se adelantará en muestras captadas en la entrada y la salida del sistema de aguas residuales de la Refinería de Cartagena. (Véase Tabla 8-1 anexa).

Adicionalmente, se realizarán los monitoreos requeridos por la autoridad ambiental competente, para verificar el cumplimiento de las disposiciones de la normativa vigente y del permiso de vertimiento que deberá ser modificado para la Refinería de Cartagena una vez entre esta en operación, para lo cual se contratará un laboratorio acreditado ante el IDEAM y que deberá seguir los procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater<sup>9</sup>.

### Costos del programa:

Los costos de control operativo interno, se incluyen dentro del globo de costos de operación de la refinería. Los costos de monitoreo analítico externo (para control de cumplimiento) se han estimado en \$3.000.000/campaña.

---

<sup>9</sup> ESTADOS UNIDOS DE AMERICA. AWWA, APHA y WEP. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater. Edición 19. 1995.

**Tabla 8-1 Monitoreo de control operativo del sistema de tratamiento de aguas residuales previsto para la fase de operación de la Refinería de Cartagena (Semestral)**

Estaciones Parámetros	Tanque de almacenamiento de aguas aceitosas	Entrada separadores API de unidades productivas	Entrada tanque de igualación de unidades productivas	Entrada de efluentes domésticos a tratamiento biológico	Punto de vertimiento (cumplimiento)
Caudal medio	x	x	x	x	x
pH	x	x	x	x	x
Temperatura	x	x	x	x	x
Nitrógeno amoniacal			x		x
Nitrógeno total (NTK, nitratos, nitritos)			x		x
DBO <sub>5</sub>			x	x	x
DQO	x		x		x
Compuestos fenólicos					x
Aceites y grasas	x	x	x		x
Hidrocarburos totales		x	x		x
Hidrocarburos BTX					x
Sólidos disueltos					x
Sólidos suspendidos	x	x	x	x	x
Níquel					x
Cianuros					x
Sulfuros					x

## **FICHA MS - 3 CALIDAD DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS DE LOS CUERPOS RECEPTORES**

### **Objetivo:**

Monitorear la calidad de las aguas y sedimentos de la Bahía de Cartagena y del Arroyo Grande.

### **Objetivos específicos:**

- Verificar que la calidad del agua y de los sedimentos de la Bahía de Cartagena, a partir del punto de vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales y en el Arroyo Grande, inmediatamente después de los predios de la refinería, no se vean afectados por el desarrollo de las actividades de ampliación y operación de REFICAR.
- Evaluar los eventuales daños causados por la ocurrencia de contingencias derivadas de la refinería, de tal modo que las medidas de manejo implementadas o por implementar para su control, sean adecuadas para garantizar el rápido restablecimiento de las condiciones naturales de los cuerpos de agua señalados.

### **Impactos ambientales considerados:**

- Aportes de contaminantes de origen industriales a la Bahía de Cartagena.
- Aportes de contaminantes de origen doméstico a la Bahía de Cartagena.

### **Fichas del Plan de manejo Ambiental relacionada:**

Ficha OP-8 Manejo de efluentes industriales y domésticos

### **Responsables:**

- Ejecutor:
  - Durante la fase de operación: Laboratorio especializado acreditado por el IDEAM
  - Durante una contingencia: Laboratorio especializado acreditado por el IDEAM.

### **FICHA MS - 3 CALIDAD DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS DE LOS CUERPOS RECEPTORES**

Control operativo: Inspectores EHS de REFICAR.

Monitoreo analítico: Laboratorio de REFICAR y/o laboratorio acreditado por el IDEAM.

– Control y seguimiento: Coordinador EHS REFICAR.

#### **Actividades a realizar, sitio de aplicación y frecuencia:**

##### **Monitoreos de calidad del agua y de los sedimentos de la Bahía de Cartagena:**

Se realizarán monitoreos analíticos de la calidad de agua y de los sedimentos de la Bahía de Cartagena en la red de estaciones descrita en la. (Véase Figura 8-1 y Tabla 8-2).

**Figura 8-1 Plano de ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de agua y sedimentos en la Bahía de Cartagena**

**FICHA MS - 3 CALIDAD DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS DE LOS CUERPOS RECEPTORES**



**Tabla 8-2 Georreferenciación de las estaciones previstas de monitoreo de calidad de agua y sedimentos**

Estación	Longitud Oeste	Latitud Norte	Profundidad (m)
E3	75°30'50,27"	10°19'11,35"	12,5
E5	75°30'53,92"	10°20'15,48"	14,5
E7	75°31'53,40"	10°19'43,25"	26,3
E10	75°31'52,24"	10°17'39,30"	16,0

Las coordenadas se dan en el sistema de referencia Datum-Magna.

Los parámetros que serán medidos en cada estación definida serán los siguientes:

– En agua:

Temperatura, pH, salinidad, hidrocarburos totales, grasas y aceites, sólidos

### **FICHA MS - 3 CALIDAD DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS DE LOS CUERPOS RECEPTORES**

suspendidos, sólidos totales, DBO<sub>5</sub>, DQO, saturación de Oxígeno, Nitrógeno amoniacal, nitratos, nitritos.

- En sedimentos:

Granulometría, materia orgánica, Carbono orgánico total, Nitrógeno total.

Los monitoreos se realizarán en 3 épocas climáticas del año (transición a lluviosa, lluviosa y seca), ejecutando anualmente 2 de los monitoreos.

#### **Monitoreos de calidad de agua del Arroyo Grande:**

- Los monitoreos se realizarán en el punto de entrada del arroyo a la refinería y en el punto de salida del arroyo del predio de la (2 puntos).
- Los parámetros monitoreados (en agua) serán: Temperatura, pH, conductividad eléctrica, hidrocarburos totales, grasas y aceites, sólidos suspendidos, sólidos totales, DBO<sub>5</sub>, DQO, Oxígeno disuelto, Nitrógeno amoniacal, nitratos, nitritos.
- Este monitoreo se realizará en época de invierno, debido a que el arroyo tiende a secarse en época de verano.

#### **Monitoreos de calidad del agua y de los sedimentos en caso de un derrame:**

- Los monitoreos de calidad de agua de la Bahía de Cartagena, durante y después de una contingencia, se realizarán en algunas de las estaciones presentadas anteriormente: estaciones 2 a 5 en la Bahía de Cartagena (Figura 8-1 y Tabla 8-2).
- Los monitoreos de calidad de agua del Arroyo Grande, durante y después de una contingencia, se realizarán en un punto después del predio de la refinería y en el punto de descarga a la Bahía.
- Los parámetros a monitorear serán: temperatura, pH, hidrocarburos totales, grasas y aceites, DBO<sub>5</sub>, DQO y Oxígeno disuelto.
- La frecuencia será función de la magnitud del derrame y del avance de las labores de control y limpieza que se establezcan para el caso.



### **FICHA MS - 3 CALIDAD DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS DE LOS CUERPOS RECEPTORES**

#### **Costos del programa:**

##### Monitoreo de calidad de agua y de los sedimentos de la Bahía de Cartagena:

Los costos de muestreo y análisis se han estimado en \$80.000.000/año. Este valor incluye el monitoreo de las comunidades biológicas, objeto de la FICHA MS - 7 y se adelantaría en las mismas estaciones definidas, así como en los periodos de tiempo asociados con el muestreo previsto de dichas comunidades a evaluar).

##### Monitoreo de calidad de agua del Arroyo Grande:

Los costos de muestreo y análisis se han estimado en \$7.000.000/año.

##### Monitoreos de calidad del agua y de los sedimentos en caso de un derrame:

El costo unitario para el conjunto de parámetros seleccionados será de \$500.000.

## **FICHA MS - 4 CALIDAD DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS**

### **Objetivo:**

Monitorear la calidad de las emisiones atmosféricas de las fuentes fijas de la Refinería de Cartagena en sus fases de construcción y operación.

### **Objetivos específicos:**

- Verificar el cumplimiento de la Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, relativa a los límites de emisión para fuentes fijas.
- Proteger la salud y el bienestar de los trabajadores.
- Identificar los frentes de obra u operación causantes de deterioro ambiental, para que en ellos se tomen las medidas de control necesarias.

### **Impactos ambientales considerados:**

#### **Fase de construcción:**

- Contaminación del aire.
- Generación de olores ofensivos.

#### **Fase de operación:**

- Emisión de material particulado.
- Emisiones de gases de combustión.
- Generación de olores ofensivos
- Generación de ruido.

### **Fichas del Plan de manejo Ambiental relacionada:**

Ficha CO-3 Control de la generación de material particulado y de gases y del ruido  
Ficha OP-7 Manejo de emisiones atmosféricas y ruido ambiental

### **Responsables:**

- Ejecutor:

## FICHA MS - 4 CALIDAD DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS

- Durante la fase de construcción: Inspectores EHS de REFICAR.
- Durante la fase de operación:
  - Control operativo: Inspectores EHS de REFICAR.
  - Monitoreo analítico: Laboratorio especializado avalado por el IDEAM.
- Control y seguimiento: Coordinador EHS REFICAR.

### **Actividades a realizar, sitio de aplicación y frecuencia:**

#### Fase de construcción:

Durante las obras de construcción de la refinería, se le exigirá a todos los contratistas, que tanto los vehículos, como la maquinaria y equipos, se encuentren en perfectas condiciones de mantenimiento y operación, realizando para ello inspecciones visuales frecuentes para verificar este cumplimiento.

La mala combustión de un motor se detectará por la presencia de humo negro en los gases de escape. El ruido anormal producto de un silenciador roto o defectos en el tubo de escape se escucha fácilmente. Estas inspecciones serán realizadas por parte de los Inspectores ESH de REFICAR; sin embargo, dentro del programa de educación EHS para los contratistas, se contempla el impartir instrucciones claras, para que sean los mismos operadores de estos vehículos, maquinaria y equipo, los que reporten inmediatamente que se registre este tipo de fallas, a su supervisor y al asistente de campo del contratista, para tomar la acción correspondiente al caso, y si es necesario realizar el retiro del vehículo, maquinaria o equipo del sitio de trabajo para su reparación.

De la misma forma como se mencionó en el programa de manejo de descapote y movimiento de tierras, durante la ejecución de estas actividades, los Inspectores ESH pasarán inspecciones visuales, para verificar el levantamiento de polvo o partículas, y si se hace necesario, se ordenará el cubrir este material con plásticos o lonas para evitar su arrastre por la acción del viento. No se considera instalar monitores especiales para verificar la presencia de polvo a la atmósfera ya que estas operaciones son a cielo abierto, de poca duración y magnitud.

Durante la operación de REFICAR, los Inspectores EHS efectuarán inspecciones

## FICHA MS - 4 CALIDAD DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS

visuales y emplearán detectores de gases en las áreas de proceso, para verificar escapes de gases que generen concentraciones de emisiones fugitivas potencialmente lesivas o emisiones de ruido muy por encima de los límites normales. Se realizará el mismo control de emisiones de gases y ruidos para los vehículos y maquinaria al servicio de las operaciones de la refinería, siendo importante aclarar que estas se efectuarán dentro del programa de seguridad industrial relacionado. En caso de ser detectadas estas emisiones, se tomarán las acciones correctivas del caso contempladas en el programa.

### Fase de operación:

Las siguientes chimeneas contarán con instalaciones adecuadas para adelantar de forma periódica el monitoreo de emisiones conforme se registra:

**Tabla 8-3 Facilidades previstas para el monitoreo de las fuentes fijas atmosféricas en la nueva configuración de la Refinería de Cartagena**

Unidades	Equipos	MP	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>
Reformado catalítico (CCR)	Calentador de alimentación		X	
	Calentador No. 1		X	
	Calentador No. 2		X	
Alquilación	Rehervidor del isostripper		X	
Hidrotratamiento nafta	Calentador de alimentación		X	
CD Tech®	Calentador del rehervidor del HDS		X	
Hidrodesulfurización del destilado medio (USLD1/2)	Calentador de alimentación USLD1		X	
	Calentador de alimentación USLD2		X	
	Rehervidor del stripper USLD1		X	
	Rehervidor del stripper USLD2		X	
Hidrocraqueo (HCU)	Calentador de alimentación nivel 1		X	
	Calentador de alimentación nivel 2		X	
	Calentador de alimentación del fraccionador		X	
Destilación atmosférica	Calentador de alimentación		X	
Destilación al vacío	Calentador de alimentación		X	
Planta de hidrógeno	SMR		X	
Coquización	Calentadores de alimentación coker		X	
Oxidación del azufre	Incineradores de gas de cola (2 de 3)	X	X	X
	Sistema de transporte de coque	X		
Craqueo catalítico (FCC)	Caldera CO	X	X	X
Unidades de servicio	Tea			
	Turbinas de generación eléctrica		X	



## **FICHA MS - 4 CALIDAD DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS**

Por otra parte, REFICAR contratará los servicios de una compañía especializada para realizar monitoreos isocinéticos de acuerdo con las disposiciones del permiso de emisiones que le será otorgado.

### **Costos del programa:**

#### **Monitoreo x de emisiones:**

Los costos de la inversión inicial se encuentran incorporados en el valor integral de los equipos y plantas a instalar

#### **Monitoreos isocinéticos:**

Considerando un monitoreo anual de los contaminantes identificados en la Tabla 8-3 para la totalidad de las chimeneas relacionadas en la misma tabla, se ha estimado un costo anual de \$50.000.000/año.



## **FICHA MS - 5 CALIDAD DEL AIRE Y RUIDO AMBIENTAL**

### **Objetivo:**

Monitorear la calidad del aire y el nivel de ruido ambiental en la zona de influencia de la Refinería de Cartagena.

### **Objetivos específicos:**

- Verificar que la calidad del aire y el nivel de ruido ambiental en torno a la Refinería de Cartagena S.A. no se vean afectados por el desarrollo de las obras de construcción y la operación de REFICAR.
- Proteger la salud y el bienestar de los trabajadores.
- Identificar los frentes de obra y operación causantes de deterioro ambiental, para que en ellos se tomen las medidas correctivas necesarias.
- Evaluar daños causados por contingencias asociadas a la refinería, de tal modo que las medidas de manejo implementadas para su control sean adecuadas para un rápido restablecimiento de las condiciones ambientales de la zona.

### **Impactos ambientales considerados:**

#### **Fase de construcción:**

- Contaminación del aire.
- Generación de olores ofensivos.

#### **Fase de operación:**

- Emisión de material particulado por transporte de material sólido.
- Emisiones de gases de combustión.
- Emisiones de gases de proceso.
- Generación de ruido.

### **Fichas del Plan de manejo Ambiental relacionada:**

Ficha CO-3 Control de la generación de material particulado, de gases y de ruido

Ficha OP-7 Manejo de emisiones atmosféricas y ruido ambiental

**Responsables:**

– Ejecutor:

- Durante la fase de construcción: Inspectores EHS de REFICAR.

- Durante la fase de operación:

Control operativo: Inspectores EHS de REFICAR.

Monitoreo analítico: Laboratorio especializado acreditado por el IDEAM.

- Durante una contingencia:

Control operativo: Inspectores EHS de REFICAR.

Monitoreo analítico: Laboratorio de REFICAR y laboratorio acreditado por el IDEAM (contramuestras).

- Control y seguimiento: Coordinador EHS REFICAR.

**Actividades a realizar, sitio de aplicación y frecuencia:**

Fase de construcción:

Conforme lo descrito en la FICHA MS - 5, no se considera instalar monitores especiales para verificar la presencia de material particulado en el aire, ya que las actividades susceptibles de generarlo serán de poca duración y magnitud.

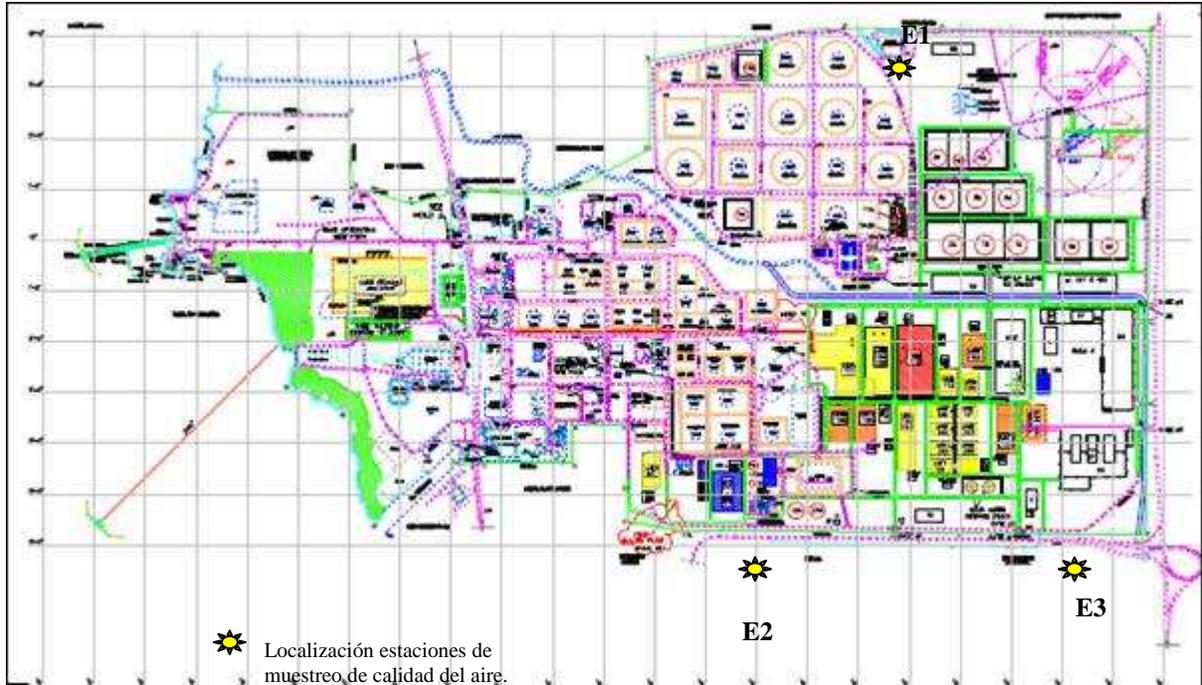
Fase de operación:

– Calidad de aire:

Se realizará un monitoreo anual de calidad de aire en época seca en los 3 puntos georreferenciados a continuación.

Se medirán los parámetros siguientes: TSP, PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub> como NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e hidrocarburos totales.

**Figura 8-2 Plano de ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad del aire**



**Tabla 8-4 Georreferenciación de las estaciones previstas de monitoreo de calidad del aire**

Estación	Longitud Oeste	Latitud Norte
E1	75°29'20.58"	10°19'23.55"
E2	75°29'35.22"	10°18'36.54"
E3	75°29'4.89"	10°18'36.30"

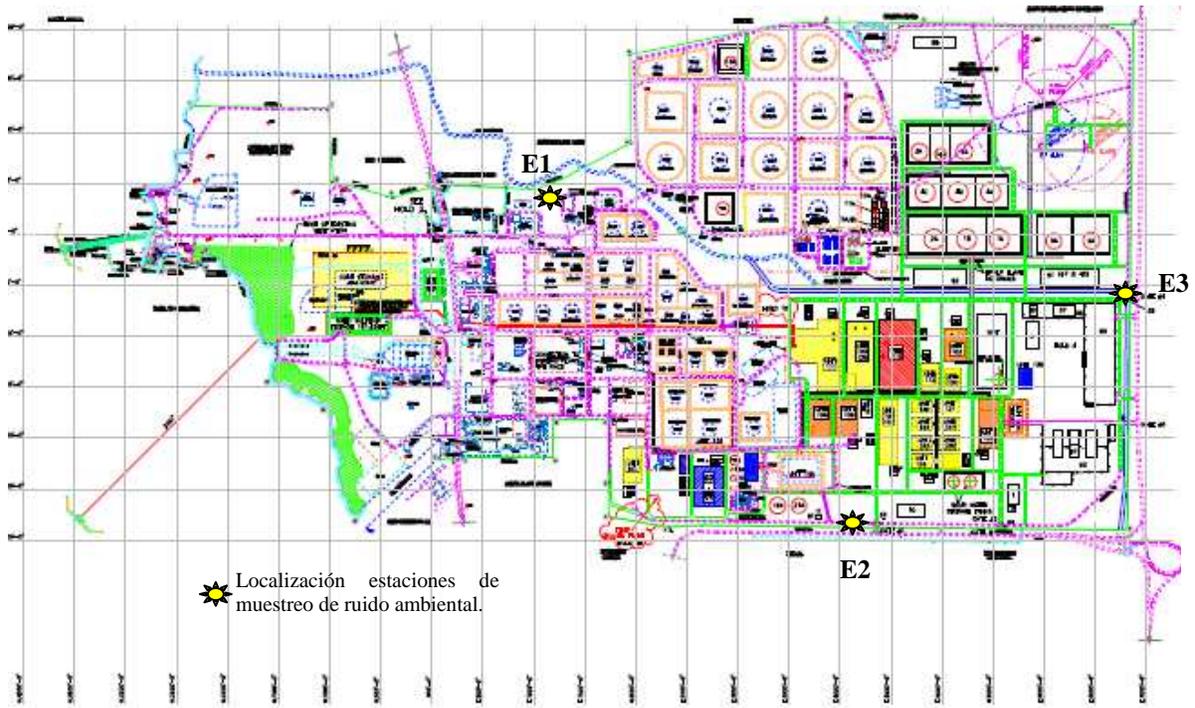
Las coordenadas se dan en el sistema de referencia Datum-Magna.

En situaciones de emergencias, se realizarán monitoreos de concentración de vapores de hidrocarburos en el aire.

– Ruido ambiental:

Se realizará un monitoreo de ruido ambiental al año, en 3 puntos ubicados en los límites de la Refinería, conforme la ubicación presentada en la figura 8.3 a continuación.

**Figura 8-3** Esquema de ubicación de las estaciones de monitoreo de ruido ambiental



**Tabla 8-5** Georreferenciación de las estaciones previstas de monitoreo de ruido ambiental

Estación	Longitud Oeste	Latitud Norte
E1	75°29'54.02"	10°19'8.03"
E2	75°29'29.55"	10°18'36.49"
E3	75°28'58.34"	10°18'58.24"

Las coordenadas se dan en el sistema de referencia Datum-Magna.

**Costos del programa:**

**Monitoreo de calidad del aire:**

Los costos de muestreo y análisis se han estimado en \$60.000.000/año.

**Monitoreo de ruido ambiental:**

Los costos de muestreo y análisis se han estimado en \$10.000.000/año.

## **FICHA MS - 6 CALIDAD DEL SUELO Y DE LAS AGUAS FREÁTICAS**

### **Objetivo:**

Monitorear la calidad del suelo y de las aguas freáticas en la Refinería de Cartagena.

### **Objetivos específicos:**

- Verificar que la calidad del suelo y de las aguas freáticas en el área de influencia directa de REFICAR no se vea afectada por el desarrollo de las obras de ampliación y por la operación de la refinería.
- Monitorear el desempeño ambiental del área de land-farming utilizado para la disposición final de los lodos aceitosos y otros de la refinería.
- Identificar los frentes de obra u operación causantes de deterioro ambiental, para que en ellos se tomen las medidas correctivas necesarias.
- Evaluar eventuales daños causados por contingencias derivadas de las operaciones a cargo, de tal modo que las medidas de manejo a ser implementadas para su control y recuperación (en caso de requerirse), sean adecuadas para garantizar un rápido restablecimiento de las condiciones ambientales previas.

### **Impactos ambientales considerados:**

- Contaminación de las aguas freáticas.
- Contaminación del suelo.

### **Fichas del Plan de manejo Ambiental relacionadas:**

Ficha OP-11 Protección del suelo y de las aguas freáticas

### **Responsables:**

- Ejecutor:
  - Durante la fase de construcción: Inspectores EHS de REFICAR.

- Durante la fase de operación:

Control operativo: Inspectores EHS de REFICAR.

Monitoreo analítico: Compañía especializada contratada por REFICAR.

- Durante una contingencia:

Control operativo: Inspectores EHS de REFICAR.

Monitoreo analítico: Compañía especializada contratada por REFICAR.

- Control y seguimiento: Coordinador EHS REFICAR.

**Actividades a realizar, sitio de aplicación y frecuencia:**

La Refinería cuenta actualmente con una red de 23 piezómetros activos, ubicados en el área de los procesos productivos actuales y su perímetro. Esta red se redistribuirá en función de la nueva configuración de la Refinería, de tal forma que la misma permita un seguimiento consecuente con las actividades productivas a ser allí desarrolladas, para lo cual se destaca que esta redistribución será oficializada y sustentada una vez se cuente con los planos de ingeniería de detalle respectivos.

Durante las obras de ampliación y operación de la Refinería de Cartagena S.A., los Inspectores EHS realizarán cada tres meses el reconocimiento e inspección visual del estado de los pozos de monitoreo, con especial atención al área de land-farming, adelantando o sugiriendo el desarrollo de las acciones correctivas que se requiera, conforme cada caso.

De igual forma, se contratarán los servicios de un laboratorio acreditado por el IDEAM para realizar el monitoreo analítico de la calidad del suelo y del agua freática, el cual cumplirá con las siguientes actividades, con una frecuencia anual:

- Medición de los niveles estáticos de aguas y de profundidades registradas en el momento en los pozos de monitoreo y medición de espesores de producto libre en aquellos donde éste se encuentre.
- Limpieza, desarrollo, purga y recolección de muestras de los pozos o piezómetros, para el análisis químico de TPH (Método TX 1005) y Aceites y Grasas (Método



1664 EPA) (incluye 1 duplicado por muestra).

- Análisis de laboratorio de muestras de suelo y aguas freáticas para hidrocarburos totales, aceites y grasas y – únicamente para el área de land-farming – recuento bacteriano.
- Evaluación e interpretación de la información recolectada.

En caso de que ocurra una contingencia dentro de la planta, el monitoreo operativo y analítico para evaluar la contaminación de las aguas freáticas se desarrollará siguiendo la pluma piezométrica y en consecuencia la mancha de aceite o el producto derramado, analizando en cada caso la concentración de hidrocarburos totales o del producto específico, con una intensidad a ser determinada en función de la magnitud del derrame, así como del éxito en cuanto a las labores de control y limpieza que se establezcan para el caso.

**Costos del programa:**

**Monitoreo de calidad del suelo y de las aguas freáticas:**

Los costos de muestreo y análisis se han estimado en \$35.000.000/año.

### 8.3 Medio biótico

#### **FICHA MS - 7 CARACTERIZACION Y DISTRIBUCIÓN DE LAS COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS DE LA BAHÍA DE CARTAGENA**

##### **Objetivo:**

Monitorear el estado y variación de las comunidades hidrobiológicas (bentos de fondos blandos, zooplancton y peces) en cinco estaciones localizadas en la Bahía de Cartagena, cuya dinámica pueda asociarse con las descargas y operación de la refinería de Cartagena, para compararla con los comportamientos tradicionales de dichas comunidades en el estuario referido.

##### **Objetivos específicos:**

- Analizar los patrones de variación zonal y estacional de las comunidades bentónicas de los fondos blandos de la Bahía de Cartagena en la red de estaciones determinada para los muestreos de calidad de las aguas, comparando los cambios estacionales y diferenciándolos de aquellos a ser potencialmente introducidos por alterógenos derivados de las operaciones de la refinería.
- Determinar las variaciones estacionales de las comunidades zooplanctónicas de la Bahía de Cartagena en las estaciones definidas para los muestreos de calidad de las aguas, con el fin de desagregar sus patrones de variación normal de estas comunidades, con respecto a aquellos que pudiesen ser introducidos por las operaciones a cargo de la refinería.
- Estudiar los patrones poblacionales de las comunidades de peces que frecuentan y/o se desarrollan en la Bahía de Cartagena, con el fin de identificar los potenciales efectos derivados de las operaciones de la refinería, para el caso en 4 estaciones previamente establecidas.

##### **Impactos ambientales considerados:**

- Aportes de contaminantes de origen industriales a la Bahía de Cartagena.
- Aportes de contaminantes de origen doméstico a la Bahía de Cartagena.

##### **Fichas del Plan de manejo Ambiental relacionada:**

## FICHA MS - 7 CARACTERIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS DE LA BAHÍA DE CARTAGENA

Ficha OP-8 Manejo de efluentes industriales y domésticos

### Responsables:

Ejecutor: Organización especializada

- Control y seguimiento: Coordinador EHS REFICAR.

### Actividades a realizar, sitio de aplicación y frecuencia:

- **Comunidades bentónicas de fondos blandos:** El muestreo se desarrollará mediante el empleo de una draga tipo Van Veen de capacidad calibrada, realizando no menos de tres (3) lances por estación, con separación de la faúna asociada al material de los fondos colectado y fijación conforme los estándares establecidos por el INVEMAR para su posterior análisis e identificación de los componentes faunísticos a nivel de familia.
- **Comunidades de Peces** Para la captura de los peces se utiliza un trasmallo de alrededor de 500 m de largo constituido por 5 paños, cada uno de 100 m de longitud, variando la altura de estos entre 4 m con luz de malla de 5 cm. (1,97"). Y 7 m. con luz de malla de 6 cm (2,36"). El muestreo se deber llevar a cabo en una unidad de pesca típica de la región, que conste de canoa con motor fuera de borda, trasmallo y dos pescadores. En cada estación se instalará el trasmallo teniendo en cuenta la dirección de la corriente con una duración aproximada de 3 horas por lance y se realizaran dos lances por estación. Los peces recolectados se guardan en bolsas de polietileno rotuladas, y se refrigeran hasta su procesamiento en el laboratorio.
- **Comunidades zooplanctónicas:** En cada estación se adelantará el arrastre de las masas de agua para capturar las muestras de zooplancton, mediante una red cónica simple de 250 µm. de ojo de malla, con diámetro de boca de 30 cm y 1,30 m de longitud como estándar. Esta estará equipada con un flujómetro tipo Hidro-Bios Kiel o similar (previamente calibrado) para los fines de cuantificar el volumen de agua

**FICHA MS - 7 CARACTERIZACION Y DISTRIBUCIÓN DE LAS COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS DE LA BAHÍA DE CARTAGENA**

filtrado. Las muestras colectadas serán fijadas mediante los procedimientos establecidos para el caso por INVEMAR y analizadas en laboratorio para llevar la identificación a nivel de familia.

Salvo para peces, que se muestrearán tan solo en 4 de estaciones conforme se registra en la Tabla 8.6 siguiente, los muestreos se adelantarán dos veces al año en las cinco (5) estaciones establecidas para los monitoreos de calidad de agua de la Bahía.

El momento de muestreo se desplazará en el año en función de los periodos climáticos prevalecientes, para los fines de contar todos los años con un muestreo en época de transición (mayo) y un muestreo en otro periodo climático, alternando los mismos entre verano (enero) o invierno (noviembre), según corresponda.

(Véase Figura 8-1 y Tabla 8-2).

**Figura 8-4 Plano de ubicación de las estaciones de monitoreo de comunidades biológicas en la Bahía de Cartagena**

**FICHA MS - 7 CARACTERIZACION Y DISTRIBUCIÓN DE LAS COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS DE LA BAHÍA DE CARTAGENA**



**Tabla 8-6 Georreferenciación de las estaciones de monitoreo de calidad de agua y sedimentos previstas**

Estación	Longitud Oeste	Latitud Norte	Profundidad (m)
E3	75°30'50,27"	10°19'11,35"	12,5
E5	75°30'53,92"	10°20'15,48"	14,5
E7 (sin peces)	75°31'53,40"	10°19'43,25"	26,3
E10	75°31'52,24"	10°17'39,30"	16,0

**FICHA MS - 7 CARACTERIZACION Y DISTRIBUCIÓN DE LAS  
COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS DE LA BAHÍA DE  
CARTAGENA**

*Las coordenadas se dan en el sistema de referencia Datum-Magna.*

Este monitoreo se realizarán al tiempo con los monitoreos físicoquímicos de la Bahía de Cartagena descritos en la FICHA MS - 3, considerando las variaciones estacionales señaladas previamente

**Costos del programa:**

Ver FICHA MS - 3.

## 8.4 Medio socioeconómico

### **FICHA MS - 8 MANEJO DE IMPACTOS SOCIALES DEL PROYECTO**

#### **Objetivo:**

Verificar periódicamente el cumplimiento de los objetivos, metas e indicadores asociados al desarrollo de los programas diseñados para el manejo de los impactos sociales a ser gestados por el proyecto.

#### **Objetivos específicos:**

- En caso de presentarse desviaciones en el cumplimiento de los programas diseñados, analizar y, si es del caso, modificar las estrategias y actividades con el fin de dar cumplimiento a los objetivos de cada programa.
- Prevenir conflictos con las comunidades y en general con las instituciones gubernamentales interesadas y/o responsables del seguimiento de los programas previstos.

#### **Impactos ambientales considerados:**

- Generación de expectativas.

#### **Fichas del Plan de manejo Ambiental relacionada:**

Ficha OP-5 Programa de apoyo a la capacidad de la gestión institucional  
Ficha OP-6 Programa de capacitación, educación y concientización en medio ambiente y manejo de emergencias para la comunidad aledaña al Proyecto. (FORMATO APPELL

#### **Responsables:**

- Ejecutor: REFICAR.
- Control y seguimiento: Coordinador EHS REFICAR.

#### **Actividades a realizar, sitio de aplicación y frecuencia:**

## **FICHA MS - 8 MANEJO DE IMPACTOS SOCIALES DEL PROYECTO**

### Fases de construcción y operación:

El proyecto podrá contar con una grupo de evaluación especializado en temas sociales y ambientales, que tenga como objetivo verificar el cumplimiento de los compromisos adquiridos por REFICAR frente a las autoridades competentes periódicamente y preferiblemente de forma trimestral mientras dure la etapa de construcción.

En caso de no contar con una evaluación externa especializada, el grupo de profesionales de las áreas social y ambiental, encargados de implementar el plan de manejo ambiental, deberán reunirse periódicamente a analizar el cumplimiento dado a los programas comprometidos para el control de los impactos sociales del proyecto.

En todo caso, para el seguimiento y monitoreo a las actividades planteadas para el control de los impactos sociales del proyecto, se propone el establecimiento desde el momento que se otorgue la Licencia Ambiental, de un sistema de gestión documental que permita realizar el seguimiento al cumplimiento de las acciones que componen cada programa. Este sistema deberá permitir realizar la trazabilidad de las acciones y eventos, con el fin de evaluar sus resultados frente al cumplimiento de los objetivos planteados y si es del caso, contar con información suficiente para el proceso de toma de decisiones sobre modificación de estrategias o planes de acción acordados.

El sistema debe incluir formatos e instructivos para su uso, fichas, modelos de actas, modelos de convenios y demás documentos a utilizar para registrar las actividades del programa de control de impactos sociales y las evidencias para garantizar su veracidad ante los interesados tales como autoridades locales, regionales o MAVDT (firmas en los registros de asistencia a reuniones y eventos, registros fotográficos y fílmicos y demás sistemas de registro).

Igualmente, el seguimiento y monitoreo se realizará a través de entrevistas ocasionales por parte del personal de la empresa, que esté directamente comprometido con la implementación de los programas de control de los impactos sociales a los directivos, líderes y en general los miembros de la comunidad pertenecientes o representantes de las organizaciones comunitarias, para verificar la eficacia y oportunidad de las actividades previstas para cada uno de los programas.

Se establecerá una frecuencia trimestral para la realización de las actividades anteriormente presentadas:



## **FICHA MS - 8 MANEJO DE IMPACTOS SOCIALES DEL PROYECTO**

- Revisión documental sobre todas las actividades realizadas en el marco de los programas de control de impactos sociales del proyecto.
- Entrevistas aleatorias a miembros de la comunidad directamente involucrada en los programas de control de impactos sociales.
- Informe de seguimiento y monitoreo donde se registre el cumplimiento de las acciones, los logros obtenidos, el cumplimiento de metas y el cumplimiento de los indicadores propuestos en cada programa de control de impactos sociales.

### **Costos del programa:**

Económicos: \$3.000.000/trimestre.

Técnicos: Un computador y vehículo.

Humanos: Un profesional con conocimiento del plan de manejo social del proyecto y con experiencia en seguimiento y monitoreo de planes de manejo ambiental.

## **FICHA MS - 9 EFECTIVIDAD DE LOS PROGRAMAS DEL PLAN DE GESTIÓN SOCIAL**

### **Objetivo:**

Verificar la efectividad de los programas del plan de gestión social que haya sido comprometido por el proyecto con la comunidad y las autoridades locales, incluyendo el cumplimiento de sus objetivos, metas e indicadores, así como determinando el nivel de satisfacción de la población involucrada en ellos.

### **Objetivos específicos:**

- En caso de presentarse desviaciones en el cumplimiento de los programas diseñados, analizar y, si es del caso, modificar las estrategias y actividades con el fin de dar cumplimiento a los objetivos de cada programa previsto.
- Prevenir conflictos con la comunidad y las autoridades locales, regionales y nacionales.

### **Impactos ambientales considerados:**

- Generación de expectativas.

### **Fichas del Plan de manejo Ambiental relacionada:**

Ficha OP-5 Programa de apoyo a la capacidad de la gestión institucional  
Ficha OP-6 Programa de capacitación, educación y concientización en medios ambiente y manejo de emergencias para la comunidad aledaña al Proyecto.

### **Responsables:**

- Ejecutor: REFICAR.
- Control y seguimiento: Coordinador EHS REFICAR.

### **Actividades a realizar, sitio de aplicación y frecuencia:**



## **FICHA MS - 9 EFECTIVIDAD DE LOS PROGRAMAS DEL PLAN DE GESTIÓN SOCIAL**

### Fases de construcción y operación:

- Conocer los compromisos que haya realizado el proyecto dentro del plan de gestión social, verificar la existencia de documentación pertinente, tal como convenios, actas de cumplimiento parcial o total de los compromisos realizados con instituciones o comunidades y verificar que con las acciones o aportes realizados se cumplan los objetivos principales de los programas, sus metas e indicadores.
- Realizar entrevistas a las personas, líderes o autoridades involucradas en los programas de gestión social del proyecto.

### Costos del programa:

Económicos: \$3.000.000/trimestre.

Técnicos: Un computador y vehículo.

Humanos: Un profesional con experiencia en evaluación de programas sociales.



**FICHA MS - 10 PROGRAMA DE ATENCIÓN DE INQUIETUDES, SOLICITUDES O RECLAMOS Y MANEJO DE CONFLICTOS SOCIALES CON LA COMUNIDAD**

**Objetivo:**

Evaluar el manejo dado a las inquietudes, quejas y reclamos provenientes de las comunidades y sus autoridades y el manejo dado a los conflictos presentados entre la comunidad, sus líderes y autoridades con el proyecto.

**Objetivos específicos:**

- Prevenir problemas jurídicos para el proyecto, tales como demandas, tutelas, acciones populares, multas u otras por no resolución adecuada de conflictos con la comunidad y sus autoridades.

**Impactos ambientales considerados:**

- Generación de expectativas.

**Fichas del Plan de manejo Ambiental relacionada:**

Ficha OP-4 Programa de atención de quejas y reclamos  
Ficha OP-5 Programa de apoyo a la capacidad de la gestión institucional  
Ficha OP-6 Programa de capacitación, educación y concientización en medios ambiente y manejo de emergencias para la comunidad aledaña al Proyecto.

**Responsables:**

- Ejecutor: REFICAR.
- Control y seguimiento: Coordinador EHS REFICAR.

**Actividades a realizar, sitio de aplicación y frecuencia:**

Fases de construcción y operación:

**FICHA MS - 10 PROGRAMA DE ATENCIÓN DE INQUIETUDES, SOLICITUDES O RECLAMOS Y MANEJO DE CONFLICTOS SOCIALES CON LA COMUNIDAD**

- Revisión de documentación pertinente como quejas, reclamos, solicitudes, correspondencia en general proveniente de la comunidad o sus autoridades.
- Seguimiento al proceso interno seguido por cada una de las quejas y reclamos, hasta la respuesta final al quejoso con el fin de verificar, tiempos de respuesta, pertinencia de la respuesta y nivel de satisfacción del usuario del sistema.
- Entrevistas con autoridades, líderes comunitarios, personal directivo del proyecto.
- Informe trimestral en el cual se consignen los conflictos tenidos, la pertinencia de la solución dada y las posibles consecuencias a futuro para el proyecto.
- Informe trimestral en el cual se consignen las principales razones de las quejas y reclamos y la pertinencia de la solución dada.

**Costos del programa:**

Económicos: \$5.000.000/trimestre.

Técnicos: Un computador y vehículo.

Humanos: Un profesional con experiencia en manejo de conflictos sociales, manejo de impacto social de proyectos y en evaluación de proyectos sociales.

## **FICHA MS - 11 PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN E INFORMACIÓN OPORTUNA DE LAS COMUNIDADES**

### **Objetivo:**

Verificar el cumplimiento de los objetivos, metas e indicadores del programa de participación e información de las comunidades.

### **Objetivos específicos:**

- Prevenir conflictos con las comunidades y autoridades por desconocimiento del proyecto, sus impactos, su plan de manejo, su avance, etc.

### **Impactos ambientales considerados:**

- Generación de expectativas.

### **Fichas del Plan de manejo Ambiental relacionada:**

Ficha OP-2 Programa de información y participación comunitaria  
Ficha OP-3 Programa de contratación de mano de obra local

### **Responsables:**

- Ejecutor: REFICAR.
- Control y seguimiento: Coordinador EHS REFICAR.

### **Actividades a realizar, sitio de aplicación y frecuencia:**

#### **Fases de construcción:**

Reuniones periódicas con todos los públicos involucrados o interesados en el proyecto, con el fin de dar información oportuna, clara y veraz sobre el avance del proyecto, sus requerimientos de mano de obra, los resultados de la aplicación del plan de manejo ambiental y social y en general sobre toda la información que se detecte sea de interés para dichos públicos.



**FICHA MS - 11 PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN E INFORMACIÓN  
OPORTUNA DE LAS COMUNIDADES**

**Costos del programa:**

Económicos: \$5.000.000/trimestre.

Técnicos: Un computador y vehículo.

Humanos: Un profesional con experiencia en manejo de impactos sociales de proyectos.



## ***CAPITULO 9: PLAN DE CONTIGENCIA***

***Agosto de 2008***

## 9. PLAN DE CONTINGENCIA

El siguiente razonamiento relaciona un Análisis Preliminar de Riesgo “APR” y del plan de contingencia actual, lo cual es necesario para estructurar la estrategia de gestión encaminada a la evaluación de los impactos que traería la gestión del proyecto de la ampliación de la Refinería de Cartagena S.A. – REFICAR.

El objetivo principal es identificar peligros potenciales y problemas operacionales asociados a la ampliación de las instalaciones de la Refinería de Cartagena durante la etapa de operación de la nueva planta, con las afectaciones a los trabajadores, al medio ambiente y a la infraestructura.

El análisis de riesgos será revisado y detallado durante la etapa de *commissioning* y luego periódicamente durante la operación futura.

En ese orden de ideas los documentos de referencia utilizados fueron:

- Diseño conceptual del proyecto de expansión.
- Plot Plan. Cartagena Refinery Expansion Project Overall Refinery Plot Plan Conceptual No. 2. Drawing No. 2317-000-DW-0051-001 2/2.
- Matriz de gestión de Peligros y aspectos significativos. GRC-RCA-D-0023, Noviembre 19/2007.
- Plan integral de Contingencias. Manual Operativo. Gerencia Refinería de Cartagena. Versión: Octubre 2004.
- Plan Integrado de Contingencias para Derrames/Escape de Hidrocarburos y para Incendio y/o Explosión. Vicepresidencia de refinación y mercadeo (VRM)-Gerencia Refinería de Cartagena (GRC), elaborado por el ICP. Rev. 2, 24-Feb-2002.
- GOBIERNO REITERA INTERES EN PLAN MAESTRO PARA LA REFINERIA DE CARTAGENA. El Espectador, 04/09/2004 [http://biblioteca.unmsm.edu.pe/Redlieds/Proyecto/Noticias/Setiembre2004/04\\_09\(1\).htm](http://biblioteca.unmsm.edu.pe/Redlieds/Proyecto/Noticias/Setiembre2004/04_09(1).htm).
- DECRETOS DEL MINISTERIO

### 9.1 Análisis de riesgos

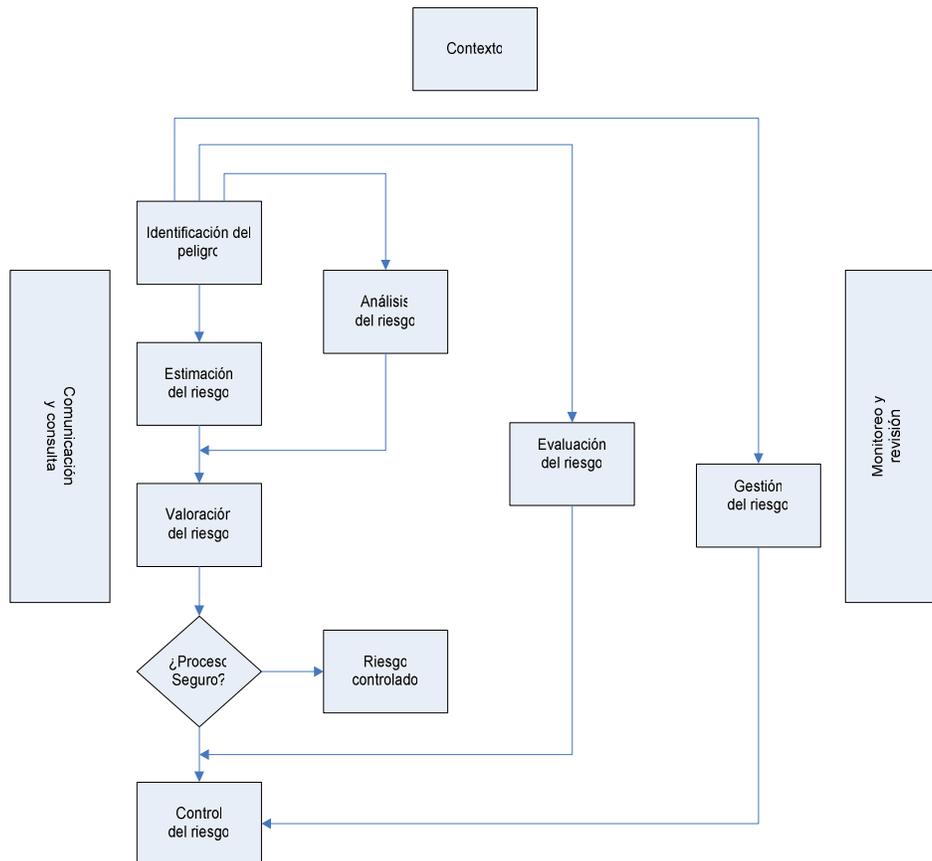
#### 9.1.1 Metodología de identificación y valoración de los riesgos

##### 9.1.1.1 Concepto de gerencia del riesgo

La gerencia del riesgo hará parte integral de la administración de todos los procesos de la Refinería, en donde se establecerán un conjunto de actividades interactivas en forma

metódica y sistemática cuyo fin será la optimización continua de los recursos a partir de la prevención, la toma oportuna de decisiones y la participación activa del personal de trabajadores y contratistas (ver Figura 9-1).

**Figura 9-1 Gerencia del riesgo**



Su implementación y permanencia preparará a REFICAR para afrontar eventos no esperados, permitiéndole operar bajo niveles de riesgo detectados, manejados y controlados, estandarizando y optimizando los procedimientos y modelos para la gestión de riesgos y orientando los recursos, enfocados con eficacia a la atención jerarquizada de las actividades según su riesgo.

Así mismo, le facilitará a la alta gerencia la toma de decisiones, incorporando herramientas para monitorear y controlar las variables más significativas y los eventos que puedan incidir en los objetivos y metas de la Refinería.

Su implementación, mantenimiento y mejora generarán cultura y la toma de conciencia por parte de todo el personal de trabajadores y contratistas, con respecto de observar una actitud preventiva y proactiva en el desarrollo de las actividades de cada proceso.

- Contexto:

El ámbito de aplicación está definido por los criterios de referencia frente a los cuales se evalúan los riesgos. Estos criterios son establecidos a nivel nacional por el Ministerio de Minas y Energía mediante los Decretos 2119 de 1992 y 27 de 1995.

A nivel internacional está definido por las siguientes organizaciones: Instituto Americano del Petróleo – API, Instituto Nacional Americano de Normas/Normalización – ANSI, Organización Internacional para la Estandarización – ISO, Normas Unión Europea – UNE, entre otras.

- Identificación de peligros:

Es reconocer cuáles son los peligros presentes y cómo se originan o materializan, identificando las fuentes con el potencial de causar un daño, lesión, pérdida o en general tener un impacto en las actividades de la Refinería, debiéndose incluir todos los peligros, ya sea que estén o no bajo su control. Lo anterior es muy importante debido a que un peligro potencial no identificado durante esta etapa será excluido del análisis posterior, quedando vulnerable la refinería frente a ese peligro.

Para identificar los peligros se hace necesario plantear los siguientes interrogantes básicos:

- **¿Qué puede suceder?**

El objetivo en primera instancia es el de generar una lista global de eventos que podrían afectar cada elemento de las actividades de REFICAR y en segunda instancia considerar cada evento con mayor detalle para identificar lo que puede ocurrir.

- **¿Cómo y por qué puede suceder?**

Teniendo la lista de eventos, se procede a considerar sus posibles causas y escenarios. Existen muchas formas en las que se puede iniciar un evento, siendo importante no omitir ninguna causa significativa.

Existen varios métodos para identificar los peligros, entre los más usados están las listas de chequeo, los diagramas de flujo, planos, lluvias de ideas, análisis de sistemas, análisis de escenarios y modelos numéricos.

- Análisis de riesgo:

Identificados los peligros se continúa con el proceso para analizar el riesgo determinando la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias que se derivan si ocurriese ese evento. El

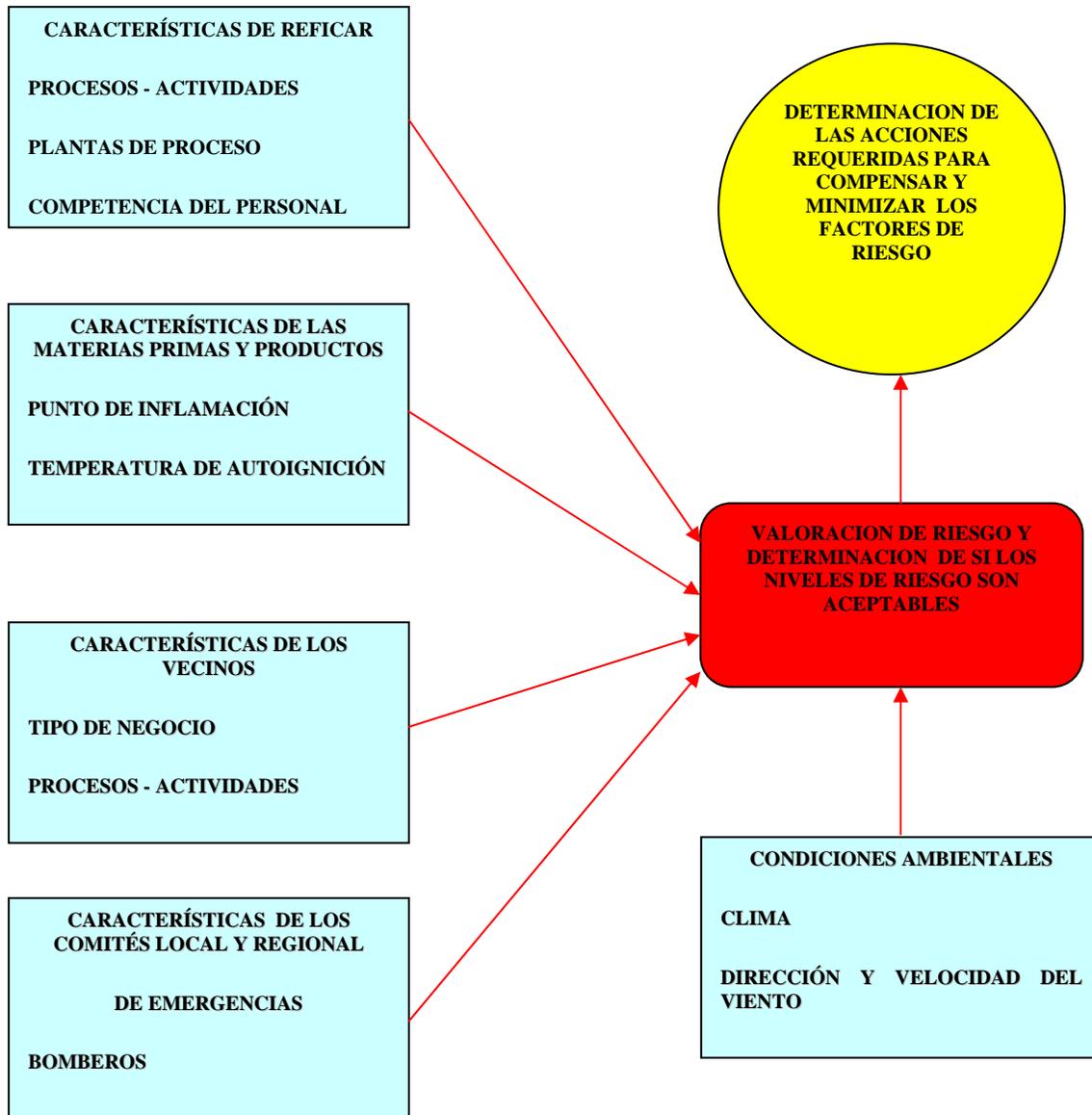
análisis del riesgo incluye considerar las fuentes y factores que afectan, las consecuencias y las posibilidades.

En el análisis de riesgo se deberán tener en cuenta los siguientes factores que contribuyen a establecer su categoría:

- Factores internos (controlables): seguridad industrial:
  - Capacitación del personal.
  - Equipos de protección personal.
  - Régimen de operación de la Refinería.
  - Sistemas de control.
  - Aplicación de las cláusulas de la lista de chequeo de seguridad.
  - Tipo de operación, obra o actividad.
  - Equipos de protección, primeros auxilios, contra incendios, control de averías, contención, recuperación y limpieza.
  
- Factores externos (ajenos al control interno):
  - Hora y lugar del incidente.
  - Climáticos.
  - Servicios y equipos de respuesta externa.
  - Coordinación con las autoridades ambientales, minero energéticas y con el Comité Local de Emergencias.
  - Público ajeno a REFICAR.

En el siguiente diagrama se visualizan los elementos que se deberán tener en cuenta para el análisis de riesgo en las actividades de ampliación y operación de la Refinería de Cartagena.

**Figura 9-2 Elementos que se deben considerar en el análisis de riesgo en las actividades de ampliación y operación de la Refinería de Cartagena**



La evaluación del riesgo considerará la valoración de los medios, controles e influencias que se pueden tener sobre los mismos, permitiendo su clasificación frente a los criterios de tolerabilidad. Esto permitirá priorizar la disposición de los controles sobre los riesgos, así como identificar las prioridades administrativas en términos de inversión y asignación de las acciones pertinentes.

Existe un factor de análisis que determina el control a que pueden ser sometidos los riesgos, dependiendo de la naturaleza de los mismos. Los riesgos pueden ser evitados, reducidos, compartidos, transferidos o aceptados.

El tener referencia clara de estos controles facilitará identificar el impacto, la asignación de recursos, los responsables, los planes de acción y la medición, destinados por REFICAR para atender la gestión de esos riesgos.

- Monitoreo:

Se hará necesario revisar y adecuar la gerencia de riesgos detectando los cambios que se presenten en el entorno, procesos y actividades, analizando los indicadores de gestión, verificando la eficiencia de las medidas de control implementadas y asegurándose que el plan de gestión continúa siendo pertinente.

Tanto los factores manejables como los externos podrán modificar la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias de un evento, al igual incidir en la conveniencia o el costo de los diferentes controles. Por consiguiente, se hará necesario repetir regularmente el ciclo de la gerencia del riesgo. La revisión es parte integral del plan de control de la gerencia del riesgo.

- Comunicación y consulta:

Se contará con los canales de información oportunos, responsables y establecidos con todas las partes interesadas en la gerencia de los riesgos: socios, comunidades, autoridades, trabajadores, contratistas, etc., lo cual constituirá un aspecto importante para que se obtengan resultados y se asegure la participación y el conocimiento de la situación por parte de todas las partes interesadas en la gerencia de riesgos.

#### *9.1.1.2 Identificación y calificación de los riesgos en la Refinería de Cartagena*

Dentro de las tablas del estudio de riesgos preliminar realizado para la nueva configuración de la Refinería de Cartagena se hace explícito el proceso de gestión del riesgo iniciando con la columna de **Procesos y Actividades**. En las dos columnas siguientes se enuncian las **Causas y Consecuencias** del riesgo identificado, observando los estándares en materia de HSE, mantenimiento, diseño y operación típicos de los sectores involucrados y antes de tomar las medidas preventivas que el Proyecto ha considerado.

En las columnas siguientes se presentan:

- Las medidas preventivas que se piensan tomar a nivel de diseño y procedimientos, entre otros, con el fin de disminuir la probabilidad de ocurrencia de un accidente

(causas), reduciendo así la vulnerabilidad del proyecto frente a las amenazas identificadas.

- Las medidas preventivas que se piensan tomar a nivel de diseño, procedimientos, dotación y capacitación, entre otros, con el fin de disminuir la gravedad de las consecuencias de un eventual accidente.

Luego se realizó la evaluación del riesgo según la metodología establecida por la norma NTP 330 “*Sistema simplificado de evolución de riesgos de accidente*” del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España (INSHT)<sup>10</sup>. Esta metodología permite evaluar el Nivel de Riesgo (NR) de una determinada actividad con base al Nivel de Deficiencia (ND), al Nivel de Exposición (NE) y al Nivel de Consecuencias (NC) – los cuales están definidos a continuación –, según la fórmula siguiente (ver significado en la Tabla 9-6):

$$NR = ND \times NE \times NC.$$

- Nivel de Deficiencia (ND): La probabilidad de ocurrencia de la causa de un incidente (Amenaza), después de haber implementado las medidas preventivas orientadas a disminuir la vulnerabilidad del proyecto (ver criterios en la Tabla 9-1).
- Nivel de exposición (NE) a la amenaza (ver criterios en la Tabla 9-2).
- Nivel de Probabilidad (NP), definido según la fórmula siguiente:  $NP = ND \times NE$  (ver significado en la Tabla 9-3).
- Nivel de Consecuencia (NC): Gravedad de las consecuencias de cada incidente, después de haber implementado las medidas preventivas orientadas a disminuir la gravedad de los daños, enfocándose a los daños potenciales al ser humano, al medio ambiente y los bienes materiales. Para los propósitos de este estudio, se incluyó la evaluación de las consecuencias sobre el medio ambiente (ver criterios en la Tabla 9-5).

Se escogió esta metodología porque es particularmente adaptada para evaluar los riesgos para los cuales no se sabe o es arriesgado indicar un nivel de probabilidad, como es el caso antes de iniciar un proyecto (cuando todavía no se cuenta con estadísticas propias).

En las tablas siguientes, se presentan los criterios de calificación del nivel de riesgos.

---

<sup>10</sup> ESPAÑA. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT). NTP 330: Sistema simplificado de evolución de riesgos de accidente [en línea]. Disponible en [http://www.mtas.es/Insht/ntp\\_330.htm](http://www.mtas.es/Insht/ntp_330.htm) [citado el 25 de junio de 2008].

**Tabla 9-1 Calificación del Nivel de Deficiencia frente a las amenazas**

Nivel de deficiencia	ND	Significado
Muy deficiente	10	Se han detectado factores de riesgos significativos que determinan como muy posible la generación de fallos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz.
Deficiente	6	Se ha detectado algún factor de riesgo significativo que precisa ser corregido. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes se ve reducida de forma apreciable.
Mejorable	2	Se han detectado factores de riesgo de menor importancia. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo no se ve reducida de forma apreciable.
Aceptable	0	No se ha detectado anomalía destacable alguna. El riesgo está controlado. No se valora.

Fuente: ESPAÑA. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT). NTP 330: Sistema simplificado de evolución de riesgos de accidente [en línea]. Disponible en [http://www.mtas.es/Insht/ntp/ntp\\_330.htm](http://www.mtas.es/Insht/ntp/ntp_330.htm) [citado el 25 de junio de 2008].

**Tabla 9-2 Calificación del Nivel de Exposición frente a las amenazas**

Nivel de exposición	NE	Significado
Continuada	4	Continuamente. Varias veces en su jornada laboral, con tiempo prolongado.
Frecuente	3	Varias veces en su jornada laboral, aunque sea por tiempos cortos.
Ocasional	2	Alguna vez en su jornada laboral y con periodo corto de tiempo.
Esporádica	1	Irregularmente.

Fuente: ESPAÑA. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT). NTP 330: Sistema simplificado de evolución de riesgos de accidente [en línea]. Disponible en [http://www.mtas.es/Insht/ntp/ntp\\_330.htm](http://www.mtas.es/Insht/ntp/ntp_330.htm) [citado el 25 de junio de 2008].

**Tabla 9-3 Calificación del Nivel de Probabilidad**

		Nivel de exposición			
		4	3	2	1
Nivel de Deficiencia (ND)	10	40	30	20	10
	6	24	18	12	6
	2	8	6	4	2
	0	0	0	0	0

Fuente: Adaptado de ESPAÑA. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT). NTP 330: Sistema simplificado de evolución de riesgos de accidente [en línea]. Disponible en [http://www.mtas.es/Insht/ntp/ntp\\_330.htm](http://www.mtas.es/Insht/ntp/ntp_330.htm) [citado el 25 de junio de 2008].

**Tabla 9-4 Significado de los diferentes niveles de probabilidad**

Nivel de exposición	NE	Significado
Muy alta	24-40	Situación deficiente con exposición continuada, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización de la amenaza ocurre con frecuencia.
Alta	10-20	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización de la amenaza es posible que suceda varias veces en el ciclo de vida del proyecto.
Media	6-8	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que ocurra el daño alguna vez.
Baja	0-4	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica. No es esperable que se materialice el riesgo aunque puede ser concebible.

Fuente: ESPAÑA. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT). NTP 330: Sistema simplificado de evolución de riesgos de accidente [en línea]. Disponible en [http://www.mtas.es/Insht/ntp/ntp\\_330.htm](http://www.mtas.es/Insht/ntp/ntp_330.htm) [citado el 25 de junio de 2008].

**Tabla 9-5 Calificación del Nivel de Consecuencia de un incidente**

Nivel de consecuencia	NC	Significado		
		Daños personales (H)	Daños ambientales (A)	Daños materiales (M)
Mortal o catastrófico	100	1 muerto o más.	Daño irreversible al medio ambiente.	Destrucción total del sistema (difícil renovarlo).
Muy grave	60	Lesiones graves que pueden ser irreparables.	Daño reversible al medio ambiente en un periodo inferior a 5 años.	Destrucción parcial del sistema (reparación compleja y costosa).
Grave	25	Lesiones con incapacidad laboral transitoria.	Daño reversible al medio ambiente en un periodo inferior a 1 año.	Se requiere paro de proceso para efectuar la reparación.
Leve	10	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización.	Impactos no significativos y puntuales.	Reparable sin necesidad de paro del proceso.

Fuente: Adaptado de ESPAÑA. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT). NTP 330: Sistema simplificado de evolución de riesgos de accidente [en línea]. Disponible en [http://www.mtas.es/Insht/ntp/ntp\\_330.htm](http://www.mtas.es/Insht/ntp/ntp_330.htm) [citado el 25 de junio de 2008].

La calificación final se obtiene promediando las calificaciones de los 3 aspectos.

**Tabla 9-6 Calificación del Nivel de Riesgo**

		Nivel de probabilidad (NP)				
		40-24	20-10	8-6	4-2	0
Nivel de Consecuencia (NC)	100	4000-2400	2000-1200	800-600	400-200	0
	60	2400-1440	1200-600	480-360	240 120	0
	25	1000-600	500-250	200-150	100-50	0
	10	400-240	200 100	80-60	40 20	0

Fuente: Adaptado de ESPAÑA. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT). NTP 330: Sistema simplificado de evolución de riesgos de accidente [en línea]. Disponible en [http://www.mtas.es/Insht/ntp/ntp\\_330.htm](http://www.mtas.es/Insht/ntp/ntp_330.htm) [citado el 25 de junio de 2008].

**Tabla 9-7 Significado del nivel de intervención**

Nivel de intervención	NR	Significado
I	600-4000	Situación crítica. Corrección urgente.
II	150-500	Corregir y adoptar medidas de control.
III	40-120	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.
IV	0-20	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique.

Fuente: ESPAÑA. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT). NTP 330: Sistema simplificado de evolución de riesgos de accidente [en línea]. Disponible en [http://www.mtas.es/Insht/ntp/ntp\\_330.htm](http://www.mtas.es/Insht/ntp/ntp_330.htm) [citado el 25 de junio de 2008].

### 9.1.2 Peligrosidad de las sustancias que serán utilizadas o producidas en la Refinería de Cartagena

#### 9.1.2.1 Inventario de sustancias

El presente análisis de riesgos para la fase operativa inicia con el estudio de la peligrosidad de los productos, subproductos, materias primas e insumos manejados en la Refinería, y en particular de sus incompatibilidades.

A continuación se presenta el listado de sustancias utilizadas por proceso productivo, que será posteriormente objeto del análisis anunciado:

**Tabla 9-8 Materia prima, insumos, productos intermedios y productos terminados por proceso**

Unidades	Materia prima/ insumos	Productos intermedios	Productos terminados	Caso <sup>11</sup>
Desalinización	Petróleo crudo			A
Destilación atmosférica	Petróleo crudo	Hidrocarburos líquidos y gaseosos, nafta	Nafta	A
Destilación al vacío		Hidrocarburos líquidos		A
Hidrodesulfurización kero/diesel (ULSD1/2 HDS)	MEA/DEA	Hidrocarburos líquidos, nafta, H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub>		B
Hidrodesulfurización nafta (NHT)		Nafta, H <sub>2</sub>		A
Reformado catalítico continuo (CCR)	NaOH, tricloroetano	Nafta, hidrocarburos gaseosos, H <sub>2</sub>		G
BenzOut		Hidrocarburos gaseosos, nafta		A
Kero Merichem	NaOH, MEA/DEA, carbón activado	Hidrocarburos líquidos		C
Hidrocraqueo (HDC)	MEA/DEA	Hidrocarburos líquidos y gaseosos, nafta, H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub>		B
Craqueo catalítico en lecho fluidizado (FCC)	MEA/DEA, platino (catalizador)	Hidrocarburos líquidos/gaseosos, H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub>	Arotar	D
Destilación catalítica de la nafta (CD Tech®)	MEA/DEA	Hidrocarburos líquidos, nafta, H <sub>2</sub> S, H <sub>2</sub>		B
Coquización	MEA/DEA	Hidrocarburos líquidos y gaseosos, nafta, H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub>	Coque grado ánodo o combustible	E
Alquilación	KOH, HF	Hidrocarburos líquidos y gaseosos		I
Isomerización C <sub>4</sub> (Butamer)	n-butano	Hidrocarburos gaseosos, H <sub>2</sub>		A
Producción de gasolina		Hidrocarburos líquidos y gaseosos	Gasolina	A
Producción de diesel/keroseno		Hidrocarburos líquidos	Diesel, jet	A
Producción de propano/propileno		Hidrocarburos gaseosos	Propano, propileno	A
Purificación de Hidrógeno (PSA)	MEA/DEA	H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub>		B
Producción de Azufre (conversión catalítica)	NaOH	H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub>	Azufre sólido	H
Saturación de gases (unidad de amina, separación de gases)	NaOH, MEA/DEA	Hidrocarburos líquidos y gaseosos, H <sub>2</sub> S, H <sub>2</sub>	Gas combustible de planta	F
Generación de Hidrógeno	Gas natural (metano)	H <sub>2</sub>		A
Planta de tratamiento de aguas residuales	NaOH, FeCl <sub>3</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , NaClO, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , carbón activado	Efluentes	Efluentes tratados, lodos aceitosos	J
Planta de agua industrial	NaOH, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Cl <sub>2</sub> , carbón activado	Agua	Agua purificada, lodos	K

<sup>11</sup> El análisis de las incompatibilidades químicas correspondientes a cada caso es presentado en el párrafo 9.1.2.3.

Para los propósitos de este estudio, se consideraron el amoníaco y el cloro, no solo por ser utilizados en la Refinería, sino también por ser gases manejados en cantidades significativas en las plantas vecinas (Abocol y Refisal) y por ende susceptibles de ser emitidos – en caso de accidente –, llegando en forma de nube hasta la Refinería de Cartagena si las condiciones meteorológicas lo favorecen, lo cual no es muy probable dado que dichas plantas se encuentran al sur de la Refinería.

El Nitrógeno será utilizado en todas las unidades, como insumo para el blanketing de tanques o la purga de tuberías.

#### *9.1.2.2 Peligrosidad de las sustancias*

Las tablas siguientes permiten visualizar los temas de importancia y definir los procedimientos de almacenamiento y transporte interno, entre otros:

- La Tabla 9-9 muestra la peligrosidad de cada sustancia.
- Mayores detalles respecto a los límites de exposición y los efectos de una exposición aguda o crónica se presentan en la Tabla 9-10.
- La Figura 9-3 muestra las incompatibilidades entre sustancias de acuerdo con su clasificación ONU.

**Tabla 9-9 Peligrosidad de los productos, productos intermedios, materias primas e insumos**

	Productos, subproductos, materias primas e insumos	Clasificación de peligrosidad		Observaciones
		ONU	NFPA 704	
MATERIA PRIMA	Petróleo crudo  Grupos reactivos: hidrocarburos alifáticos saturados y no saturados e hidrocarburos aromáticos	Clase 3 UN 1267 GE I/II/III	No clasificado	<b>Riesgos:</b> Altamente inflamable. Los vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire. En general los vapores son más pesados que el aire. Los contenedores pueden explotar si están expuestos al calor. En caso de contacto, posible irritación de los ojos y de la piel. Vapores sofocantes, posibles mareos. En caso de incendio, emisión de gases irritantes y corrosivos. <b>Incompatibilidades:</b> En general, es poco reactivo. Posible incompatibilidad con oxidantes fuertes (carbonización, seguido de ignición del petróleo que no haya reaccionado y de los demás combustibles).
INSUMOS	Soda cáustica (NaOH)  CAS 1310-73-2 Grupo reactivo: bases	Clase 8 UN 1824 GE II/III	Salud 3 Inflamabilidad 0 Reactividad 1	<b>Riesgos:</b> (ver límites y efectos de exposición en Tabla 9-10) R35: Provoca quemaduras graves. Con el calor, puede emitir vapores tóxicos y/o corrosivos, posiblemente oxidantes (iniciando incendios de materias orgánicas: madera, telas, etc.). <b>Incompatibilidades:</b> Ácidos orgánicos e inorgánicos, anhídridos ácidos orgánicos e inorgánicos (incluyendo óxidos de no metales como dióxido de sulfuro, trióxido de sulfuro, trióxido de Fósforo, pentaóxido de Fósforo), cloruros ácidos orgánicos e inorgánicos: reacción rápida y exotérmica. Anhídrido maléico: explosión posible. Ataca metales como el Aluminio, magnesio, estaño y zinc, liberando Hidrógeno. Materiales orgánicos polimerizables (acetaldehído, acroleína): puede iniciar una polimerización. Pentol: explosión violenta. Azúcares reductores diferentes de la sacarosa en soluciones a más de 84°C: liberación de monóxido de Carbono. Hidroquinona en concentraciones altas de soda cáustica (o temperaturas elevadas): descomposición exotérmica. Compuestos halógenos orgánicos como el tricloroetileno. Nitrometano y otros compuestos nitro similares: formación de sales sensibles al impacto. Materiales inflamables. <b>Comportamiento:</b> Generación de calor por hidrólisis, posible emisión de vapores y salpicaduras. Absorbe lentamente el CO <sub>2</sub> del aire, generando incrustaciones o precipitados.

	Productos, subproductos, materias primas e insumos	Clasificación de peligrosidad		Observaciones
		ONU	NFPA 704	
INSUMOS	Monoetanolamina (C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> NO)  CAS 141-43-5 Grupo reactivo: aminas; alcoholes y polioles	Clase 8 UN 2491 GE III	Salud 3 Inflamabilidad 2 Reactividad 0	<b>Riesgos:</b> (ver límites y efectos de exposición en Tabla 9-10) Irritante para los ojos y la piel. Inhalación: tos, sensación de asfixia, náuseas, dolores de cabeza. Emisión de óxidos de Nitrógeno tóxicos en caso de incendio. <b>Incompatibilidades:</b> Isocianatos, orgánicos halogenados, peróxidos, fenoles (ácidos), epóxidos, anhídridos, halidos ácidos. Agentes reductores fuertes (como hidrúridos): emisión de Hidrógeno inflamable. Materiales oxidantes, ácidos, dióxido de Carbono, aleaciones de Cobre, Aluminio, zinc, Hierro galvanizado y Cobre.
	Dietanolamina (C <sub>4</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>2</sub> )  CAS 111-42-2 Grupo reactivo: aminas; alcoholes y polioles	Clase 8 UN 2735 (aminas o poliaminas líquidas corrosivas, N.E.P.) GE I/II/III	Salud 3 Inflamabilidad 1 Reactividad 0	<b>Riesgos:</b> (ver límites de exposición en Tabla 9-10) Moderadamente tóxico. Vapores irritantes para la nariz y los ojos. Líquido irritante para la piel y los ojos. Emisión de óxidos de Nitrógeno tóxicos en caso de incendio. Disolución exotérmica en agua. <b>Incompatibilidades:</b> Corrosivo para el Cobre, Latón, caucho y tejidos. Ácidos orgánicos (etanol, ácido acrílico), ácidos inorgánicos (ácido hidroclicóric, fluorhídric, nítric, sulfúric, clorosulfónico), anhídrido acético, acroleína, acrilonitrilo, celulosa, epiclrohídrina, mesitil óxido, beta-propiolactona, vinil acetato.
	Hidróxido de potasio (KOH)  CAS 1310-58-3 Grupo reactivo: bases	Clase 8 UN 1814 GE II/III	Salud 3 Inflamabilidad 0 Reactividad 1	<b>Riesgos:</b> (ver límites de exposición en Tabla 9-10) Corrosivo para metales y tejidos. Disolución exotérmica en agua. Puede generar vapores tóxicos en caso de exposición al calor. <b>Incompatibilidades:</b> Aluminio, zinc: liberación de Oxígeno. Ácidos: reacción exotérmica. Disuelve lentamente el vidrio. Polietileno.

	Productos, subproductos, materias primas e insumos	Clasificación de peligrosidad		Observaciones
		ONU	NFPA 704	
	Tricloroetano (CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub> )  CAS 71-55-6 Grupo reactivo: compuestos orgánicos halogenados	Clase 6.1 UN 2831 GE III	Salud 2 Inflamabilidad 1 Reactividad 0	<b>Riesgos:</b> (ver límites y efectos de exposición en Tabla 9-10) Puede irritar los ojos, la piel y las mucosas. Los vapores tienen un efecto narcótico a altas concentraciones. Puede emitir vapores tóxicos si está expuesto a altas temperaturas. Se descompone en caso de exposición a la luz solar. <b>Incompatibilidades:</b> Se descompone en presencia de metales químicamente activos (Aluminio, magnesio y sus aleaciones). Oxidantes fuertes y bases fuertes. Tetraóxido de diNitrógeno, Oxígeno, aleaciones de sodio y sodio-potasio, acetona, zonc, nitratos: reacción violenta. Hidróxido de sodio. Potasio y sus aleaciones: mezcla explosivas en caso de cualquier choque. Suspensiones acuosas de hidróxido de calcio. Cloro con exposición a la luz solar. Ataca algunos plásticos, caucho y revestimientos. Catalizador de cobalto/molibdeno/alúmina: reacción exotérmica.
INSUMOS	Ácido fluorhídrico (HF)  CAS 7664-39-3 Grupo reactivo: ácidos inorgánicos no oxidantes	Clase 8 / 6.1 UN 2031 GE I/II	Salud 4 Inflamabilidad 0 Reactividad 1	<b>Riesgos:</b> (ver límites y efectos de exposición en Tabla 9-10) Emite vapores en contacto con el aire o en casos de incendio, altamente irritantes, corrosivos y venenosos. Disolución fuertemente exotérmica en agua, con posibles salpicaduras y emisiones de gases corrosivos y/o tóxicos. Los contenedores pueden explotar en caso de exposición al calor y si son contaminados con agua. Tóxico por inhalación o contacto con la piel y los ojos. <b>Incompatibilidades:</b> Agua. Aire. Corrosivo para los metales (Hierro, acero), con emisión de Hidrógeno (en dilución por debajo del 65%), el vidrio y demás sustancias que contienen silicio. Bases (como aminas, amidas, hidróxidos inorgánicos): reacción exotérmica. Alquenos: puede iniciar una polimerización. Sales y compuestos de cianuro: liberación de cianuro de Hidrógeno. Ditiocarbamatos, isocianatos, mercaptanos, nitridos, nitrilos, sulfidos, sulfitos, nitritos, tiosulfatos, ditionitas, carbonatos: emisión de gases inflamables y/o tóxicos. Catalizador de reacciones químicas. Fluoruro de cianógeno, ácido metanosulfónico o glicerol mezclado con etanol: reacción explosiva. Trióxido de arsénico, pentacloruro de Fósforo, anhídrido acético, metales alcalinos, hidróxido de amonio, ácido clorosulfónico, etilendiamina, flúor, permanganato de potasio, óleo, óxido de propileno, acetato de vinilo, óxido de mercurio II: reacción violenta. Compuestos de silicona y silicidos metálicos: emisión de tetrafluoruro de silicona. 2-aminoetanol, amoniaco líquido, etilenimina, ácido sulfúrico (48,7%), hidróxido de sodio en solución (48,7%), óxido de propileno: exotérmico y presurización.

	Productos, subproductos, materias primas e insumos	Clasificación de peligrosidad		Observaciones
		ONU	NFPA 704	
	Platino (Pt)  CAS 7440-06-4 Grupo reactivo: metales menos reactivos	Clase 4.2 UN 2881 (catalizador de metal seco) GE I/II/III	No calificado	<b>Riesgos:</b> R8: Peligro de fuego en contacto con materias combustibles. Los catalizadores de platino son particularmente peligrosos y pueden ser explosivos. <b>Incompatibilidades:</b> Óxidos de metales alcalinos fundidos, acetona, Aluminio, arsénico, etano, hidrazina, peróxido de Hidrógeno, litio, Fósforo, selenio, telurio, muchos fluoruros, etanol, metanol. F <sub>2</sub> y Cl <sub>2</sub> (al rojo). Absorbe grandes volúmenes de Hidrógeno cuando está caliente. Cataliza la oxidación del amoníaco por el aire.
INSUMOS	n-butano (CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> )  CAS 106-97-8 Grupo reactivo: hidrocarburos alifáticos saturados	Clase 2.1 UN 1011	Salud 1 Inflamabilidad 2 Reactividad 0	<b>Riesgos:</b> (ver límites y efectos de exposición en Tabla 9-10) Altamente inflamable. Forma mezclas explosivas con el aire. Inicialmente, vapores más pesados que el aire, susceptibles de expandirse al nivel del suelo. Los contenedores pueden explotar. Somnolencia por altas exposiciones. <b>Incompatibilidades:</b> Oxidantes. Ácidos y bases.
	Gas natural (metano) (CH <sub>4</sub> ) CAS 74-82-8  Grupo reactivo: hidrocarburos alifáticos saturados	Clase 2.1 UN 1971	Salud 2 Inflamabilidad 4 Reactividad 0	<b>Riesgos:</b> R12: Extremadamente inflamable (entre 5 y 15% vol. en aire). Asfixia por desplazamiento del Oxígeno (vapores inicialmente más pesados que el aire). <b>Incompatibilidades:</b> Oxígeno líquido (con metano líquido). Oxidantes fuertes (pentafluoruro de bromo, trifluoruro de cloro, cloro, yodo, heptafluoruro, tetrafluoroborato de diOxígeno, difluoruro de diOxígeno, Oxígeno líquido), dióxido de cloro, trifluoruro de Nitrógeno.
	Cloruro férrico (FeCl <sub>3</sub> )  CAS 7705-08-0 Grupo reactivo: sales ácidas inorgánicas o orgánicas	Clase 8 UN 1773 GE III	Salud 3 Inflamabilidad 0 Reactividad 1	<b>Riesgos:</b> R22: nocivo por ingestión. R34: provoca quemaduras. Higroscópico, poco soluble en agua. Non combustible, pero emite humos de cloruro de Hidrógeno irritantes. Irritante para los ojos, la nariz y la garganta en caso de inhalación. Irritación de la piel en caso de contacto prolongado. <b>Incompatibilidades:</b> Húmedo, es corrosivo para el Aluminio y otros metales. Cataliza la polimerización del óxido de etileno y de los alil cloruros.

	Productos, subproductos, materias primas e insumos	Clasificación de peligrosidad		Observaciones
		ONU	NFPA 704	
	<p>Ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)</p> <p>CAS 7664-38-2</p> <p>Grupo reactivo: ácidos inorgánicos no oxidantes</p>	<p>Clase 8</p> <p>UN 1805</p> <p>GE III</p>	<p>Salud 3</p> <p>Inflamabilidad 0</p> <p>Reactividad 0</p>	<p><b>Riesgos:</b> (ver límites y efectos de exposición en Tabla 9-10)</p> <p>R34: Provoca quemaduras: corrosivo para tejidos (como mucosas, en caso de contacto). Puede generar gases corrosivos, tóxicos (Fósforo) y/o oxidantes en caso de exposición al calor (explosión de recipientes también posible). Ver límites de exposición en la Tabla 9-10.</p> <p><b>Incompatibilidades:</b></p> <p><u>Metales (Aluminio, Hierro): emisión de Hidrógeno. Bases: reacción exotérmica.</u></p> <p>Puede iniciar la polimerización de algunos compuestos orgánicos. Compuestos de cianuro: liberación de cianuro de Hidrógeno. Tiocarbamatos, isocianatos, mercaptanes, nitridos, nitritos, sulfuros, fuertes agentes reductores: liberación de gases inflamables y/o tóxicos. Nitrometano: mezcla explosiva. Tetrahidroborato: reacción violenta. En presencia de cloruros, puede corroer el acero inoxidable, con liberación de Hidrógeno.</p>
INSUMOS	<p>Hipoclorito de sodio (NaClO)</p> <p>CAS 7681-52-9</p> <p>Grupo reactivo: agentes oxidantes inorgánicos</p>	<p>Clase 8</p> <p>UN 1791</p> <p>GE II/III</p>	<p>No calificado</p>	<p><b>Riesgos:</b></p> <p>R31: En contacto con ácidos libera gases tóxicos.</p> <p>R34: Provoca quemaduras.</p> <p>Agente fuertemente oxidante.</p> <p><b>Incompatibilidades:</b></p> <p>Sales de ácido hipocloroso. Urea: formación de tricloruro de Nitrógeno explosivo. Ácidos, calor, sulfato de Aluminio, férrico, ferroso, cloruro de Aluminio, cloruro de Aluminio, férrico, ferroso: vapores tóxicos de cloro. Agentes reductores (como el sulfito, bisulfito, hidrosulfito o tiosulfato de sodio): reacción exotérmica. Ataca muchos metales, como el Cobre, Níquel, cobalto, Hierro, acero, Aluminio: liberación de Oxígeno, generalmente sin violencia; puede presurizar sistemas cerrados. Amoníaco y sus compuestos (como hidróxido de amonio, cloruro de amonio, silico-fluoruro de amonio, sulfato de amonio, sales de amonio, cuaternarias): formación de compuestos explosivos, liberación de cloro y otros gases nocivos. Compuestos orgánicos, como solventes, aminas, combustibles y aceites, polímeros orgánicos, etilenglicol, metanol, insecticidas: formación de compuestos organoclorados, de compuestos explosivos, liberación de cloro. Peróxido de Hidrógeno: liberación violenta de Oxígeno.</p> <p><b>Comportamiento:</b> Se descompone en gases cloro y Oxígeno en agua caliente.</p>

	Productos, subproductos, materias primas e insumos	Clasificación de peligrosidad		Observaciones
		ONU	NFPA 704	
INSUMOS	<p>Acido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)</p> <p>CAS 7664-93-9</p> <p>Grupo reactivo: ácidos oxidantes inorgánicos</p>	<p>Clase 8</p> <p>UN 1830</p> <p>GE II</p>	<p>Salud 3</p> <p>Inflamabilidad 0</p> <p>Reactividad 2</p> <p>Especiales: Evite la utilización de agua</p>	<p><b>Riesgos:</b> (ver límites y efectos de exposición en Tabla 9-10)</p> <p>R35: Provoca quemaduras graves.</p> <p>Agente fuertemente oxidante.</p> <p>Sustancia reactiva con el agua.</p> <p><b>Incompatibilidades:</b></p> <p>Pentafluoruro de bromo, paranitrotolueno (80°C), permanganato de potasio húmedo, acrilonitrilo caliente. Carbidos, bromatos, cloratos, fulminatos, carburos, picratos, metales en polvo: reacción extremadamente peligrosa. Liberación de Hidrógeno con metales. Alil cloruro: polimerización. Hipoclorito de sodio: reacción exotérmica con liberación de cloro. Ácido clorosulfúrico: liberación de HCl. Acetonitrilo, acroleína, 2-aminoetanol, hidróxido de amonio, anilina, n-butiraldehído, ácido clorosulfónico, etilendiamina, etilenamina, epíclorohidrina, cianohidrina de etileno, ácido clorhídrico, ácido fluorhídrico, propiolactona, óxido de propileno, hidróxido de sodio, estireno: aumento de temperatura y presión. Carboniza la madera sin generar incendios. Calor: liberación de humos irritantes o tóxicos (óxidos de Azufre). Agua: a concentraciones mayores a 80-90%, hidrólisis extremadamente exotérmica.</p>
	<p>Carbón activado</p> <p>CAS 7440-44-0</p> <p>Grupo reactivo: agentes reductores inorgánicos</p>	<p>Clase 4.2</p> <p>UN 1362</p> <p>GE III</p>	<p>No clasificado</p>	<p><b>Riesgos:</b></p> <p>Altamente inflamable (por fricción calor, llamas o chispas), con emisión de gases tóxicos y/o irritantes. Posible reignición. Polvo explosivo en caso de exposición al calor o a una llama. El agua o de contaminantes como los aceites favorece la ignición. El contacto con la sustancia fundido puede causar serias quemaduras.</p> <p><b>Incompatibilidades:</b></p> <p>Agentes muy oxidantes como flúor, perclorato de amonio, pentafluoruro de bromo, trifluoruro de bromo o de cloro, óxido de dicloro, peróxido de potasio, aire, metales, aceites no saturados.</p>

	Productos, subproductos, materias primas e insumos	Clasificación de peligrosidad		Observaciones
		ONU	NFPA 704	
INSUMOS	<p>Cloro (Cl<sub>2</sub>)</p> <p>CAS 7782-50-5</p> <p>Grupo reactivo: agentes oxidantes inorgánicos; fuertes agentes halogenados</p>	Clase 2.3 / 8 UN 1017	Salud 4 Inflamabilidad 0 Reactividad 0 Especiales: Oxidante	<p><b>Riesgos:</b> (ver límites y efectos de exposición en Tabla 9-10)</p> <p>R23: Tóxico por inhalación.</p> <p>R36/37/38: Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.</p> <p>R50: Muy tóxico para los organismos acuáticos.</p> <p>Por exposición al calor de un incendio, un contenedor puede explotar. Agente fuertemente oxidante. El agua disuelve aproximadamente 2 veces su volumen de gas cloro, formando una mezcla de ácidos clorhídrico e hipocloroso, corrosiva por su acidez y su potencial oxidante.</p> <p><b>Incompatibilidades:</b></p> <p>Combustibles, Hidrógeno: explosión. Materiales combustibles (madera, papel, plásticos, caucho): favorece los incendios. Vapor de agua: vapores corrosivos de ácido clorhídrico. Metales en polvo o papel (Aluminio, estaño, Vanadio, Cobre, Latón, calcio, manganeso, potasio, antimonio, bismuto, germanio, sodio y zinc). Acero a 100°C: ignición en presencia de catalizadores como el carbón, hollín, oxidación. Alcoholes, Aluminio fundido, silanos, pentafluoruro de bromo, disulfuro de Carbono (en presencia de Hierro), 2-cloro 1-propino, dibutilftalato (a 118°C), glicerol (70-80°C), metano con óxido de mercurio, acetileno, etileno con mercurio, óxido de mercurio, óxido de plata, dietileter, dietilzinc, gasolina, cloruro de zinc, cera, carbidos de Hierro, uranio o zirconio, hidridos de sodio, potasio y Cobre, metanol, amoníaco, hidracina, hidroxilamina, nitruro de calcio, aziridina, arsina, fosfina, silano, diborano, estibina, Fósforo rojo, boro, carbón activado, silicona, arsénico, sulfuros, trialquilboranos, dióxido de tungsteno: incendio o explosión. Cianuro de Hidrógeno: formación de tricloruro de Nitrógeno. Sustancias básicas. Trementina.</p>
	<p>Nitrógeno (N<sub>2</sub>)</p> <p>CAS 7727-37-9</p> <p>Grupo reactivo: sustancia no reactiva</p>	Clase 2.2 UN 1066	No clasificado	<p><b>Riesgos:</b></p> <p>Los contenedores pueden explotar en caso de exposición al calor. Los vapores pueden causar vértigos o asfixia. Los vapores pueden ser inicialmente más pesados que el aire y expandirse.</p> <p><b>Incompatibilidades:</b></p> <p>Únicamente en condiciones extremas, polvo de magnesio en presencia de una llama: reacción violenta.</p>

	Productos, subproductos, materias primas e insumos	Clasificación de peligrosidad		Observaciones
		ONU	NFPA 704	
PRODUCTOS TERMINADOS	Propileno (3 grados) (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> ) CAS 115-07-1 Grupo reactivo: hidrocarburos alifáticos no saturados	Clase 2.1 UN 1077	Salud 1 Inflamabilidad 4 Reactividad 1	<b>Riesgos:</b> Fácilmente inflamable. Vapores más pesados que el aire. Un contenedor puede explotar en caso de exposición prolongada a un incendio a un calor intenso. Licuado, puede causar congelación. En concentración moderada en el aire, puede causar vértigos. <b>Incompatibilidades:</b> Peróxido de Nitrógeno: explosión por formación de nitrosatos o nitrositos (inestables). Licuado a muy baja temperatura con agua: ebullición y explosión si el agua es caliente.
	Propano (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) CAS 68476-85-7 Grupo reactivo: hidrocarburos alifáticos saturados	Clase 2.1 UN 1978	Salud 2 Inflamabilidad 4 Reactividad 0	<b>Riesgos:</b> (ver límites y efectos de exposición en Tabla 9-10) R12: Extremadamente inflamable. Inicialmente, vapores más pesados que el aire, susceptibles de expandirse al nivel del suelo. Los contenedores pueden explotar. <b>Incompatibilidades:</b> Oxidantes fuertes.
	Gasolina (4 grados) CAS 8006-61-9 Grupo reactivo: hidrocarburos alifáticos saturados	Clase 3 UN 1203 GE II	Salud 1 Inflamabilidad 3 Reactividad 0	<b>Riesgos:</b> (ver límites de exposición en Tabla 9-10) Altamente inflamable. Vapores más pesados que el aire. Irritación de las mucosas. Estimulación seguida de una depresión del sistema nervioso central. Vértigos, dolores de cabeza, descoordinación y eventualmente anestesia, coma y paro respiratorio, en caso de inhalación. Poco reactivo. <b>Incompatibilidades:</b> Agentes oxidantes fuertes como ácido nítrico, peróxidos y percloratos: carbonización seguida de una ignición de los hidrocarburos residuales y demás combustibles.
	Jet (JP-1) CAS 8008-20-6 Grupo reactivo: hidrocarburos alifáticos saturados	Clase 3 UN 1223 GE III	Salud 0 Inflamabilidad 2 Reactividad 0	<b>Riesgos:</b> (ver límites de exposición en Tabla 9-10) Altamente inflamable. Vapores ligeramente irritantes para los ojos y la nariz. Poco reactivo. <b>Incompatibilidades:</b> Agentes oxidantes fuertes como ácido nítrico: carbonización seguida de una ignición de los hidrocarburos residuales y demás combustibles.

	Productos, subproductos, materias primas e insumos	Clasificación de peligrosidad		Observaciones
		ONU	NFPA 704	
PRODUCTOS TERMINADOS	Diesel (3 grados) Grupo reactivo: hidrocarburos alifáticos saturados	Clase 3 UN 1202 GE III	Salud 0 Inflamabilidad 2 Reactividad 0	<p><b>Riesgos:</b> Altamente inflamable. Los vapores pueden formar mezclas explosivas en el aire. Vapores más pesados que el aire. Posible polimerización. Poco reactivo. Inhalación: irritación de las vías respiratorias superiores, estimulación seguida de una depresión del sistema nervioso central, vértigos, dolores de cabeza, descoordinación y eventualmente anestesia, coma, paro respiratorio.</p> <p><b>Incompatibilidades:</b> Agentes oxidantes fuertes como ácido nítrico: carbonización seguida de una ignición de los hidrocarburos residuales y demás combustibles.</p>
	Nafta CAS 68475-80-0 Grupos reactivos: hidrocarburos alifáticos saturados e hidrocarburos aromáticos	Clase 3 UN 1268 GE I/II/III	Salud 0 Inflamabilidad 2 Reactividad 0	<p><b>Riesgos:</b> Altamente inflamable. Los vapores pueden formar mezclas explosivas en el aire. Vapores más pesados que el aire. Posible polimerización en caso de incendio. Los contenedores pueden explotar en caso de exposición al calor. Altas concentraciones de vapores pueden causar una intoxicación. Poco reactivo.</p> <p><b>Incompatibilidades:</b> Agentes oxidantes fuertes como ácido nítrico: carbonización seguida de una ignición de los hidrocarburos residuales y demás combustibles.</p>

	Productos, subproductos, materias primas e insumos	Clasificación de peligrosidad		Observaciones
		ONU	NFPA 704	
PRODUCTOS TERMINADOS	<p>Azufre (S)</p> <p>CAS 7704-34-9</p> <p>Grupo reactivo: agentes inorgánicos reductores</p>	<p>Clase 4.1</p> <p>UN 1350</p> <p>GE III</p>	<p>Salud 2</p> <p>Inflamabilidad 1</p> <p>Reactividad 0</p>	<p><b>Riesgos:</b></p> <p>Inflamable, con formación de gases tóxicos o irritantes. Irritante para la piel, los ojos y las mucosas. Explosivo cuando está en polvo. Puede inflamarse después de haber controlado un incendio.</p> <p><b>Incompatibilidades:</b></p> <p>Agentes fuertemente oxidantes: explosión. Hierro: formación de compuestos pirofóricos. Corrosivo para el Cobre, la plata y el mercurio. Trifluoruro de bromo. Gas flúor: ignición. Torio. Amoníaco: formación de nitrido de sulfuro explosivo. Fosfido de calcio a 300°C. Trióxido de Fósforo. Nitrato de amonio o polvos metálicos: explosión por choque. Bromatos, cloratos o iodatos de bario, calcio, magnesio, potasio, sodio o zinc (sustancias finamente divididas): explosión por calor, fricción, choque y a veces luz. Carbido de bario a 150°C: incandescente. Carbido de calcio o estroncio a 500°C: incandescente. Ataca el litio y el carbido de selenio calientes, con incandescencia. Zinc en polvo, estaño: explosión. Nitrato de potasio y trisulfido de arsénico: mezcla pirotécnica. Perclorato: explosión por impacto. Hipoclorito de calcio. Dióxido de cloro: fuego espontáneo y posible explosión. Calentado con anhídrido crómico: ignición y posible explosión. Hidrocarburos (pequeñas cantidades) con Azufre fundido: emisión de sulfuro de Hidrógeno y sulfuro de Carbono. Nitridos de los metales del grupo I: formación de mezclas inflamables y emisión de amoníaco y sulfuro de Hidrógeno en presencia de agua.</p>
	<p>Coque grado ánodo/combustible</p> <p>CAS 64741-79-3</p> <p>Grupo reactivo: agentes inorgánicos reductores</p>	<p>Clase 4.2</p> <p>UN 1361</p> <p>(carbón vegetal o animal)</p> <p>GE II/III</p>	<p>No clasificado</p>	<p><b>Riesgos:</b></p> <p>Inflamable.</p> <p><b>Incompatibilidades:</b></p> <p>Clorato de zinc.</p>

	Productos, subproductos, materias primas e insumos	Clasificación de peligrosidad		Observaciones
		ONU	NFPA 704	
	<p>Arotar (alquitrán aromático)</p> <p>CAS 101316-83-0, 8007-45-2, 69912-81-8, 91722-33-7</p> <p>Grupo reactivo: hidrocarburos aromáticos</p>	<p>Clase 3</p> <p>UN 1999</p> <p>GE II/III</p>	<p>No clasificado</p>	<p><b>Riesgos:</b></p> <p>Altamente inflamable, con emisión de gases irritantes, corrosivos o tóxicos. Los vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire. Vapores más pesados que el aire, que pueden causar vértigos y sofocación. Eventualmente polimerizable. Los contenedores pueden explotar en caso de exposición al calor. Tóxico por inhalación o contacto con la piel. Quemaduras en caso de contacto con la piel y los ojos.</p> <p><b>Incompatibilidades:</b></p> <p>Agentes fuertemente oxidantes. Bases, compuestos diazo: reacción exotérmica.</p>
PRODUCTOS INTERMEDIOS	<p>Hidrógeno (H<sub>2</sub>)</p> <p>CAS 1333-74-0</p> <p>Grupo reactivo: agentes inorgánicos reductores</p>	<p>Clase 2.1</p> <p>UN 1049</p>	<p>Salud 0</p> <p>Inflamabilidad 4</p> <p>Reactividad 0</p>	<p><b>Riesgos:</b></p> <p>Extremadamente inflamable. Forma mezclas explosivos en el aire. Los recipientes pueden explotar en caso de exposición al calor. Los vapores pueden causar vértigos o asfixia. En caso de incendio, emisión de gases irritantes o tóxicos.</p> <p><b>Incompatibilidades:</b></p> <p>Oxígeno en presencia de platino finamente dividido y otros metales: explosión. Trifluoruro de Nitrógeno: ignición y explosión. Difluoruro de Oxígeno: explosión en caso de chispa. 1'-pentol, 1''-pentol con Hidrógeno a presión: explosión.</p>
	<p>Gas combustible (H<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>)</p> <p>Grupo reactivo: hidrocarburos alifáticos saturados</p>	<p>Clase 2.1</p>	<p>Salud 0/2</p> <p>Inflamabilidad 4/4</p> <p>Reactividad 0</p>	<p>Ver Hidrógeno y metano (gas natural).</p>

Productos, subproductos, materias primas e insumos	Clasificación de peligrosidad		Observaciones
	ONU	NFPA 704	
<p>Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S)</p> <p>CAS 7783-06-4</p> <p>Grupo reactivo: sulfuros inorgánicos</p>	<p>Clase 2.1 / 2.3</p> <p>UN 1053</p>	<p>Salud 4</p> <p>Inflamabilidad 4</p> <p>Reactividad 0</p>	<p><b>Riesgos:</b> (ver límites y efectos de exposición en Tabla 9-10)</p> <p>Altamente inflamable. Los vapores forman mezclas explosivas en el aire. Vapores más pesados que el aire. Muerte inmediata en caso de una exposición a muy altas concentraciones, por parálisis de los centros respiratorios del sistema nervioso. Muerte o daños permanentes pueden ocurrir a más baja concentración. En caso de incendio, emisión de óxidos de Azufre tóxicos.</p> <p><b>Incompatibilidades:</b></p> <p>Oxidantes fuertes (como ácido nítrico), metales., líquidos o gases corrosivos. Bases: reacción exotérmica (el calor de la reacción con lechada de cal, hidróxido de sodio, de potasio o de bario puede causar la ignición o la explosión del sulfuro de Hidrógeno que no haya reaccionado). Pentafluoruro de bromo, trifluoruro de cloro, triyoduro de Nitrógeno, tricloruro de Nitrógeno, difluoruro de Oxígeno, cloruro de fenil diazonio, óxido de dicloro, fulminato de plata: mezclas explosivas. Cobre y otros metales en polvo con Oxígeno: ignición y explosión. Óxidos de metales o peróxidos (peróxido de bario, trióxido de Cromo, óxido de Cobre, dióxido de plomo, dióxido de manganeso, óxido de Níquel, óxido y dióxido de plata, dióxido y trióxido de talio, peróxido de sodio, óxido de mercurio, óxido de calcio, óxido de plomo IV): ignición. Bromato de plata, hipoclorito de plomo II, cromato de Cobre y oxidación (tuberías de Hierro oxidado): ignición.</p>

	Productos, subproductos, materias primas e insumos	Clasificación de peligrosidad		Observaciones
		ONU	NFPA 704	
PRODUCTOS INTERMEDIOS	Amoníaco (NH <sub>3</sub> )  CAS 7664-41-7 Grupo reactivo: bases	Clase 2.3 / 8 UN 1005	Salud 3 Inflamabilidad 1 Reactividad 0	<p><b>Riesgos:</b> (ver límites y efectos de exposición en Tabla 9-10) R10: Inflamable (entre 15 y 30% vol. en aire). R23: Tóxico por inhalación (CPIS/IDLH: 300 ppm; VLA/TLW: 25 ppm; LEP/PEL: 50 ppm). R34: Provoca quemaduras. R50: Muy tóxico para los organismos acuáticos. Reacciona con el agua, con emisión potencialmente importante de calor.</p> <p><b>Incompatibilidades:</b> Ácidos: reacción exotérmica y potencialmente violenta. Óxido de plata, mercurio: formación de compuestos que explotan en contacto con halógenos. Cloratos: formación del explosivo clorato de amonio. Flúor, cloro, bromo, yodo, algunos halogenados (pentafluoruro, trifluoruro de cloro): reacción violenta y formación de compuestos explosivos. Solución de hipoclorito de sodio: vapores tóxicos y explosivos de tricloruro de amonio. 1,2-dicloroetano (con amoníaco líquido), halogenuros de boro, óxido de etileno, percloratos u oxidantes fuertes (cloruro de cromilo, trióxido de Cromo, ácido crómico, ácido nítrico, peróxido de Hidrógeno, cloratos, flúor, óxido nítrico, Oxígeno líquido): reacciones explosivas (polimerización con óxido de etileno). Cloruro de plata, óxido de plata, nitrato de plata: formación de nitrato de plata explosivo. Algunos metales pesados (mercurio, cloruro de oro III): formación posible de productos explosivos al estado seco. Calor de un incendio: explosión posible de un contenedor. Tricloruro de Nitrógeno. Metales alcalinos. Ácido pícrico (trinitrofenol). Sales de zinc. Corrosivo para las superficies de Cobre y galvanizadas.</p>
	Propano/propileno (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> /C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> )  CAS 74-98-6 /115-07-1 Grupo reactivo: hidrocarburos alifáticos no saturados	Clase 2.1 UN 1978/1077	Salud 2/1 Inflamabilidad 4 Reactividad: 0/1	Ver propano y propileno.
	Butano			Ver butano en insumos.

	Productos, subproductos, materias primas e insumos	Clasificación de peligrosidad		Observaciones
		ONU	NFPA 704	
PRODUCTOS INTERMEDIOS	Isobutano (CH <sub>3</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ) CAS 75-28-5 Grupo reactivo: hidrocarburos alifáticos saturados	Clase 2.1 UN 1969	Salud 0 Inflamabilidad 4 Reactividad 0	<b>Riesgos:</b> Altamente inflamable. Forma mezclas explosivas con el aire. Inicialmente, vapores más pesados que el aire, susceptibles de expandirse al nivel del suelo. Los contenedores pueden explotar en caso de incendio o calor intenso. Anestesia en caso de altas exposiciones. <b>Incompatibilidades:</b> Oxidantes fuertes (como nitratos y percloratos), cloro, flúor, carbonilo de Níquel.
	Nafta			Ver nafta en categoría productos.
	Queroseno CAS 8008-20-6 Grupo reactivo: hidrocarburos alifáticos saturados	Clase 3 UN 1223 GE III	Salud 2 Inflamabilidad 2 Reactividad 0	<b>Riesgos:</b> Altamente inflamable. Los vapores pueden formar mezclas explosivas en el aire. Vapores más pesados que el aire. Posible polimerización en caso de incendio o calor. Los contenedores pueden explotar en caso de exposición al calor. Vapores ligeramente irritantes para los ojos y la nariz. Poco reactivo. <b>Incompatibilidades:</b> Agentes oxidantes fuertes como ácido nítrico: carbonización seguida de una ignición de los hidrocarburos residuales y demás combustibles.
	Alquilato CAS 68425-29-6 Grupo reactivo: hidrocarburos alifáticos saturados	Clase 3 UN 1268 GE I/II/III	No clasificado	<b>Riesgos:</b> Altamente inflamable. En caso de incendio, los vapores son más pesados que el aire. Poco reactivo. Inhalación: irritación de las vías respiratorias superiores, estimulación seguida de una depresión del sistema nervioso central, vértigos, dolores de cabeza, descoordinación y eventualmente anestesia, coma, paro respiratorio. <b>Incompatibilidades:</b> Agentes oxidantes fuertes como ácido nítrico: carbonización seguida de una ignición de los hidrocarburos residuales y demás combustibles.
VECI	Amoníaco			Ver amoníaco en productos intermedios.
	Cloro			Ver cloro en insumos.

<sup>NOF</sup> Fuente: Autor, con base a la información presentada en [www.cameochemicals.noaa.gov](http://www.cameochemicals.noaa.gov) y la clasificación del Libro Naranja (NACIONES UNIDAS. Recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas: Reglamentación modelo. Nueva York y Ginebra: Naciones Unidas, 2005 (14<sup>a</sup> edición). 2 volúmenes. ISBN 92-1339034-3).

**Tabla 9-10 Valores máximas de exposición y efectos reportados según el *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, Estados Unidos)* y la *Occupational Safety and Health Administration (OSHA, Estados Unidos)***

Sustancias	IDLH	REL (NIOSH)	PEL (OSHA)	Efectos en humanos		
Soda cáustica	10 mg/m <sup>3</sup>	2 mg/m <sup>3</sup>	TWA 2 mg/m <sup>3</sup>	100-150 ppm	30 mn-1 hora	Edema pulmonar posible.
Monoetanolamina	30 ppm	TWA 3 ppm (8 mg/m <sup>3</sup> ) STEL 6 ppm (15 mg/m <sup>3</sup> )	TWA 3 ppm (6 mg/m <sup>3</sup> )	1.316 ppm		Concentración de saturación, no inmediatamente peligrosa para la vida.
Dietanolamina		TWA 3 ppm (15 mg/m <sup>3</sup> )	Antiguo estándar (1989), hoy no vigente: TWA 3 ppm (15 mg/m <sup>3</sup> )			
Hidróxido de potasio		2 mg/m <sup>3</sup>	Antiguo estándar (1989), hoy no vigente: TWA 2 mg/m <sup>3</sup>			
Tricloroetano	700 ppm	350 ppm (1.900 mg/m <sup>3</sup> ) (15 mn)	TWA 350 ppm (1.900 mg/m <sup>3</sup> )	500 ppm	7 h	Anestesia central.
				900-1.000 ppm	5-45 mn	Descoordinación leve. Efectos anestésicos.
				1.700 ppm		Perturbación importante del equilibrio.
Ácido fluorhídrico	30 ppm	TWA 3 ppm (2,5 mg/m <sup>3</sup> ) 6 ppm (5 mg/m <sup>3</sup> ) (15 mn)	TWA 3 ppm	50 ppm	30-60 mn	Puede ser fatal.
				4,7 ppm	6 h/d, 10-50 d	Ningún efecto severo observado en humanos.
n-butano e isobutano		TWA 800 ppm (1.900 mg/m <sup>3</sup> )	Antiguo estándar (1989), hoy no vigente: TWA 800 ppm (1.900 mg/m <sup>3</sup> )			
Ácido fosfórico	1.000 mg/m <sup>3</sup>	TWA 1 mg/m <sup>3</sup> STEL 3 mg/m <sup>3</sup>	TWA 1 mg/m <sup>3</sup>	Muy baja probabilidad de edema pulmonar por inhalación.		
Ácido sulfúrico	15 mg/m <sup>3</sup>	TWA 1 mg/m <sup>3</sup>		6.300 mg/m <sup>3</sup>	30 mn	Muerte.
				5 mg/m <sup>3</sup>	5-15 mn	Sensación desagradable.
Cloro	10 ppm	0,5 ppm (1,45 mg/m <sup>3</sup> ) (15 mn)	1 ppm (3 mg/m <sup>3</sup> )	34-51 ppm	1-1,5 h	Muerte.
Propano	2.100 ppm	TWA 1.000 ppm (1.800 mg/m <sup>3</sup> )		Riesgos basados en los límites de explosividad (21.000 ppm).		
Gasolina			Antiguo estándar (1989), hoy no vigente: TWA 300 ppm (900 mg/m <sup>3</sup> ) STEL 500 ppm (1.500 mg/m <sup>3</sup> )			

Sustancias	IDLH	REL (NIOSH)	PEL (OSHA)	Efectos en humanos		
Jet / keroseno		TWA 100 mg/m <sup>3</sup>				
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	100 ppm	10 ppm (10 mn)	20 ppm 50 ppm (10 mn)	50-100 ppm	1 hora	Conjuntivitis benigna, irritación respiratoria.
				100 ppm	1 hora	Disminución del olfato.
				170-300 ppm		Máxima concentración sin consecuencias graves.
				400-700 ppm	30 mn-1 hora	Pérdida de la conciencia y muerte posible.
				700-1000 ppm		Pérdida rápida de la conciencia, paro respiratorio, muerte.
				1000-2000 ppm		Pérdida de la conciencia, paro respiratorio, muerte en pocos minutos.
				40-60 ppm	30-60 mn	Daños severos posibles.
				14-21 ppm	30 mn-1h	Peligro.
Amoníaco	300 ppm	TWA 25 ppm (18 mg/m <sup>3</sup> ) STEL 35 ppm (27 mg/m <sup>3</sup> )	TWA 50 ppm (35 mg/m <sup>3</sup> )	30 ppm		Fuertes ataques de tos.
				5.000-9.000 ppm		Fatal.
				2.500-6.000 ppm	30 mn	Peligroso para la vida.
				300-500 ppm	30-60 mn	Máximo tolerable.

TWA = "Time-weighted average". Concentración promedio durante una jornada de 10 horas, considerando una semana laboral de 40 horas.

STEL = "Short-term exposure limit". Concentración promedio 15 mn que no debe ser excedida en ningún momento durante la jornada laboral.

Los demás valores se entienden como el límite que no se debe exceder en ningún momento durante la jornada laboral.

Fuente: Adaptado de ESTADOS UNIDOS. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). NIOSH Pocket guide to chemical hazard. 3ª edición. Septiembre de 2007. 424 páginas. DHHS (NIOSH) Publication No. 2005-149.

Si las agencias norteamericanas no han establecido valores límites de exposición para las demás sustancias, es importante tener en cuenta los siguientes posibles efectos actualmente considerados en la Refinería de Cartagena:

- Petróleo crudo: Vértigo, mareo, cefalea. Irritación dérmica y ocular. Náuseas y vómito. Resequedad de garganta con tos y opresión en el pecho, inconsciencia, convulsión, coma, muerte.
- Aceite liviano de ciclo (flux-oil): Irritación dérmica, ojos. Trastornos respiratorio, vómito, diarrea. Neumonía, fibrosis pulmonar. Cáncer respiratorio o gastrointestinal superior.
- Alquitrán aromático (Arotar): Irritante de piel, ojos y tracto respiratorio. Efectos en sistema reproductor. Enrojecimiento severo y ulceraciones de la piel, daño hepático, médula ósea y timo. Dérmica: comezón, resecaimiento e inflamación. Fibrosis pulmonar, cáncer, tracto respiratorio superior. Tumores dérmicos.
- Merox FB y WS: Irritación de piel y ojos. Manchas en piel. Deficiencia de aporte de Oxígeno respiratorio, pérdida de conocimiento. Potencial mutagénico y cancerígeno.
- Queroseno: Afectación al SNC: cefalea, estupor, inconsciencia, convulsión, coma, muerte. Ingestión vapores: irritación ocular leve, irritación nasal. Ingestión: Irritación gástrica. Náuseas, vómito. Bronco aspiración: tos, dolor, edema pulmonar.
- Intermediate fuel oil (IFO): Inhalación: cefalea, náuseas, mareo, narcosis, irritación ocular de nariz, tráquea y pulmones, depresión del SNC, inconsciencia. Ingestión: Nocivo o fatal, bronco aspiración: neumonitis química. Piel: irritación, resequedad. Ojos: irritación, enrojecimiento y ardor. Dermatitis de contacto.

### 9.1.2.3 Incompatibilidades entre sustancias

Las tablas siguientes permiten visualizar los temas de importancia y definir los procedimientos de almacenamiento y transporte interno, entre otros:

- La Figura 9-3 muestra las incompatibilidades entre sustancias de acuerdo con su clasificación ONU.
- Posteriormente, se presentan, para cada unidad, las incompatibilidades entre sustancias considerando su grupo de reactividad. Para llevar a cabo este análisis, se utilizó la base de datos *Cameo Chemicals Database*, de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

**A – INCOMPATIBILIDADES QUÍMICAS DE ACUERDO CON LA CLASIFICACIÓN ONU:**

**Figura 9-3 Matriz simplificada de incompatibilidades químicas general según las clases de peligrosidad ONU/IMDG de las sustancias**

Clase ONU/IMDG	1	2.1	2.2	2.3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6	7	8	9
1	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
2.1	Red	Green	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow
2.2	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow
2.3	Red	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow
3	Red	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow
4.1	Red	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow
4.2	Red	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow
4.3	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow
5.1	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow
5.2	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow
6	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow
7	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow
8	Red	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow
9	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow

	Pueden almacenarse juntos.
	Precaución. Revisar incompatibilidades individuales.
	Pueden requerirse almacenes separados. Son incompatibles.

Fuente: Suratep, programa Cistema.

!: Incompatibilidades a priori entre clases ONU representadas en la Refinería de Cartagena.

Considerando el listado de materias primas, productos finales, subproductos y productos intermedios, se verán representadas las siguientes clases ONU de peligrosidad:

**Tabla 9-11 Clases de peligrosidad ONU manejadas en y a proximidad de la Refinería de Cartagena**

Clase	Sustancia	Categoría
2.1 – Gases inflamables	n-butano	Insumo
	Gas natural (metano)	Insumo
	Propileno	Producto terminado e intermedio
	Propano	Producto terminado e intermedio
	Hidrógeno	Producto intermedio
	Gas combustible	Producto intermedio
	Isobutano	Producto intermedio
	Sulfuro de Hidrógeno	Producto intermedio
2.3 – Gases tóxicos	Amoníaco	Producto intermedio, producto de plantas vecinas
	Sulfuro de Hidrógeno (riesgo secundario)	Producto intermedio
	Cloro	Insumo, producto de plantas vecinas
3 – Líquidos inflamables	Petróleo crudo (aunque no clasificado en el Libro Naranja)	Materia prima
	Gasolina	Producto terminado
	Jet	Producto terminado
	Diesel	Producto terminado
	Arotar	Producto terminado
	Nafta	Producto terminado e intermedio
	Keroseno	Producto intermedio
	Alquilato	Producto intermedio
Clase 4.1 – Sólidos inflamables, sustancias que reaccionan espontáneamente y explosivos sólidos insensibilizados	Azufre	Producto terminado
Clase 4.2 – Sustancias que pueden experimentar combustión espontánea	Coque grado ánodo/combustible	Producto terminado
	Carbón activado	Insumo
	Platino	Insumo
Clase 6.1 – Sustancias tóxicas	Ácido fluorhídrico (riesgo secundario)	Insumo
	Tricloroetano	Insumo
Clase 8 – Sustancias corrosivas	Soda cáustica	Insumo
	Hidróxido de potasio	Insumo
	Ácido fluorhídrico	Insumo
	Monoetanolamina (MEA) o dietanolamina (DEA)	Insumo
	Cloruro férrico	Insumo
	Ácido fosfórico	Insumo
	Hipoclorito de sodio	Insumo
	Ácido sulfúrico	Insumo
	Amoníaco (riesgo secundario)	Producto intermedio, producto de plantas vecinas
	Cloro (riesgo secundario)	Insumo, producto de plantas vecinas



Por el objeto del negocio de la Refinería de Cartagena, las clases más representadas (en cantidad) son la Clase 2.1 – Gases inflamables, la Clase 3 – Líquidos inflamables, siendo éstas compatibles entre ellas en cuanto al almacenamiento se refiere, y la Clase 4 – Sólidos inflamables, lo cual indica que la principal amenaza durante la operación de la Refinería será la ocurrencia de un incendio.

A nivel ocupacional, se resalta la importancia del uso permanente de elementos de protección personal en las zonas de almacenamientos y utilización de sustancias peligrosas, en particular las materias primas, insumos y productos intermedios de naturaleza corrosiva (soda cáustica, hidróxido de potasio, ácido fluorhídrico, mono o dietanolamina, ácido sulfúrico, ácido fosfórico, cloruro férrico) y/o tóxica (sulfuro de Hidrógeno, amoníaco, trocloroetano, cloro), cuyas valores límites de exposición por inhalación están presentadas en la .Tabla 9-10.

## **B – INCOMPATIBILIDADES QUÍMICAS INDIVIDUALES:**

Revisando las incompatibilidades individuales, se verifica la incompatibilidad de las sustancias de la Clases 2.3 – Gases tóxicos con las Clases 4.1 y 4.2 – Sólidos inflamables, como lo establece la matriz del programa Cistema.

Se minimizarán los riesgos relacionados con la operación del proceso de refinación mediante distintas estrategias:

- Distribución de las unidades productivas con el fin de minimizar la gravedad de las consecuencias en caso de derrame o fuga de una sustancia.
- Dosificación de los productos químicos insumos del proceso para el tratamiento de los gases (unidades generadoras de H<sub>2</sub>S y unidades consumidoras y generadoras de H<sub>2</sub>).
- Separación y manejo controlado de los productos gaseosos intermedios (Hidrógeno, sulfuro de Hidrógeno y amoníaco).
- Control operativo de las reacciones catalíticas, ya que los catalizadores pueden ser sustancias muy reactivas.
- Incompatibilidades químicas entre sustancias almacenadas en grandes cantidades (materia prima (petróleo crudo) y productos terminados (sustancias):

No se esperan incompatibilidades químicas entre sustancias almacenadas en grandes cantidades.



- Incompatibilidades químicas entre sustancias manejadas en cantidades significativas por plantas vecinas y las principales sustancias almacenadas en la Refinería de Cartagena (petróleo crudo y productos terminados):

Fueron considerados el amoníaco y el cloro por ser sustancias almacenadas en grandes cantidades en las plantas de Abocol y Refisal.

En la figura siguiente, se observa que estas dos sustancias presentan numerosas incompatibilidades con los productos que serán almacenados en la Refinería, por lo que la Refinería deberá contribuir a fortalecer el componente de comunicación del Plan de Ayuda Mutua de la Zona de Mamonal y prever sistemas de almacenamiento que permitan minimizar los riesgos de contacto.

Considerando que los vientos dominantes son del norte la mayor parte del año, este riesgo se considera bajo.

**Tabla 9-12 Incompatibilidades químicas en sustancias de plantas vecinas y sustancias almacenadas en grandes cantidades en la Refinería de Cartagena**

Petróleo crudo	Petróleo crudo								
Propileno		Propileno							
Nafta			Nafta						
Otros hidrocarburos				Otros hidrocarburos					
Azufre					Azufre				
Coque						Coque			
Arotar							Arotar		
Amoníaco					B5 C	B5 C			Amoníaco
Cloro	A3 A5 A6 A9 B1 B4 C D1 D3 D4 E	A5 A6 A9 B1 B4 C D1	A3 A6 A9 B4 C D3 D4 E	A6 A9 B4 C	A1 A2 A6 A9 B4 C D3	A1 A2 A6 A9 B4 C D3	A3 A9 B4 C D3 D4 E		A6 B4 C D3 D5

A1: Explosivo en estado seco.

A2: Riesgo de explosión por choque, fricción, incendio u otras fuentes de ignición.

A3: Formación de compuestos metálicos explosivos y muy inestables.

A5: Puede formar peróxidos explosivos.

A6: Reacción explosiva y/o que forma productos explosivos.

A8: Explosivo al mezclar con material combustible.

A9: El calor generado por la reacción química puede iniciar una explosión.

B1: Puede volverse altamente inflamable o puede iniciar un incendio, especialmente si otros materiales combustibles están presentes.

B3: Inflamable de manera espontánea en el aire.

B4: Ignición espontánea de reactivos o de productos por el calor de la reacción.

B5: La combinación libera productos gaseosos, de los cuales por lo menos uno es inflamable. Puede causar presurización.

B6: Liberación de productos gaseosos inflamables y tóxicos. Puede generar presurización.

C: Reacción exotérmica. Puede generar calor y/o presurización.

D1: Reacción exotérmica, polimerización violenta posible. Puede generar presurización.

D3: La combinación libera productos gaseosos, de los cuales por lo menos uno es tóxico. Puede generar presurización.

D4: La combinación libera gases no inflamables y no tóxicos. Puede generar presurización.

D5: La combinación libera gases que sostienen la combustión (por ejemplo Oxígeno). Puede causar presurización.

E: Genera productos tóxicos solubles en agua.

G: Reacción que puede ser violenta o intensa.

– Incompatibilidades químicas susceptibles de presentarse en las diferentes unidades:

Es importante resaltar que para llevar a cabo el ejercicio presentado a continuación, los gases formados como productos intermedios (Hidrógeno, sulfuro de Hidrógeno y amoníaco) fueron considerados como sustancias puras: si bien en algunos casos es la realidad (corrientes de Hidrógeno de las unidades generadoras y consumidoras de Hidrógeno), en el caso de los otros gases el análisis resulta más conservativo.

El Nitrógeno no fue considerado en el análisis por no presentar ninguna incompatibilidad con las demás sustancias que serán manejadas en la Refinería.

**Caso A: Unidades que procesarán exclusivamente hidrocarburos líquidos (incluyendo nafta) y/o gaseosos e Hidrógeno.**

*Unidades: Desalinización, destilación atmosférica, destilación al vacío, hidrodesulfurización de la nafta, BenzOut, Butamer, producción de gasolina, diesel/jet, propano/propileno, generación de Hidrógeno.*

No se esperan incompatibilidades químicas en estas unidades.

**Caso B: Unidades que utilizarán monoetanolamina o dietanolamina y procesarán exclusivamente hidrocarburos líquidos y/o gaseosos, con concentraciones significativas de Hidrógeno, sulfuro de Hidrógeno y amoníaco en sus gases de proceso.**

*Unidades: hidrodesulfurización kero/diesel, hidrocraqueo, CDTech® (contenido no significativo de amoníaco), purificación de Hidrógeno (bajo contenido de hidrocarburos).*

*Los casos del Kero Merichem, del craqueo catalítico, de la coquización y de la planta de saturación de gas son tratados más adelante (casos C, D, E y F).*

Será necesario un adecuado control operativo en el manejo de los gases de proceso y la aplicación y almacenamiento de mono o etanolamina:

**Tabla 9-13 Incompatibilidades químicas en unidades que utilizan monoetanolamina o dietanolamina**

MEA/DEA	MEA/DEA					
Nitrógeno		Nitrógeno				
Hidrocarburos			Hidrocarburos			
Hidrógeno	A6 B1 B5 C			Hidrógeno		
Sulfuro de Hidrógeno	A6 C			B6 C	Sulfuro de Hidrógeno	
Amoníaco	B1 B5 C			B5 C	B1 C	Amoníaco

A6: *Reacción explosiva y/o que forma productos explosivos.*

B1: *Puede volverse altamente inflamable o puede iniciar un incendio, especialmente si otros materiales combustibles están presentes.*

B5: *La combinación libera productos gaseosos, de los cuales por lo menos uno es inflamable. Puede causar presurización.*

B6: *Liberación de productos gaseosos inflamables y tóxicos. Puede generar presurización.*

C: *Reacción exotérmica. Puede generar calor y/o presurización.*

### Caso C: Unidad de Kero Merichem.

Será necesario un adecuado control operativo en la aplicación y almacenamiento de la soda cáustica y mono o etanolamina y la catálisis con carbón activado:

**Tabla 9-14 Incompatibilidades químicas en la unidad de Kero Merichem**

MEA/DEA	MEA/DEA			
Soda cáustica	B1 B5 C	Soda cáustica		
Carbón activado	A6 B1 B5 C	B5 C	Carbón activado	
Hidrocarburos				Hidrocarburos

A6: *Reacción explosiva y/o que forma productos explosivos.*

B1: *Puede volverse altamente inflamable o puede iniciar un incendio, especialmente si otros materiales combustibles están presentes.*

B5: *La combinación libera productos gaseosos, de los cuales por lo menos uno es inflamable. Puede causar presurización.*

B6: *Liberación de productos gaseosos inflamables y tóxicos. Puede generar presurización.*

C: *Reacción exotérmica. Puede generar calor y/o presurización.*

### Caso D: Unidad de craqueo catalítico (FCC).

Serán necesario un adecuado control operativo en el manejo de los gases de proceso, la aplicación y almacenamiento de mono o etanolamina y la catálisis con platino y un adecuado almacenamiento del catalizador gastado:

**Tabla 9-15 Incompatibilidades químicas en la unidad de craqueo catalítico**

MEA/DEA	MEA/DEA				
Platino		Platino			
Sulfuro de Hidrógeno	A6 C	B1 C	Sulfuro de Hidrógeno		
Amoníaco	B1 B5 C	B5 C	B1 C	Amoníaco	
Hidrocarburos					Hidrocarburos
Arotar					Arotar

A6: *Reacción explosiva y/o que forma productos explosivos.*

B1: *Puede volverse altamente inflamable o puede iniciar un incendio, especialmente si otros materiales combustibles están presentes.*

B5: *La combinación libera productos gaseosos, de los cuales por lo menos uno es inflamable. Puede causar presurización.*

C: *Reacción exotérmica. Puede generar calor y/o presurización.*

### Caso E: Unidad de coquización.

Será necesario un adecuado control operativo en el manejo de los gases de proceso, la aplicación y almacenamiento de mono o etanolamina y un adecuado almacenamiento del coque:

**Tabla 9-16 Incompatibilidades químicas en la unidad de coquización**

MEA/DEA	MEA/DEA				
Sulfuro de Hidrógeno	A6 C	Sulfuro de Hidrógeno			
Amoníaco	B1 B5 C	B1 C	Amoníaco		
Hidrocarburos				Hidrocarburos	
Coque	A6 B1 B5 C	B6 C	B5 C		Coque

A6: *Reacción explosiva y/o que forma productos explosivos.*

B1: *Puede volverse altamente inflamable o puede iniciar un incendio, especialmente si otros materiales combustibles están presentes.*

B5: *La combinación libera productos gaseosos, de los cuales por lo menos uno es inflamable. Puede causar presurización.*

B6: *Liberación de productos gaseosos inflamables y tóxicos. Puede generar presurización.*

C: *Reacción exotérmica. Puede generar calor y/o presurización.*

### Caso F: Planta de saturación de gas.

Será necesario un adecuado control operativo en el manejo de los gases de proceso y la aplicación y almacenamiento de mono o etanolamina y de la soda cáustica:

**Tabla 9-17 Incompatibilidades químicas en la planta de saturación de gas**

MEA/DEA	MEA/DEA				
Soda cáustica	B1 B5 C	Soda cáustica			
Sulfuro de Hidrógeno	A6 C	B1 C	Sulfuro de Hidrógeno		
Hidrógeno	A6 B1 B5 C	B5 C	B6 C	Hidrógeno	
Hidrocarburos					Hidrocarburos

A6: *Reacción explosiva y/o que forma productos explosivos.*

B1: *Puede volverse altamente inflamable o puede iniciar un incendio, especialmente si otros materiales combustibles están presentes.*

B5: *La combinación libera productos gaseosos, de los cuales por lo menos uno es inflamable. Puede causar presurización.*

B6: *Liberación de productos gaseosos inflamables y tóxicos. Puede generar presurización.*

C: *Reacción exotérmica. Puede generar calor y/o presurización.*

### Caso G: Unidad de reformado catalítico.

Será necesario un adecuado control operativo en el manejo del Hidrógeno generado los gases de proceso y la aplicación y almacenamiento de soda cáustica y tricloroetano:

**Tabla 9-18 Incompatibilidades químicas en la unidad de reformado catalítico**

Soda cáustica	Soda cáustica			
Tricloroetano	A6 B1 B6 C	Tricloroetano		
Hidrógeno	B5 C	C	Hidrógeno	
Hidrocarburos				Hidrocarburos

A6: *Reacción explosiva y/o que forma productos explosivos.*

B1: *Puede volverse altamente inflamable o puede iniciar un incendio, especialmente si otros materiales combustibles están presentes.*

B5: *La combinación libera productos gaseosos, de los cuales por lo menos uno es inflamable. Puede causar presurización.*

B6: *Liberación de productos gaseosos inflamables y tóxicos. Puede generar presurización.*

C: *Reacción exotérmica. Puede generar calor y/o presurización.*

### Caso H: Plantas de Azufre.

Serán necesario un adecuado control operativo en el manejo de los gases de proceso, la aplicación y almacenamiento de soda cáustica y un adecuado almacenamiento del Azufre:

**Tabla 9-19 Incompatibilidades químicas en las plantas de Azufre**

Soda cáustica	Soda cáustica			
Sulfuro de Hidrógeno	B1 C	Sulfuro de Hidrógeno		
Amoníaco		B1 C	Amoníaco	
Azufre	B5 C	B6 C	B5 C	Azufre

B1: *Puede volverse altamente inflamable o puede iniciar un incendio, especialmente si otros materiales combustibles están presentes.*

B5: *La combinación libera productos gaseosos, de los cuales por lo menos uno es inflamable. Puede causar presurización.*

B6: *Liberación de productos gaseosos inflamables y tóxicos. Puede generar presurización.*

C: *Reacción exotérmica. Puede generar calor y/o presurización.*

### Caso I: Unidad de alquilación.

Será necesario un adecuado control operativo en la dosificación y almacenamiento del hidróxido de potasio y la catálisis y abastecimiento con fluoruro de Hidrógeno:

**Tabla 9-20 Incompatibilidades químicas en la unidad de alquilación**

Hidróxido de potasio	Hidróxido de potasio		
Fluoruro de Hidrógeno	B4 C G	Fluoruro de Hidrógeno	
Hidrocarburos			Hidrocarburos

*B4: Ignición espontánea de reactivos o de productos por el calor de la reacción.*

*C: Reacción exotérmica. Puede generar calor y/o presurización.*

*G: Reacción que puede ser violenta o intensa.*

### Caso J: Planta de tratamiento de aguas residuales.

Será necesario un adecuado almacenamiento y dosificación de los insumos:

**Tabla 9-21 Incompatibilidades químicas en la planta de tratamiento de aguas residuales**

Soda cáustica	Soda cáustica					
Cloruro férrico	A5 C	Cloruro férrico				
Ácido fosfórico	B4 C G	C	Ácido fosfórico			
Hipoclorito de sodio	A6 B4 C D3 D5	B6 C	A9 B4 C D3	Hipoclorito de sodio		
Ácido sulfúrico	A6 B1 C	B1 C	A9 B1 B6 C	A6 A8 A9 B6 C	Ácido sulfúrico	
Carbón activado	B5 C	C D3	B4 B6 C	A1 A2 A6 A9 B4 C D3	A6 A9 B4 B6 C	Carbón activado

*A1: Explosivo en estado seco.*

*A2: Riesgo de explosión por choque, fricción, incendio u otras fuentes de ignición.*

*A5: Puede formar peróxidos explosivos.*

*A6: Reacción explosiva y/o que forma productos explosivos.*

*A8: Explosivo al mezclar con material combustible.*

*A9: El calor generado por la reacción química puede iniciar una explosión.*

*B1: Puede volverse altamente inflamable o puede iniciar un incendio, especialmente si otros materiales combustibles están presentes.*

*B4: Ignición espontánea de reactivos o de productos por el calor de la reacción.*

*B5: La combinación libera productos gaseosos, de los cuales por lo menos uno es inflamable. Puede causar presurización.*

*B6: Liberación de productos gaseosos inflamables y tóxicos. Puede generar presurización.*

*C: Reacción exotérmica. Puede generar calor y/o presurización.*

*D3: La combinación libera productos gaseosos, de los cuales por lo menos uno es tóxico. Puede generar presurización.*

*D5: La combinación libera gases que sostienen la combustión (por ejemplo Oxígeno). Puede causar presurización.*

*G: Reacción que puede ser violenta o intensa.*

## Caso K: Planta de tratamiento de agua industrial.

Será necesario un adecuado almacenamiento y dosificación de los insumos:

**Tabla 9-22 Incompatibilidades químicas en la planta de tratamiento de agua industrial**

Soda cáustica	Soda cáustica			
Ácido sulfúrico	A6 B1 C	Ácido sulfúrico		
Cloro	A6 B4 C D3 D5	A6 A8 A9 B4 B6 C D3	Cloro	
Carbón activado	B5 C	A6 A9 B4 B6 C	A1 A2 A6 A9 B4 C D3	Carbón activado

- A1: Explosivo en estado seco.  
A2: Riesgo de explosión por choque, fricción, incendio u otras fuentes de ignición.  
A6: Reacción explosiva y/o que forma productos explosivos.  
A8: Explosivo al mezclar con material combustible.  
A9: El calor generado por la reacción química puede iniciar una explosión.  
B1: Puede volverse altamente inflamable o puede iniciar un incendio, especialmente si otros materiales combustibles están presentes.  
B4: Ignición espontánea de reactivos o de productos por el calor de la reacción.  
B5: La combinación libera productos gaseosos, de los cuales por lo menos uno es inflamable. Puede causar presurización.  
B6: Liberación de productos gaseosos inflamables y tóxicos. Puede generar presurización.  
C: Reacción exotérmica. Puede generar calor y/o presurización.  
D3: La combinación libera productos gaseosos, de los cuales por lo menos uno es tóxico. Puede generar presurización.  
D5: La combinación libera gases que sostienen la combustión (por ejemplo Oxígeno). Puede causar presurización.

### 9.1.3 Análisis de riesgos por operación

#### 9.1.3.1 Identificación y calificación de los riesgos

La Tabla 9-23 presenta, para cada unidad productiva o subproceso productivo, los riesgos operativos que fueron identificados. Posteriormente, en la Tabla 9-24, se establecieron las causas y consecuencias de un incidente y todas las medidas preventivas y de control que serán implementadas con el fin de minimizar la probabilidad de ocurrencia de los eventos y, por otra parte, las que serán tomadas para minimizar la gravedad de sus consecuencias.

Finalmente se calificaron los riesgos con base a los criterios del párrafo 9.1.1.2.

Durante las actividades de *Commissioning*, se ajustará el panorama de riesgos, en particular su calificación con base al resultado de las pruebas de equipos y sistemas (ASTM *Commissioning*), de las inspecciones planeadas de seguridad de la planta (NTC 4114) y del análisis de tareas críticas (NTC 4116).

**Tabla 9-23 Identificación de riesgos por unidades productivas**

	Reacción exotérmica	Alta temperatura	Alta presión	Ruido	Uso de productos químicos	Uso de catalizadores	Emisión (+)/consumo (-) de H <sub>2</sub> S (TE/d)	Emisión de NH <sub>3</sub> (TE/d)	Emisión (+)/consumo (-) de H <sub>2</sub> (TE/d)	Manejo de hidrocarburos
Desalinización		+		+						Líquidos
Destilación atmosférica		++		+						Líquidos/gaseosos
Destilación al vacío		++		+						Líquidos
Hidrodeshidrosulfurización kero/diesel (ULSD1/2 HDS)	X	++	+++	+	MEA/DEA	X	+37,1	12,8	-67,0	Líquidos
Hidrodeshidrosulfurización nafta (NHT)	X			+		X			-3,7	Líquidos
Reformado catalítico continuo (CCR)		+++	++	+	NaOH, tricloroetano	X			115,8	Líquidos/gaseosos
BenzOut		++	++	+		X				Líquidos/gaseosos
Kero Merichem				+	NaOH MEA/DEA	X (C)				Líquidos
Hidrocrackeo (HDC)	X	++	++++	++	MEA/DEA	X	+40,0	22,0	-159,1	Líquidos/gaseosos
Craqueo catalítico en lecho fluidizado (FCC)		+++	++	++	MEA/DEA	X	+21,4			Líquidos/gaseosos
Destilación catalítica de la nafta (CD Tech®)		++		+	MEA/DEA	X	+2,5		-82,8	Líquidos
Coquización		+++	+	+	MEA/DEA		+23,8	9,5		Líquidos/gaseosos
Alquilación	X		+	+	KOH	X (HF)				Líquidos/gaseosos
Isomerización C <sub>4</sub> (Butamer)		++	++	+	n-butano	X			-18,0	Gaseosos
Producción de gasolina				+						Líquidos/gaseosos
Producción de diesel/keroseno				+						Líquidos
Producción de propano/propileno				+						Gaseosos
Purificación de Hidrógeno (PSA)		+		+	MEA/DEA		+4,4	0,8	±78,1	
Producción de Azufre (conversión catalítica)		++		+	NaOH	X	-129,2			

	Reacción exotérmica	Alta temperatura	Alta presión	Ruido	Uso de productos químicos	Uso de catalizadores	Emisión (+)/ consumo (-) de H <sub>2</sub> S (TE/d)	Emisión de NH <sub>3</sub> (TE/d)	Emisión (+)/ consumo (-) de H <sub>2</sub> (TE/d)	Manejo de hidrocarburos
Saturación de gases (unidad de amina, separación de gases)	X		+	+	NaOH MEA/DEA	X	(entra y sale) ±		± (en gas combustible)	Líquidos/gaseosos
Generación de Hidrógeno		++		+	Gas natural (metano)				167,1	Gaseosos
Planta de tratamiento de aguas residuales					NaOH, FeCl <sub>3</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , NaClO, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , carbón activado					
Planta de agua industrial					NaOH, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Cl <sub>2</sub> , carbón activado					

**Tabla 9-24 Identificación de riesgos y medidas de prevención y de control – Fase de operación**

No.	Procesos y Actividades	Causas	Consecuencias	Medidas preventivas y de control para minimizar:	
				La probabilidad de las causas	La gravedad de las consecuencias
1	Recibo y almacenamiento de hidrocarburos gaseosos utilizados como insumos o combustibles (gas natural y n-butano)	Fugas por fallas en empaques de uniones roscadas o bridas, fisuras de la tubería u operación de purgas, venteos y alivios de presión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mal olor.</li> <li>- Formación de atmósfera explosiva, incendio (inflamable entre 5 y 15% vol. en aire).</li> <li>- Atmósfera anóxica, asfixia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Especificaciones para empaques y tuberías.</li> <li>- Procedimientos operativos que minimicen venteos y purgas.</li> <li>- Programas de inspección y mantenimiento.</li> <li>- No habrá almacenamiento de gas natural: será suministrado por la red pública.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceso operado desde una sala de control en edificio ajeno.</li> <li>- Clasificación de zonas peligrosas.</li> <li>- Inducción y capacitación</li> <li>- Código de vestido en planta.</li> <li>- Inducción y entrenamiento.</li> <li>- Detector de incendio.</li> </ul>

No.	Procesos y Actividades	Causas	Consecuencias	Medidas preventivas y de control para minimizar:	
				La probabilidad de las causas	La gravedad de las consecuencias
2	Recibo y almacenamiento de productos químicos	Fuga de productos químicos por fisuras de tanques/recipientes debido a corrosión o defectos de fabricación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efectos presentados en la Tabla 9-9.</li> <li>- Posibles incompatibilidades químicas.</li> <li>- Contaminación de suelo y aguas freáticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Especificaciones del material de construcción.</li> <li>- Programas de inspección y mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenamiento diseñado para evitar incompatibilidades químicas.</li> <li>- Inducción y capacitación relacionada.</li> <li>- Tanques dotados de diques de contención sin válvulas de drenaje.</li> <li>- Código de vestido en planta.</li> <li>- Inducción y entrenamiento.</li> <li>- Detector y sistema de extinción de incendio.</li> </ul>
3	Uso de combustibles gaseosos en equipos de combustión externa	Falla en el control de la combustión.	Incendio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Especificaciones de los equipos y materiales.</li> <li>- Control operativo de temperaturas y presión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceso operado desde una sala de control en edificio ajeno.</li> <li>- Detector y sistema de extinción de incendio.</li> </ul>
4	Unidades donde se llevan a cabo reacciones exotérmicas	Fractura de equipos por esfuerzo térmico o de presión, dada las reacciones exotérmicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quemaduras por superficies calientes en ductos y equipos.</li> <li>- Quemaduras por líquido o gas caliente.</li> <li>- Formación de atmósfera inflamable.</li> <li>- Pérdida de equipos por rotura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Especificaciones de ingeniería para los equipos y la instrumentación.</li> <li>- Programas de inspección y mantenimiento.</li> <li>- Venteos con discos de ruptura para evacuar gases sobrepresurizados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceso operado desde una sala de control en edificio ajeno.</li> <li>- Clasificación de zonas peligrosas.</li> <li>- Código de vestido en planta para zonas de acceso restringido.</li> <li>- Inducción y entrenamiento.</li> <li>- Detectores de incendio.</li> <li>- Parada de emergencia del proceso.</li> </ul>
5	Unidades donde se llevan a cabo reacciones exotérmicas, altas temperaturas y/o altas presiones	Fractura de equipos por falla en la instrumentación del proceso (control de temperatura y presión).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quemaduras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Señalización y guardas.</li> <li>- Precauciones al acercarse a los equipos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de EPP.</li> </ul>
6	Unidades donde se manejan altas temperaturas	Contacto con superficies calientes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hipoacusia.</li> <li>- Disconfort auditivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programas de inspección y mantenimiento.</li> <li>- Mediciones de ruido ocupacional.</li> <li>- Elaboración de un mapa de ruido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de protectores auditivos.</li> <li>- Proceso automatizado.</li> <li>- Audiometrías periódicas.</li> </ul>
7	Unidades generadoras de ruido	Generación de ruido excesivo.			

No.	Procesos y Actividades	Causas	Consecuencias	Medidas preventivas y de control para minimizar:	
				La probabilidad de las causas	La gravedad de las consecuencias
8	Unidades donde se utilizan productos químicos	Derrame de productos químicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación a la salud de las personas conforme lo descrito en la Tabla 9-9.</li> <li>- Contaminación del suelo y aguas freáticas.</li> <li>- Reacciones violentas con otras corrientes intermedias, conforme la Tabla 9-9</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Especificaciones de materiales de construcción y de la instrumentación.</li> <li>- Programas de inspección y mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceso operado desde una sala de control en edificio ajeno.</li> <li>- Clasificación de zonas peligrosas.</li> <li>- Código de vestido en planta para zonas de acceso restringido.</li> <li>- Diques de contención.</li> <li>- Inducción y entrenamiento.</li> <li>- Detectores de incendio.</li> <li>- En la unidad de alquilación, detector de HF.</li> </ul>
9		Falla en la instrumentación del proceso (dosificación).	Pérdida de control de una reacción química.		
10	Unidades donde se genera o consume gas con alto contenido de sulfuro de Hidrógeno	Escape de sulfuro de Hidrógeno en uniones bridas o fisuras de tubería.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formación de atmósfera tóxica.</li> <li>- Formación de atmósfera inflamable.</li> <li>- Incompatibilidades químicas con insumos, productos intermedios y terminados Tabla 9-9.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Especificaciones de materiales de construcción, empaques y tuberías.</li> <li>- Programas de inspección y mantenimiento.</li> <li>- Manejo de presiones negativas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceso operado desde una sala de control en edificio ajeno.</li> <li>- Clasificación de zonas peligrosas.</li> <li>- Distribución de las áreas de almacenamiento de producto terminado y de materias primas.</li> <li>- Código de vestido en planta para zonas de acceso restringido.</li> <li>- Inducción y entrenamiento.</li> <li>- Detectores de H<sub>2</sub>S e incendio o de NH<sub>3</sub> según el caso.</li> </ul>
11	Unidades donde se genera amoníaco	Escape de amoníaco en uniones bridas o fisuras de tubería.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formación de atmósfera tóxica.</li> <li>- Incompatibilidades químicas con insumos, productos intermedios y terminados Tabla 9-9.</li> <li>- Formación de atmósfera explosiva, incendio (inflamable entre 16 y 25% vol. en aire).</li> </ul>		
12	Unidades donde se genera o consume Hidrógeno	Escape de Hidrógeno en uniones bridas o fisuras de tubería.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formación de atmósfera inflamable (4-74% vol. en aire).</li> <li>- Incompatibilidades químicas con insumos, productos intermedios y terminados Tabla 9-9.</li> </ul>		

No.	Procesos y Actividades	Causas	Consecuencias	Medidas preventivas y de control para minimizar:	
				La probabilidad de las causas	La gravedad de las consecuencias
13	Unidades donde se manejan hidrocarburos líquidos, recibo y almacenamiento de petróleo crudo y almacenamiento final de hidrocarburos líquidos	Escape de hidrocarburos líquidos por fugas en uniones bridas o fisuras de tubería o de tanque.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formación de atmósfera inflamable.</li> <li>- Infiltraciones al suelo y aguas freáticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Especificaciones de materiales de construcción.</li> <li>- Protectores metálicos en bridas.</li> <li>- Programa de inspección y mantenimiento preventivo y predictivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El suelo debajo de la planta será protegido por una geomembrana.</li> <li>- Se contará con una red de piezómetros.</li> <li>- Los diques externos de los tanques no tendrán válvula de drenaje al exterior. El contenido del dique se enviará a tratamiento de efluentes o al proceso productivo según su calidad.</li> <li>- Los pisos contarán con pendientes que permitirán la recolección de derrames hacia unos sumideros, mediante una red de canales.</li> <li>- Detectores de incendio y sistemas de extinción.</li> <li>- Tanques de almacenamiento de petróleo crudo con techo flotante.</li> </ul>
14	Unidades donde se manejan hidrocarburos gaseosos y almacenamiento de hidrocarburos gaseosos (productos terminados)	Escape de hidrocarburos gaseosos por fugas en uniones bridas o fisuras de tubería o de tanque.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formación de atmósfera inflamable.</li> <li>- Afectación a la salud de los trabajadores según la concentración ambiente Tabla 9-10.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Detectores de incendio y sistemas de extinción.</li> <li>- Código de vestido en planta.</li> </ul>

No.	Procesos y Actividades	Causas	Consecuencias	Medidas preventivas y de control para minimizar:	
				La probabilidad de las causas	La gravedad de las consecuencias
15	Almacenamiento de productos terminados	Incompatibilidades químicas con otras sustancias.	- Reacciones violentas. - Incendio.	- Distribución de los tanques de almacenamiento.	- Detectores de incendio y sistemas de extinción. - Código de vestido en planta.
16	Combustión en tea	Apagado de los pilotos (falla).	Emisión de gases tóxicos en altura.	Programa de mantenimiento preventivo y predictivo.	Al apagarse los pilotos simultáneamente, se detendrá el proceso de refinación.
17		Operación de las teas durante el arranque y la parada de la planta.	- Propagación de la llama dentro del proceso (daño de equipos). - Incendio.	La planta operará con teas apagadas por 20 minutos, tiempo suficiente para normalizar el flujo de gases e iniciar la combustión sin peligro.	
18	Tratamiento de efluentes industriales	Vertimiento a la Bahía de aguas industriales no tratadas.	- Contaminación de la Bahía de Cartagena. - Conflictos con comunidad y autoridades. - Afectación a la imagen de la empresa.	- Control de la calidad de los efluentes. - Tanque de efluente y tanques de almacenamiento con diques de contención, sin válvulas de drenaje.	Plan de comunicación.
19		Vertimiento a la Bahía de sustancias en concentraciones peligrosas (derrames en la planta).		Diseño de los pisos (con pendiente), diques de contención en los tanques, red de recolección de efluentes y derrames, procedimientos asociados, control de calidad final de los efluentes.	
20		Vertimiento a la Bahía de aguas lluvia contaminadas.	- Contaminación de la Bahía de Cartagena. - Conflictos con comunidad y autoridades.	Diseño de la planta (pendientes, techos, canales y sumideros) que permita la recolección de las aguas lluvias potencialmente contaminadas y de los derrames de hidrocarburos para su posterior tratamiento como efluentes industriales.	
21	Tratamiento de efluentes domésticos	Vertimiento a la Bahía de aguas domésticas no tratadas.	- Contaminación de la Bahía de Cartagena. - Conflictos con comunidad y autoridades.	- Procedimiento de control de calidad previo a la descarga de efluentes domésticos. - Capacidad de retención en tanque.	

No.	Procesos y Actividades	Causas	Consecuencias	Medidas preventivas y de control para minimizar:	
				La probabilidad de las causas	La gravedad de las consecuencias
22	Casino (servicio contratado)	Contaminación cruzada de alimentos y bebidas con materias primas, subproductos o producto terminado.	Intoxicaciones agudas o crónicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El edificio del casino estará alejado e independizado de las unidades productivas.</li> <li>- Prohibición de ingresar al casino con ropa de trabajo.</li> <li>- Inducción y capacitación.</li> </ul>	
23	Laboratorio	Contacto con muestras, reactivos y residuos peligrosos.	Absorción por vía cutánea, quemaduras, inhalación de vapores tóxicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Campanas extractoras.</li> <li>- Procedimiento de clasificación de residuos peligrosos.</li> <li>- Almacenamiento de reactivos de tal forma que se minimiza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Código de vestido en planta.</li> <li>- Inducción y capacitación.</li> </ul>
24	Actividades de plantas vecinas	Emisiones accidentales de cloro o de amoníaco provenientes de plantas vecinas.	Formación de atmósfera tóxica y eventualmente explosiva por contacto con sustancias incompatibles manejadas en la Refinería.	Plan de mantenimiento y seguimiento de las plantas vecinas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de ayuda mutua que incluya un módulo de notificación inmediata a las partes interesadas.</li> <li>- Vigilancia permanente de los eventos externos.</li> <li>- Código de vestido en planta.</li> <li>- Inducción y capacitación.</li> <li>- Parada de emergencia del proceso.</li> <li>- Infraestructura de aislamiento de las materias primas y del producto terminado.</li> </ul>
25		Incendio provenientes de plantas vecinas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incendio en la Refinería.</li> <li>- Explosiones de contenedores de sustancias sensibles al calor.</li> </ul>	Plan de mantenimiento y seguimiento de Abocol.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de ayuda mutua que incluya un módulo de notificación inmediata a las partes interesadas.</li> <li>- Vigilancia permanente de los eventos externos.</li> <li>- Código de vestido en planta.</li> <li>- Inducción y capacitación.</li> <li>- Distribución de la Refinería que minimice el riesgo de contacto entre sustancias incompatibles.</li> </ul>
26	Fenómenos naturales	Terremoto o sismo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de infraestructura.</li> <li>- Heridos, fatalidades.</li> </ul>	Construcción que cumpla con las normas antisísmicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parada de emergencia de la planta.</li> <li>- Plan de evacuación.</li> </ul>

No.	Procesos y Actividades	Causas	Consecuencias	Medidas preventivas y de control para minimizar:	
				La probabilidad de las causas	La gravedad de las consecuencias
27		Inundación en las instalaciones de la Refinería (fuertes lluvias).	Pérdida de equipos.	- Red de evacuación de aguas lluvias. - La planta contará con una estación meteorológica.	- Parada de emergencia del proceso. - Red de recolección de aguas lluvia contaminadas.

**Tabla 9-25 Calificación de riesgos – Fase de operación**

No.	Procesos y actividades	Causas	ND	NE	NP	Gravedad				Nivel de riesgo
						H	A	M	Todos	
1	Recibo y almacenamiento de hidrocarburos gaseosos utilizados como insumos o combustible (gas natural y n-butano)	Fugas por fallas en empaques de uniones roscadas o bridas, fisuras de la tubería u operación de purgas, venteos y alivios de presión.	2	1	2	10	10	10	10	20
2	Recibo y almacenamiento de productos químicos	Fuga de productos químicos por fisuras de tanques/recipientes debido a corrosión o defectos de fabricación	2	1	2	25	10	10	15	30
3	Uso de combustibles gaseosos en equipos de combustión externa	Falla en el control de la combustión.	2	1	2	25	10	25	20	40
4	Unidades donde se llevan a cabo reacciones exotérmicas	Fractura de equipos por esfuerzo térmico o de presión, dada las reacciones exotérmicas.	0	1	0	100	10	60	56,7	0
5	Unidades donde se llevan a cabo reacciones exotérmicas, altas temperaturas y/o altas presiones	Fractura de equipos por falla en la instrumentación del proceso (control de temperatura y presión).	2	1	2	100	10	60	56,7	113,3
6	Unidades donde se manejan altas temperaturas	Contacto con superficies calientes.	2	2	4	25	10	10	15	60
7	Unidades generadoras de ruido	Generación de ruido excesivo.	2	2	4	10	10	10	10	40
8	Unidades donde se utilizan productos químicos	Derrame de productos químicos.	2	1	2	25	10	10	15	30
9		Falla en la instrumentación del proceso (dosificación).	2	1	2	60	10	25	31,7	63,3
10	Unidades donde se genera o consume sulfuro de Hidrógeno	Escape de sulfuro de Hidrógeno en uniones bridas o fisuras de tubería.	2	1	2	60	10	10	26,7	53,3
11	Unidades donde se genera amoníaco	Escape de amoníaco en uniones bridas o fisuras de tubería.	2	1	2	60	10	10	26,7	53,3

			<b>Gravedad</b>							
12	Unidades donde se genera o consume Hidrógeno	Escape de Hidrógeno en uniones bridas o fisuras de tubería.	2	1	2	10	10	60	26,7	<b>53,3</b>
13	Unidades donde se manejan hidrocarburos líquidos, recibo y almacenamiento de petróleo crudo y almacenamiento final de hidrocarburos líquidos	Escape de hidrocarburos líquidos por fugas en uniones bridas o fisuras de tubería o de tanque.	2	1	2	10	10	60	26,7	<b>53,3</b>
14	Unidades donde se manejan hidrocarburos gaseosos y almacenamiento de hidrocarburos gaseosos	Escape de hidrocarburos gaseosos por fugas en uniones bridas o fisuras de tubería o de tanque.	2	1	2	25	10	60	31,7	<b>63,3</b>
15	Almacenamiento de productos terminados	Incompatibilidades químicas con otras sustancias (Figura 2-1).	0	1	0	100	10	100	70	<b>0</b>
16	Combustión en tea	Apagado de los pilotos (falla).	2	1	2	10	10	10	10	<b>20</b>
17		Operación de la tea durante el arranque y la parada de la planta.	0	1	0	10	10	10	10	<b>0</b>
18	Tratamiento de efluentes industriales	Vertimiento a la Bahía de aguas industriales no tratadas.	0	1	0	10	10	25	15	<b>0</b>
19		Vertimiento a la Bahía de sustancias en concentraciones peligrosas (derrames en la planta).	0	1	0	10	25	10	15	<b>0</b>
20		Vertimiento a la Bahía de aguas lluvia contaminadas.	0	1	0	10	10	25	15	<b>0</b>
21	Tratamiento de efluentes domésticos	Vertimiento a la Bahía de aguas domésticas no tratadas.	0	1	0	10	10	25	15	<b>0</b>
22	Casino (servicio contratado)	Contaminación cruzada de alimentos y bebidas con materias primas, subproductos o producto terminado.	0	1	0	100	10	10	40	<b>0</b>
23	Laboratorio	Contacto con muestras, reactivos y residuos peligrosos.	2	1	2	10	10	10	10	<b>20</b>
24	Actividades de plantas vecinas	Emisiones accidentales de cloro o de amoníaco provenientes de plantas vecinas.	2	1	2	10	25	25	20	<b>40</b>
25		Incendio provenientes de plantas vecinas.	2	1	2	10	25	25	20	<b>40</b>
26	Fenómenos naturales	Terremoto o sismo.	2	1	2	25	10	60	31,7	<b>63,3</b>
27		Inundación en las instalaciones de la Refinería (fuertes lluvias).	2	1	2	10	10	25	15	<b>30</b>

#### **9.1.4 Escenarios de riesgo**

Para la fase de operación de la ampliación de la Refinería de Cartagena, se plantearán los lineamientos a seguir, los cuales se establecerán, implementarán y mantendrán como parte del Plan de Contingencia de Operaciones, que estará listo y entrará en vigencia para la puesta en marcha de la Planta.

En el diseño de los procedimientos para la atención de emergencias y contingencias, y especialmente para la integración de las brigadas que atenderán la reacción inicial, es fundamental tener en cuenta que el mayor peligro en las instalaciones lo constituye un incendio proveniente de una de las unidades productivas o de una planta vecina.

De acuerdo al análisis y evaluación de los riesgos – teniendo en cuenta muy especialmente el nivel de consecuencia en caso de falla de las medidas preventivas establecidas por el proyecto para minimizar las consecuencias de los eventos – y las principales líneas de acción del actual Plan de Contingencia de la Refinería, se consideraron los siguientes escenarios de riesgos como prioritarios:

- Incendio en espacios no confinados.
- Incendio en tanque de techo flotante con pesados.
- Incendio de tanque con productos livianos/blancos.
- Derrame de productos pesados en caños.
- Derrame de productos livianos en caños.
- Derrame de productos pesados en aguas marinas.
- Derrame de productos livianos en caños.
- Derrame de productos pesados y livianos en tierra.
- Fugas/escapes de LPG en tanques o cisternas.

Así mismo, y previendo la importancia de conocer el comportamiento en un eventual derrame de petróleo a la bahía de Cartagena, se adelantó una modelación por medio del modelo MECCA, transformado al modelo CODEGO (Lonin y Giraldo, 1995), empleado para el cálculo de corrientes en la bahía y los derrames. El modelo fue calibrado y verificado. Los primeros resultados de verificación se encuentran publicados en Lonin y Giraldo (1995). En el trabajo citado los resultados del modelo, aplicado para la bahía interna de Cartagena, fueron comparados con el recorrido de las boyas de deriva.

Posteriormente, el proceso de validación del modelo fue oficializado, cuando con base en este (modelo MECCA) fue implementado un modelo de derrames de sustancias tóxicas en la bahía (CODEGO). El documento oficial de validación del modelo se basó en el Manual de la IAHR “Guidelines for documenting the validity of computational modelling software” (1994) y se encuentra publicado en S. Lonin (noviembre de 2004) como “Documento de validación” (modelo CODEGO, v. 2.2) parte del proyecto:

“Actualización del sistema de predicción de la trayectoria de manchas de hidrocarburos, derramadas en la bahía de Cartagena (ASHIDRO, CIOH-DIMAR).

Con los fines del presente estudio, el modelo fue implementado en una malla espacial de 60 m de resolución para toda la bahía y, con base en la información descrita en el Capítulo 2, alimentado con los datos correspondientes a los patrones típicos, cuya mención se encuentra en la Tabla 9-26.

**Tabla 9-26 Escenarios simulados con las sustancias, variando los vientos, el caudal del canal del Dique y la fase de la marea (A – en ascenso; D – en descenso)**

N	Viento		Caudal, M <sup>3</sup> /s	Marea
	Velocidad, m/s	Dirección, grad.		
1	0	-	100	A
2	0	-	200	A
3	7	30° (NNE)	100	A
4	15	30° (NNE)	100	A
5	7	0° (N)	100	A
6	7	180° (S)	100	A
7	10	270° (W)	100	A
8	0	-	100	D

Nota. La mayor parte del tiempo, los vientos en Cartagena son del Norte o del Noreste.

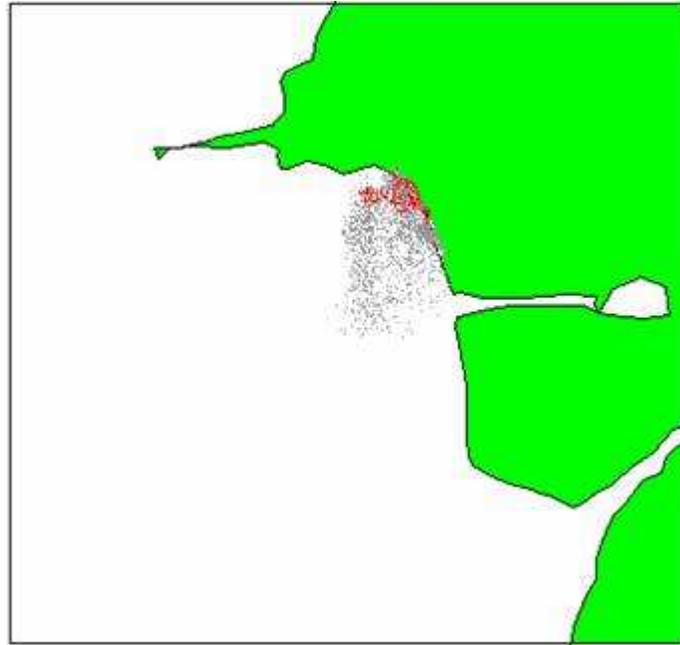
En el cálculo del bloque hidrodinámico se tuvo en cuenta la circulación producida por el viento, como el principal factor de la dinámica en la bahía, el aporte de aguas dulces por el canal del Dique y formación de la estratificación salina, la interacción con la atmósfera y la estratificación térmica en la columna del agua de la bahía, las oscilaciones de la marea y el intercambio de aguas con el mar abierto, el relieve del fondo y el patrón termohalino en las aguas del mar adyacente.

Con ello, los escenarios de derrame se muestran en las figuras siguientes, que revelan el comportamiento de la mancha de hidrocarburos en la superficie del mar, correspondientes a distintos patrones sinópticos sobre la bahía, teniendo en cuenta que el caudal de descarga de las aguas residuales es permanente, con valor de 402 m<sup>3</sup>/h, y en el evento de un derrame el tiempo de descarga no debe superar 15 minutos antes de tomar las medidas de mitigación, es decir 630 barriles lo cual es un considerado un evento muy poco probable.

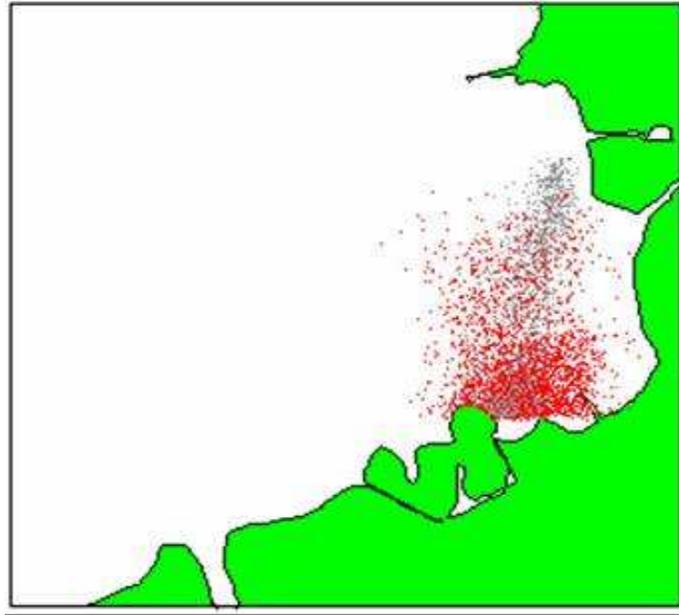
Para ello, los trazadores del color gris muestran la historia del proceso de desplazamiento de la mancha en el intervalo de 24 horas luego del derrame, los trazadores en rojo indican la posición de la mancha en el momento de 24 horas.

Fue encontrado que para esta zona, el resultado tiene mayor sensibilidad a las variaciones de la dirección e intensidad de los vientos, es poco sensible a las variaciones de la marea, el caudal del canal del Dique o las variaciones del patrón de temperatura y salinidad en la parte oceánica (las entradas Boca Grande y Boca Chica).

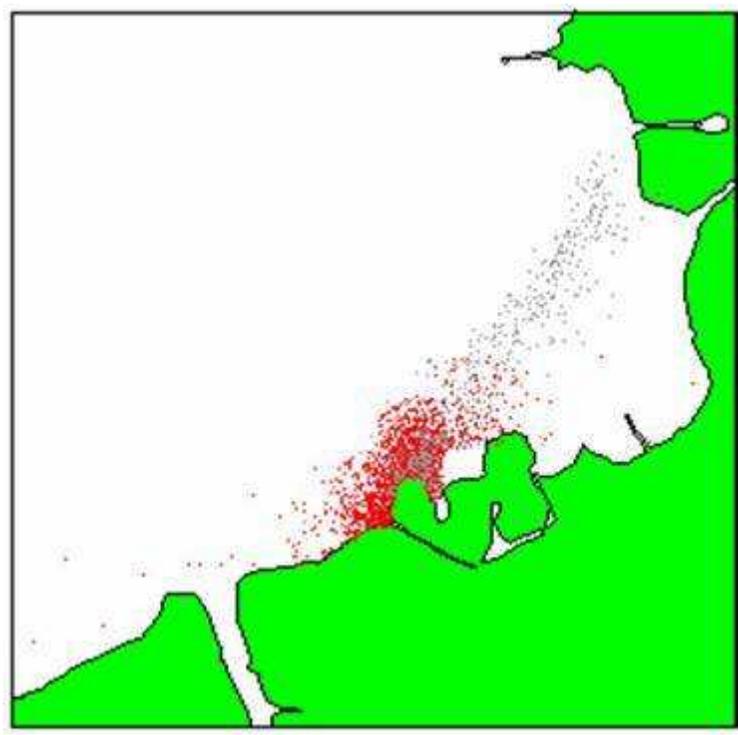
**Figura 9-4** Desplazamiento de la mancha (en gris) y su posición final en la costa (en rojo) en el caso de los escenarios 1, 2 y 8 (condiciones de calma)



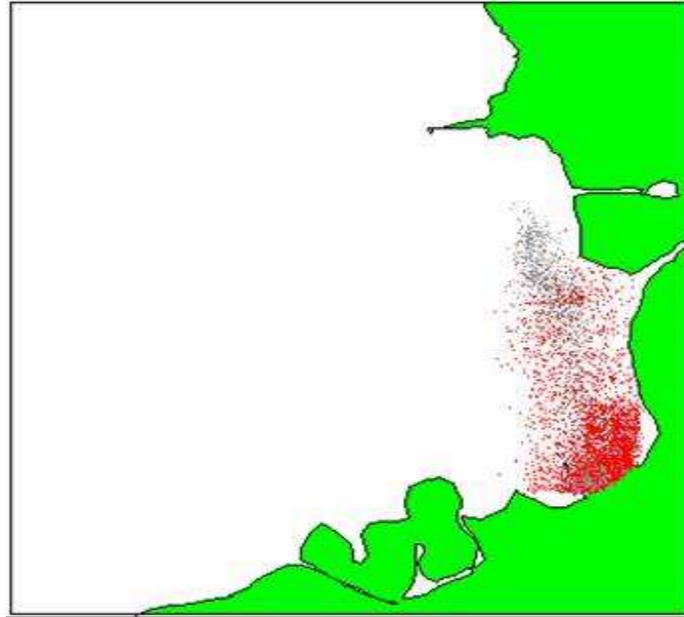
**Figura 9-5** Desplazamiento de la mancha (en gris) y su posición final en la costa (en rojo) en el caso del escenario 3 (vientos moderados del nor-noreste)



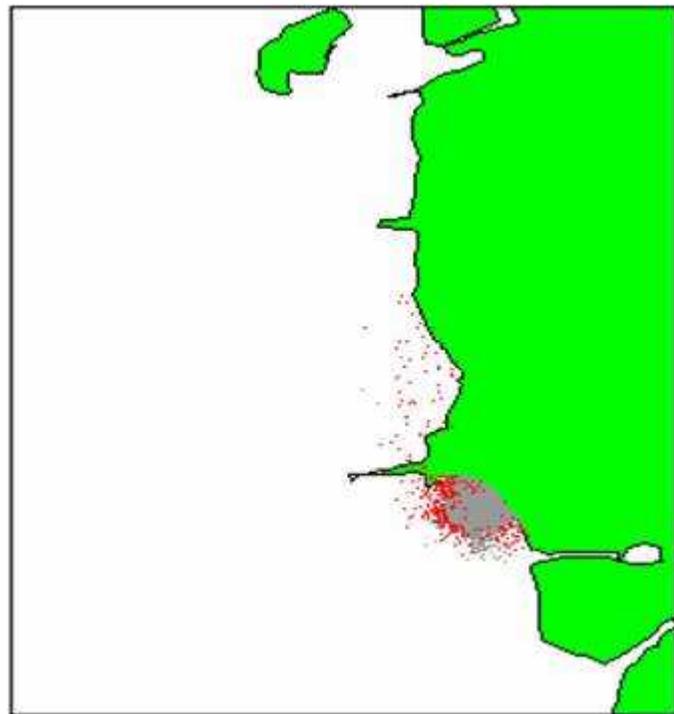
**Figura 9-6** Desplazamiento de la mancha (en gris) y su posición final en la costa (en rojo) en el caso del escenario 4 (vientos fuertes del nor-noreste)



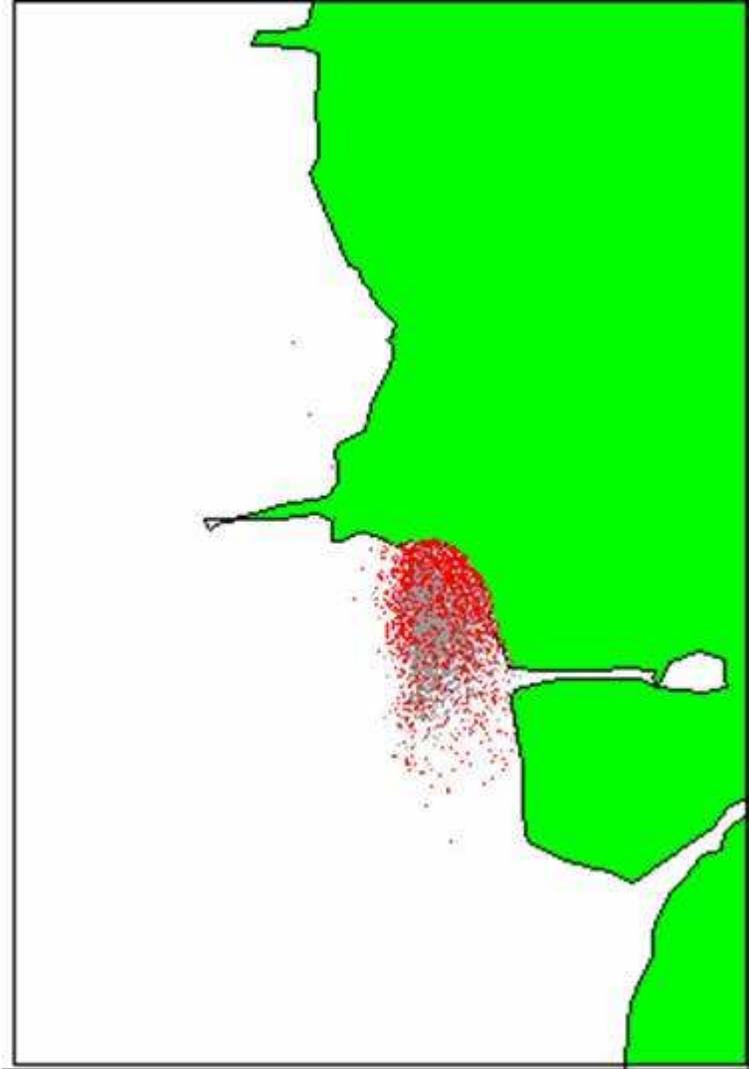
**Figura 9-7** Desplazamiento de la mancha (en gris) y su posición final en la costa (en rojo) en el caso del escenario 5 (vientos moderados del norte)



**Figura 9-8** Desplazamiento de la mancha (en gris) y su posición final en la costa (en rojo) en el caso del escenario 6 (vientos moderados del sur)



**Figura 9-9** Desplazamiento de la mancha (en gris) y su posición final en la costa (en rojo) en el caso del escenario 7 (vientos fuertes del oeste)



Los resultados de la modelación demostraron que:

- Las sustancias no se acumulan en el espacio debido a los factores hidrodinámicos de transporte y dispersión, más que por las reacciones químicas y biológicas de degradación, si es del caso.
- Los derrames de hidrocarburos en vecindad de la dársena de la Refinería de Cartagena muestran la tendencia de desplazarse de acuerdo con la dirección e intensidad de los vientos.

### **9.1.5 Plan de contingencia**

Con el fin de manejar los riesgos identificados previamente, se hará necesario desarrollar actividades orientadas a la prevención y al correcto manejo de las contingencias.

Los componentes de mayor importancia son:

- Un plan de monitoreo ambiental.
- Un plan de emergencia.
- Un plan de gestión de residuos peligrosos.
- Un programa de seguridad y salud ocupacional.
- Un plan de seguridad industrial.

En este orden de ideas, la Refinería de Cartagena mantiene actualizado su Plan Integral de Contingencia, establecido e implementado siguiendo los lineamientos del Decreto 321 de febrero 17 de 1999, por medio del cual el Gobierno Nacional adoptó el Plan nacional de contingencia contra derrames de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas.

La Refinería ampliará la cobertura de su Plan de Contingencia de acuerdo con los riesgos relacionados con la operación de las futuras unidades de refinería y la nueva área de influencia de la planta.

El Plan Integral de Contingencia de la Refinería tiene la siguiente estructuración básica:

**Figura 9-10 Contenido del Plan Integral de Contingencia – REFICAR**

		<u>Glosario</u>
		<u>Introducción</u>
	<b>Areas Operativas</b>	<u>Distribución áreas operativas</u>
<b>Plan estrategico</b>	Capitulo 1	<u>Conceptos básicos en un PIDC</u>
	Capitulo 2	<u>Marco jurídico/institucional</u>
	Capitulo 3	<u>Mapas de sensibilidad industrial para zonas costeras</u>
	Capitulo 4	<u>Definición del área de influencia para el PIDC de laGRC</u>
	Capitulo 5	<u>Análisis/evaluación del riesgo tecnológico</u>
	Capitulo 6	<u>Estrategias para la respuesta</u>
	Capitulo 7	<u>Coordinación con entidades externas</u>
	Capitulo 8	<u>Indicaciones básicas sobre seguros</u>
	Capitulo 9	<u>Programas de capacitación, administración y auditoría del PIDC</u>
	Capitulo 10	<u>Socialización/divulgación del PIDC - GRC</u>
	Capitulo 11	<u>Actualización delPIDC</u>
<b>Plan operativo</b>	Capitulo 1	<u>Consideraciones generales</u>
	Capitulo 2	<u>Procedimientos operativos</u>
	Capitulo 3	<u>Operaciones de respuesta</u>
	Capitulo 4	<u>Control y evaluación de operaciones</u>
	Capitulo 5	<u>Terminación de operaciones y POST-EMERGENCIAS</u>
<b>Plan Informatico</b>		<u>Plan informatico</u>
		<u>Localización local</u>
		<u>Localización regional</u>

Plan estratégico:

Con la configuración actual, se han establecido la siguiente área de influencia y puntos de monitoreo y control para efectos de control de contingencias:

- Localización de la instalación en el área de influencia Puntual.
- Localización de la instalación en el área de influencia Local.



- Localización de la instalación en el área de influencia Regional.
- Localización de la instalación en el área de influencia Nacional.
- PC 01-Punto de control Caño Propilco-Sector desembocadura a la bahía.
- PC 02-Punto de control Caño Propilco-Sector cruce del caño con la vía principal.
- PC 03-Punto de control Caño Casimiro-Sector desembocadura a la bahía.
- PC 04-Punto de control Caño Casimiro-Sector cruce del caño con la vía principal.
- PC 05-Punto de control Caño Casimiro-Sector líneas de transferencia TNP.
- PC 06-Punto de control Caño Arroyo Grande-Sector desembocadura a la bahía.
- PC 07-Punto de control Caño Arroyo Grande-Sector cruce del caño con la vía principal.
- PC 08-Punto de control Caño Arroyo Grande-Sector aledaño separador poliducto GRC.
- PC 09-Punto de control Caño Atunes-Margen derecha vía muelle TNP.
- PC 10-Punto de control Caño Atunes-Margen derecha vía muelle TNP.
- PC 11-Punto de control Caño Cotorras-Sector cerca al muelle e la refinería.
- PC 12-Punto de control Caño Canales de evacuación de Aguas Residuales-Sector salida a la bahía.

El plan integral de contingencias de la actual Refinería contempla la siguiente secuencia de acciones de respuesta:

- Esquema básico de respuesta.
- Aviso de la situación de emergencia.
- Código de aviso “pitadas”.
- Línea de activación para escalamiento de emergencias.
- Líderes de evacuación.

Se cuenta con un esquema de respuesta que puede variar según el nivel de la emergencia (menor, media, mayor o nacional):

- Línea de activación.
- Línea de notificación para emergencias ambientales con afectación externa.
- Esquema de organización para la respuesta.
- Estructura puesta de mando.

*Plan operativo:*

Se dispone además de un Manual Operativo del Plan Integral de Contingencias, el cual se encuentra actualmente en proceso de actualización y mejora y que será revisado nuevamente antes de iniciar la operación de las nuevas unidades de proceso.

Plan informático:

El plan informático reúne toda la información necesaria para proporcionar la mejor atención posible a las contingencias, como mapas, inventarios de equipos y directorios de contacto como los siguientes:

- Directorio de apoyo interno.
- Directorio Entidades Gubernamentales de Cartagena.
- Directorio de Apoyo Externo – Firmas Contratistas.
- Directorio de Apoyo Internacional – Guía telefónica Clean Caribbean y Américas.

*9.1.5.1 Conclusiones*

Se observa que los niveles de riesgo y su significancia son bajos (niveles de intervención I y II), debido a las medidas preventivas hacia las amenazas y sus consecuencias previstas por el Proyecto. Sin embargo, durante la fase de *Commissioning*, el panorama de riesgo será evaluado nuevamente en particular respecto a las amenazas actualmente clasificadas en nivel de intervención II (análisis costo-beneficio necesario):

- Escape de hidrocarburos líquidos por fugas en uniones bridas o fisuras de tubería o de tanque.
- Escape de hidrocarburos gaseosos, sulfuro de Hidrógeno, amoníaco o Hidrógeno por fugas en uniones bridas o fisuras de tubería o de tanque.
- Fractura de equipos por falla en la instrumentación del proceso (control de temperatura, presión, dosificación de productos químicos).
- Generación de ruido excesivo.
- Derrame de productos químicos.
- Emisiones accidentales de cloro o de amoníaco o incendios provenientes de plantas vecinas.
- Fenómenos naturales.

Para el caso de la modelación de un derrame, se concluyó que:

- Las sustancias no se acumulan en el espacio debido a los factores hidrodinámicos de transporte y dispersión, más que por las reacciones químicas y biológicas de degradación, si es del caso.
- Los derrames de hidrocarburos en vecindad de la dársena de la Refinería de Cartagena muestran la tendencia de desplazarse de acuerdo con la dirección e intensidad de los vientos.



## ***CAPITULO 10: PLAN DE ABANDONO Y RESTAURACIÓN FINAL***

***Agosto de 2008***

## **10. PLAN DE ABANDONO Y RESTAURACIÓN FINAL**

Se prevé que la Refinería de Cartagena en su nueva configuración registre una vida útil de mínimo 30 años, periodo al final del cual y conforme las condiciones del mercado, los niveles de desarrollo tecnológico alcanzados y registrados en cuento a la integridad técnica de la planta se refiere y la posibilidad de mantener altos estándares operativos acorde con las exigencias tanto técnicas como ambientales del momento, definirá la necesidad de adelantar (o no) según corresponda, el cierre total de las operaciones a su cargo, para lo cual diseñaría con suficiente tiempo y adelantaría conforme proceda, un plan de abandono y restauración final del sitio donde viene operando la refinería desde 1958. El plan tendrá como principales ejes estructurantes los siguientes:

- Diseño y desarrollo de un programa social de transición, que permitirá prevenir que las decisiones que se surtan para impulsar el cierre definitivo de las operaciones a cargo y el abandono de las instalaciones de la refinería, incluido el desmonte y desmantelamiento de la infraestructura disponible, sea susceptible de generar pasivos sociales derivados de la finalización de las oportunidades de trabajo y obviamente, limitar sensiblemente las opciones de desarrollo tanto local como regional, producto de la dependencia económica que un proyecto de estas magnitudes tiende por lo general a generar .
- Diseño, puesta en marcha e implementación de un programa de identificación, evaluación del estado, datación y manejo de inventarios tanto de los activos fijos representados (planta y equipos operando) y el estado en que se encuentren, así como de los equipos partes y piezas en desuso, mismas que tendrán que ser dadas de baja con la suficientes antelación, asegurando su adecuada disposición final, sean estos considerados chatarra o residuos (peligrosos o no según corresponda).
- Diseño y desarrollo de un programa de monitoreo tanto del terreno de la refinería como del área de influencia directa, para los fines de identificar los potenciales pasivos ambientales presentes o potencialmente acreditables a las operaciones a cargo de la refinería, para los fines de establecer y planificar, conforme los resultados obtenidos, su manejo y eliminación según corresponda.
- Consecuentemente con el resultado del monitoreo señalado en el punto anterior y con especial atención al sitio de operaciones de la refinería, se diseñará, cuantificará y adelantará si se identifican pasivos que así lo ameriten, un programa de recuperación ambiental del sitio, con especial atención a los suelos (remediación) y niveles de aguas freáticas del terreno (eliminación de potenciales contaminantes persistentes presentes), con el cual se garantice la trazabilidad y en general integridad del lugar, frente a la existencia de contaminantes en el mismo. Este

trabajo se complementarían con las labores propiamente establecidas en el marco de los objetivos de los programas de gestión social y técnica propios del componente general de cierre y abandono concebidos.

### **10.1 Programa de gestión social previo al abandono de la planta.**

Los principales objetivos del programa de gestión social previsto serán los siguientes:

- Informar con la debida anticipación a las autoridades y partes interesadas, acerca de las razones por las cuales se promoverá el cierre definitivo de la Refinería una vez se cumpla su vida útil y se acuerde la no conveniencia de mantener las operaciones en curso, mismas que se adelantarían con por lo menos dos años de anterioridad al inicio de las labores de desmantelamiento que se determinen, mediante la convocatoria a sendas reuniones de información, que se adelantarán en sus alcances en función de los públicos objetivo.
- Preparar y Presentar a las partes interesadas con por lo menos un año de anterioridad al inicio de las labores de desmonte y abandono de la planta, el informe del balance de la gestión ambiental y social de la Refinería, donde se analizará en particular el cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental en sus componentes correspondientes, la eficiencia del Plan de Contingencia estructurado bajo los esquemas APPEL y de ayuda mutua y los resultados de la ejecución de los programas ambientales y sociales de mayor relevancia, registrando las ponderaciones y puntajes obtenidos frente a los indicadores previstos y necesariamente los logros medibles y verificables en materia de gestión.
- Prevenir la generación de pasivos sociales, considerando en particular el impacto que tendría el cierre definitivo de la Refinería sobre el empleo local y la dinámica económica regional, mediante el anuncio anticipado de las decisiones, para los fines de evitar que producto de la dependencia ocasional que un proyecto de la magnitud como la refinería, se geten crisis innecesarias entre los actores locales involucrados con las operaciones del proyecto.

### **10.2 Programa de manejo de inventarios y equipos en desuso**

Los principales objetivos del programa de manejo de inventarios y equipos en desuso serán:

- Optimizar la gestión de existencias de petróleo crudo y de productos terminados, en función de la fecha programada de cierre y abandono de las instalaciones, para los fines de garantizar que al momento del inicio del desmonte de la planta, no existan inventarios tanto de materias primas como de productos, que como consecuencia del cierre, puedan implicar la generación de residuos peligrosos no deseables y aumentar los costos de cierre de las instalaciones asociados.

- Establecer alternativas para minimizar el desperdicio de materias primas, insumos o productos terminados mediante la disminución gradual de las operaciones a cargo, hasta el cierre definitivo de las mismas.
- Favorecer la reutilización de los equipos y maquinaria en otras instalaciones industriales sobre métodos destructivos, identificando conforme el estado y vida útil de cada equipo, la pertinente y correspondencia de uso frente a las necesidades de la industria en la región, para lo cual se consolidará con por lo menos dos años antes del inicio del cierre de las operaciones, el inventario previsto para el caso, que incluirá una ficha técnica sobre el estado y condición operativa de los equipos, partes y piezas disponibles en la refinería.
- Establecer aplicando las mejores técnicas de mantenimiento disponibles, un programa de limpieza, acondicionamiento y descontaminación de los equipos y maquinaria de la planta a ser desmontada y que se prevea por sus condiciones y estado sea útil a otros fines productivos, permitiendo en su momento su transporte, almacenamiento y posterior reutilización por los adquirentes o receptores de dichos equipos, sin que se presente un impacto ambiental significativo producto del mal estado o condición en que pudiesen ser entregados.
- Planificar las labores de cierre de las operaciones, desmonte de los equipos y abandono de los terrenos de la Refinería con una anterioridad de por lo menos tres años, de tal manera que no llegue a causar un deterioro ambiental significativo por el cierre, en particular asegurando hasta el final la adecuada operación de los sistemas de tratamiento de los efluentes tanto industriales como domésticos, así como aquel relativo al manejo de residuos, que necesariamente deberá extenderse hasta la entrega del terreno a quienes lo adquieran, reciban o se les donde según proceda en su momento.

### **10.3 Programa de monitoreo ambiental para detección de pasivos ambientales.**

Los principales objetivos del programa de monitoreo serán:

- Establecer la calidad del suelo y de las aguas freáticas a lo largo el terreno de la refinería y sus áreas aledañas, para los fines de identificar la potencial presencia de contaminantes que por su naturaleza puedan ser asociados con las operaciones de largo plazo de la refinería, para lo cual se considerarán, entre otros que llegado el caso pudiesen exigir las autoridades competentes, sean evaluados parámetros tales como contenido de aceites y grasas, concentración detectable de hidrocarburos totales del petróleo (TPH), concentración detectable de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), BTEX y Sulfuros.
- Determinar en función del evaluación de los datos históricos colectados con ocasión del desarrollo de los programas de monitoreo ambiental adelantados por la refinería en el tiempo, la evolución de la calidad del suelo y de las aguas freáticas, comparando los

registros respectivos con los obtenidos en la línea base ambiental establecida en el presente estudio de impactos ambientales (Capítulo 3) y demás monitoreos que en los próximos años se vayan a adelantar conforme corresponda, para los fines de establecer los patrones de comportamiento y tendencias observadas en relación con los contaminantes que se identifique, existen por causas imputables a las operaciones a cargo de la Refinería de Cartagena y que por su naturaleza y condición, puedan constituir verdaderos pasivos ambientales de la planta.

#### **10.4 Programa de recuperación y saneamiento ambiental de sitios contaminados en los terrenos de la refinería de Cartagena con ocasión del abandono de los terrenos de la misma.**

- Producto de los resultados obtenidos en el desarrollo de los monitoreos previstos en el aparte anterior y en función el análisis histórico relativo a la evolución de los contaminantes identificados y sus concentraciones en los predios de la refinería, en caso de ser necesario, se identificarán y acordarán con las autoridades competentes las mejores técnicas disponibles desde el punto de vista ambiental y económico para llevar a cabo una remediación de las secciones del suelo afectadas y/o de las franjas de aguas freáticas .
- En caso de ser necesario, y producto de la detección de limitaciones y restricciones para la remediación in situ de los sitios identificados, concebir y diseñar alternativas de tratamiento ex situ, en función de los niveles de contaminación encontrados en sitio y de su viabilidad con el fin de adelantar un programa de remediación efectivo, incluida la identificación de instalaciones autorizadas para prestar los servicios de tratamiento o disposición final de los suelos que se hallen en su momento contaminados.

## ANEXOS

### ANEXO 4-1 Archivo fotográfico del estado inicial del lote para el aprovechamiento forestal.



**Foto 1: Panorámica del área objeto de aprovechamiento sobre el sector sur**



**Foto 2: Aspecto del área a aprovechar en el extremo noroeste**





**Foto 5: Arroyo Grande en su tránsito por el área de estudio**



**Foto 6: Aspecto del área objeto de aprovechamiento en su sector central**



**Foto 7: Apertura de trocha para montaje de parcela de muestreo**



**Foto 8: Marcaje de árbol con D.A.P mayor a 10 centímetros dentro de parcela**



**Foto 9: Marcaje de árbol con D.A.P mayor a 10 centímetros dentro de parcela**



**Foto 10: Vegetación característica del sector este del área**



**Foto 11: Delimitación de Parcela de muestreo # 5**



**Foto 12: Crecimiento de pastos en algunos sectores dentro del lote**



**Foto 13: Mezcla de pastos y rastrojo al interior del área**



**Foto 14: Vegetación característica al interior de la Parcela de muestreo #  
3**



**Foto 15: Equipo profesional y técnico en labor de campo**



**Foto 16: Árboles de almendro (*Terminalia cattapa*) al interior de la parcela de muestreo # 5**



**Foto 17: Ejemplares de guacamayo (*Albizzia caribaea*) especie predominante.**



**Foto 18: Vegetación al interior de parcela # 4**



**Foto 19: Vegetación al interior de la parcela # 6**



**Foto 20: Registro de datos en formulario de campo**



**Foto 21: Delimitación de parcela de muestreo # 6**



**Foto 22: Vegetación característica de la parcela de muestreo # 2**

**ANEXO 4-2 Datos de campo recolectados para cada parcela del aprovechamiento forestal.**

**PARCELA DE MUESTREO No 1.**

Ítem	Nombre Común	Nombre	Altura (m)	DAP	Área basal	Volumen
	Especie	Científico	Total	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )
1	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	7	0,18	0,0254	0,1425
2	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	4	0,15	0,018	0,0565
3	Olla de mico	<i>Lecythis minor</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
4	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	8	0,18	0,0254	0,1629
5	Uvita mucosa	<i>Cordia dentata</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
6	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
7	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
8	Sietecueros	<i>Machaerium glabratum</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
9	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
10	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
11	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
12	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
13	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
14	Uvita mucosa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
15	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	7	0,14	0,0154	0,0862
16	Uvita mucosa	<i>Cordia dentata</i>	7	0,12	0,0113	0,0633
17	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	8	0,20	0,0314	0,2011
18	Indio desnudo	<i>Bursera simaruba</i>	7	0,17	0,0227	0,1271
19	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	7	0,23	0,0415	0,2327
20	Ceiba bonga	<i>Ceiba pentandra</i>	7	0,35	0,0962	0,5388
21	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
22	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	6	0,18	0,0254	0,1221
23	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	5	0,16	0,0201	0,0804
24	Olivo	<i>Caparis odoratissima</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
25	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	7	0,20	0,0314	0,1759
26	Sietecueros	<i>Machaerium glabratum</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
27	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	8	0,15	0,0177	0,1131
28	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	5	0,16	0,0201	0,0804
29	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
30	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
31	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	8	0,20	0,0314	0,2011
32	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
33	Uvita mucosa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
34	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	8	0,20	0,0314	0,2011
35	Buche sapo	<i>Pithecellobium sp</i>	5	0,15	0,0177	0,0707
36	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
37	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
38	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
39	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
40	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
41	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,15	0,0177	0,0707

Ítem	Nombre Común	Nombre	Altura (m)	DAP	Área basal	Volumen
	Especie	Científico	Total	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )
42	Olivo	<i>Caparis odoratissima</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
43	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
44	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,10	0,0079	0,0377
45	Buche sapo	<i>Pithecellobium sp</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
46	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
47	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
48	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
49	Buche sapo	<i>Pithecellobium sp</i>	7	0,12	0,0113	0,0633
50	Buche sapo	<i>Pithecellobium sp</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
51	Buche sapo	<i>Pithecellobium sp</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
52	Buche sapo	<i>Pithecellobium sp</i>	5	0,11	0,0095	0,0380
53	Buche sapo	<i>Pithecellobium sp</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
54	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
55	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
56	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,13	0,0133	0,0743
57	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,11	0,0095	0,0456
58	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	8	0,18	0,0254	0,1629
59	Uvita mocososa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
60	Olla de mico	<i>Lecythis minor</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
61	Olla de mico	<i>Lecythis minor</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
62	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
63	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
64	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
65	Ceiba bonga	<i>Ceiba pentandra</i>	7	0,17	0,0227	0,1271
66	Buche sapo	<i>Pithecellobium sp</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
67	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
68	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	7	0,15	0,0177	0,0990
69	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,14	0,0154	0,0616
70	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	7	0,15	0,0177	0,0990
71	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
72	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	8	0,17	0,0227	0,1453
73	Sietecueros	<i>Machaerium glabratum</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
74	Sietecueros	<i>Machaerium glabratum</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
75	Uvita mocososa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
76	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
77	Olivo	<i>Caparis odoratissima</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
78	Olla de mico	<i>Lecythis minor</i>	5	0,11	0,0095	0,0380
79	Uvita mocososa	<i>Cordia dentata</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
80	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	6	0,16	0,0201	0,0965
81	Buche sapo	<i>Pithecellobium sp</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
82	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
83	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	8	0,17	0,0227	0,1453
84	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,16	0,0201	0,1126

Ítem	Nombre Común	Nombre	Altura (m)	DAP	Área basal	Volumen
	Especie	Científico	Total	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )
85	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	7	0,17	0,0227	0,1271
86	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
87	Buche sapo	<i>Pithecellobium sp</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
88	Uvita mocososa	<i>Cordia dentata</i>	5	0,11	0,0095	0,0380
89	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
90	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	8	0,18	0,0254	0,1629
91	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	6	0,16	0,0201	0,0965
92	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,15	0,0177	0,0990
93	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,16	0,0201	0,0965
94	Olla de mico	<i>Lecythis minor</i>	5	0,14	0,0154	0,0616
95	Hobo	<i>Spondias Bombin</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
96	Santa Cruz	<i>Astronium graveolens</i>	6	0,17	0,0227	0,1090
97	Santa Cruz	<i>Astronium graveolens</i>	5	0,15	0,0177	0,0707
98	Uvita mocososa	<i>Cordia dentata</i>	3	0,10	0,0079	0,0188
99	Buche sapo	<i>Pithecellobium sp</i>	5	0,14	0,0154	0,0616
PROMEDIOS			5,82828283	0,14		
TOTALES					1,6343	8,1166

Fuente: Araujo Ibarra & Asociados S.A.

### PARCELA DE MUESTREO No 2.

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
2	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	4	0,11	0,0095	0,0304
3	Chicho	-----	4	0,12	0,0113	0,0362
4	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
5	Chicho	-----	4	0,10	0,0079	0,0251
6	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
7	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
8	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
9	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
10	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
11	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
12	Chicho	-----	4	0,10	0,0079	0,0251
13	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	6	0,10	0,0079	0,0377
14	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
15	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
16	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
17	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	7	0,14	0,0154	0,0862
18	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	7	0,15	0,0177	0,0990
19	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	4	0,12	0,0113	0,0362
20	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	5	0,13	0,0133	0,0531

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
21	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
22	Chicho	-----	7	0,18	0,0254	0,1425
23	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
24	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
25	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,10	0,0079	0,0440
26	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,11	0,0095	0,0456
27	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
28	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	8	0,15	0,0177	0,1131
29	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	7	0,13	0,0133	0,0743
30	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
31	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
32	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,15	0,0177	0,0707
33	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
34	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	9	0,18	0,0254	0,1832
35	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	7	0,17	0,0227	0,1271
36	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	9	0,13	0,0133	0,0956
37	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
38	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	9	0,25	0,0491	0,3534
39	Chicho	-----	7	0,12	0,0113	0,0633
40	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,18	0,0254	0,1221
41	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	8	0,15	0,0177	0,1131
42	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
43	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
44	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	8	0,20	0,0314	0,2011
45	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
46	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	10	0,25	0,0491	0,3927
47	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
48	Olla de mico	<i>Lecythis minor</i>	7	0,13	0,0133	0,0743
49	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
50	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,13	0,0133	0,0743
51	Olla de mico	<i>Lecythis minor</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
52	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,14	0,0154	0,0862
53	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
54	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	14	0,35	0,0962	1,0776
55	Mamón	<i>Melicocca bijuga</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
56	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
57	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
58	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
59	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	4	0,16	0,0201	0,0643
60	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	9	0,18	0,0254	0,1832
61	Chicho	-----	6	0,20	0,0168	0,0808
62	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	8	0,18	0,0254	0,1629
63	Chicho	-----	6	0,15	0,0177	0,0848

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
64	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
65	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
66	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,17	0,0227	0,1271
67	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
68	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,16	0,0201	0,0965
69	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,15	0,0177	0,0707
70	Olla de mico	<i>Lecythis minor</i>	7	0,17	0,0227	0,1271
71	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	9	0,18	0,0254	0,1832
72	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	8	0,17	0,0227	0,1453
73	Olivo	<i>Caparis odoratissima</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
74	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
75	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,12	0,0113	0,0362
76	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	8	0,16	0,0201	0,1287
77	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	8	0,17	0,0227	0,1453
78	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
79	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	5	0,11	0,0095	0,0380
80	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
81	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
82	Olla de mico	<i>Lecythis minor</i>	7	0,17	0,0227	0,1271
83	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	9	0,19	0,0284	0,2041
84	Totumo	<i>Crescentia cujete</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
85	Totumo	<i>Crescentia cujete</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
86	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
87	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
88	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,15	0,0177	0,0990
89	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	8	0,17	0,0227	0,1453
90	Olivo	<i>Caparis odoratissima</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
91	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
92	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
93	Olla de mico	<i>Lecythis minor</i>	7	0,18	0,0254	0,1425
94	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
95	Totumo	<i>Crescentia cujete</i>	4	0,12	0,0113	0,0362
96	Chicho	-----	6	0,14	0,0154	0,0739
97	Chicho	-----	6	0,15	0,0177	0,0848
98	Totumo	<i>Crescentia cujete</i>	3	0,12	0,0113	0,0271
99	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	8	0,18	0,0254	0,1629
100	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
101	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
102	Olla de mico	<i>Lecythis minor</i>	7	0,15	0,0177	0,0990
103	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	3	0,10	0,0079	0,0188
104	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,11	0,0095	0,0304
105	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
106	Guacamayo	<i>Albizia carbaea</i>	8	0,18	0,0254	0,1629

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
107	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
108	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
PROMEDIOS			6,21296296	0,14		
<b>TOTALES</b>					1,8270	10,2305

Fuente: Araujo Ibarra & Asociados S.A.

### PARCELA DE MUESTREO No 3.

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,12	0,0113	0,0633
2	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,11	0,0095	0,0456
3	Guamacho	<i>Pereskia sp</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
4	Sangregao	<i>Pterocarpus sp</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
5	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
6	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
7	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,12	0,0113	0,0633
8	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	9	0,18	0,0254	0,1832
9	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,10	0,0079	0,0377
10	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
11	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,10	0,0079	0,0377
12	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	12	0,30	0,0707	0,6786
13	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,12	0,0113	0,0633
14	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,16	0,0201	0,0804
15	Sangregao	<i>Pterocarpus sp</i>	7	0,12	0,0113	0,0633
16	Guamacho	<i>Pereskia sp</i>	7	0,10	0,0079	0,0440
17	Guamacho	<i>Pereskia sp</i>	7	0,10	0,0079	0,0440
18	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
19	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	8	0,20	0,0314	0,2011
20	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	8	0,20	0,0314	0,2011
21	Sangregao	<i>Pterocarpus sp</i>	9	0,20	0,0314	0,2262
22	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
23	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,15	0,0177	0,0990
24	Cereza	<i>Malpighia glabra</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
25	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	12	0,22	0,0380	0,3649
26	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
27	Sangregao	<i>Pterocarpus sp</i>	7	0,10	0,0079	0,0440
28	Cereza	<i>Malpighia glabra</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
29	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	8	0,12	0,0113	0,0724
30	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	7	0,13	0,0133	0,0743
31	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	8	0,15	0,0177	0,1131
32	Buche sapo	<i>Pithcellobium sp</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
33	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,10	0,0079	0,0377



Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
34	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,11	0,0095	0,0532
35	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
36	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
37	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	7	0,12	0,0113	0,0633
38	Sangregao	<i>Pterocarpus sp</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
39	Sangregao	<i>Pterocarpus sp</i>	8	0,18	0,0254	0,1629
40	Sangregao	<i>Pterocarpus sp</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
41	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	8	0,15	0,0177	0,1131
42	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	7	0,12	0,0113	0,0633
43	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	9	0,18	0,0254	0,1832
44	Sangregao	<i>Pterocarpus sp</i>	7	0,15	0,0177	0,0990
45	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
46	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	9	0,15	0,0177	0,1272
47	Buche sapo	<i>Pithcellobium sp</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
48	Buche sapo	<i>Pithcellobium sp</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
49	Sangregao	<i>Pterocarpus sp</i>	7	0,18	0,0254	0,1425
50	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
51	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
52	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,13	0,0133	0,0743
53	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,11	0,0095	0,0456
54	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,12	0,0113	0,0633
55	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,13	0,0133	0,0743
56	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	8	0,14	0,0154	0,0985
57	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,13	0,0133	0,0743
58	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
59	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	8	0,15	0,0177	0,1131
60	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,17	0,0227	0,1271
61	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,11	0,0095	0,0380
62	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,16	0,0201	0,0804
63	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,15	0,0177	0,0990
64	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
65	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,12	0,0113	0,0633
66	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,10	0,0079	0,0377
67	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,10	0,0079	0,0377
68	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	8	0,12	0,0113	0,0724
69	Olivo	<i>Caparis odoratissima</i>	4	0,12	0,0113	0,0362
70	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
71	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
72	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,14	0,0154	0,0862
73	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
74	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
75	Olivo	<i>Caparis odoratissima</i>	3	0,12	0,0113	0,0271
76	Guamacho	<i>Pereskia sp</i>	5	0,13	0,0133	0,0531

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
77	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,11	0,0095	0,0304
78	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
79	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	8	0,20	0,0314	0,2011
80	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	7	0,18	0,0254	0,1425
81	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,14	0,0154	0,0616
82	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	9	0,24	0,0452	0,3257
83	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
84	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	3	0,10	0,0079	0,0188
85	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	5	0,16	0,0201	0,0804
86	Olivo	<i>Caparis odoratissima</i>	4	0,12	0,0113	0,0362
87	Totumo	<i>Crecentia cujete</i>	3	0,13	0,0133	0,0319
88	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
89	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,14	0,0154	0,0616
90	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	6	0,25	0,0491	0,2356
91	Buche sapo	<i>Pithcellobium sp</i>	5	0,14	0,0154	0,0616
92	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
93	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,13	0,0133	0,0425
94	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	7	0,18	0,0254	0,1425
95	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
96	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	5	0,15	0,0177	0,0707
PROMEDIOS			6,38541667	0,14		
TOTALES					1,5394	8,5801

Fuente: Araujo Ibarra & Asociados S.A.

#### PARCELA DE MUESTREO No 4.

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	5	0,11	0,0095	0,0380
2	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
3	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
4	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
5	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	8	0,12	0,0113	0,0724
6	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
7	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
8	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	7	0,10	0,0079	0,0440
9	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	5	0,15	0,0177	0,0707
10	Niguito	<i>Miconia sp</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
11	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
12	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	7	0,18	0,0254	0,1425
13	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	7	0,15	0,0177	0,0990
14	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
15	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	6	0,15	0,0177	0,0848

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
16	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	10	0,22	0,0380	0,3041
17	Olla de mico	<i>Lecithys minor</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
18	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
19	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,15	0,0177	0,0565
20	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
21	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	12	0,30	0,0707	0,6786
22	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	4	0,12	0,0113	0,0362
23	Buche sapo	<i>Pithecellobium sp</i>	6	0,16	0,0201	0,0965
24	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,10	0,0079	0,0377
25	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
26	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	12	0,36	0,1018	0,9772
27	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	4	0,12	0,0113	0,0362
28	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
29	Dividivi	<i>Libidivia coriaria</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
30	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	8	0,12	0,0113	0,0724
31	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
32	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
33	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
34	Chicho	-----	7	0,13	0,0133	0,0743
35	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
36	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
37	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
38	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
39	Chicho	-----	6	0,15	0,0177	0,0848
40	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
41	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	9	0,22	0,0380	0,2737
42	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	7	0,17	0,0227	0,1271
43	Olivo	<i>Caparis odoratissima</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
44	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,12	0,0113	0,0362
45	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
46	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
47	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
48	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	7	0,18	0,0254	0,1425
49	Totumo	<i>Crescentia cujete</i>	4	0,12	0,0113	0,0362
50	Dividivi	<i>Libidivia coriaria</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
51	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
52	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
53	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
54	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
55	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	8	0,16	0,0201	0,1287
56	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
57	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	5	0,17	0,0227	0,0908
58	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	6	0,18	0,0254	0,1221



Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
59	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,15	0,0177	0,0990
60	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,17	0,0227	0,1271
61	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
62	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
63	Olivo	<i>Caparis odoratissima</i>	4	0,12	0,0113	0,0362
64	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	5	0,14	0,0154	0,0616
65	Totumo	<i>Crescentia cujete</i>	3	0,10	0,0079	0,0188
66	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	4	0,14	0,0154	0,0493
67	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	3	0,10	0,0079	0,0188
68	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,12	0,0113	0,0362
69	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
70	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
71	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
72	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	4	0,11	0,0095	0,0304
73	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
74	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	9	0,18	0,0254	0,1832
75	Niguito	<i>Miconia sp</i>	5	0,15	0,0177	0,0707
76	Niguito	<i>Miconia sp</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
77	Niguito	<i>Miconia sp</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
78	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	7	0,15	0,0177	0,0990
79	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,16	0,0201	0,0965
80	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
81	Olivo	<i>Caparis odoratissima</i>	5	0,16	0,0201	0,0804
82	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
83	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	3	0,10	0,0079	0,0188
PROMEDIOS			5,74698795	0,14		
TOTALES					1,3849	7,4705

Fuente: Araujo Ibarra & Asociados S.A.

**PARCELA DE MUESTREO No 5.**

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
2	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	5	0,11	0,0095	0,0380
3	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
4	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	7	0,20	0,0314	0,1759
5	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
6	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	5	0,15	0,0177	0,0707
7	Santa Cruz	<i>Astronium graveolens</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
8	Ceiba bonga	<i>Ceiba pentandra</i>	7	0,30	0,0707	0,3958
9	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	7	0,17	0,0227	0,1271
10	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	8	0,22	0,0380	0,2433

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
11	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
12	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	7	0,25	0,0491	0,2749
13	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	9	0,18	0,0254	0,1832
14	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	6	0,18	0,0254	0,1221
15	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	6	0,16	0,0201	0,0965
16	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	6	0,19	0,0284	0,1361
17	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	5	0,15	0,0177	0,0707
18	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	3	0,10	0,0079	0,0188
19	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	6	0,25	0,0491	0,2356
20	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	8	0,18	0,0254	0,1629
21	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	7	0,12	0,0113	0,0633
22	Aromo	<i>Acacia farnesiana</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
23	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	7	0,14	0,0154	0,0862
24	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	6	0,10	0,0079	0,0377
25	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
26	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,12	0,0113	0,0362
27	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	7	0,13	0,0133	0,0743
28	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	7	0,14	0,0154	0,0862
29	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	6	0,11	0,0095	0,0456
30	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
31	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
32	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,18	0,0254	0,1425
33	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	10	0,30	0,0707	0,5655
34	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	18	0,06	0,0028	0,0407
35	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	8	0,20	0,0314	0,2011
36	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
37	Mamón	<i>Melicocca bijuga</i>	7	0,20	0,0314	0,1759
38	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,20	0,0314	0,1759
39	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	8	0,20	0,0314	0,2011
40	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
41	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
42	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
43	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	7	0,15	0,0177	0,0990
44	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
45	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	5	0,11	0,0095	0,0380
46	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
47	Almendro	<i>Terminalia cattapa</i>	7	0,14	0,0154	0,0862
48	Almendro	<i>Terminalia cattapa</i>	8	0,18	0,0254	0,1629
49	Almendro	<i>Terminalia cattapa</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
50	Almendro	<i>Terminalia cattapa</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
51	Almendro	<i>Terminalia cattapa</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
52	Almendro	<i>Terminalia cattapa</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
53	Almendro	<i>Terminalia cattapa</i>	7	0,17	0,0227	0,1271

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
54	Almendro	<i>Terminalia cattapa</i>	8	0,18	0,0254	0,1629
55	Almendro	<i>Terminalia cattapa</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
56	Almendro	<i>Terminalia cattapa</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
57	Almendro	<i>Terminalia cattapa</i>	9	0,22	0,0380	0,2737
58	Almendro	<i>Terminalia cattapa</i>	7	0,14	0,0154	0,0862
59	Almendro	<i>Terminalia cattapa</i>	8	0,18	0,0254	0,1629
60	Olivo	<i>Capparis odoratissima</i>	3	0,10	0,0079	0,0188
61	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	8	0,20	0,0314	0,2011
62	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	8	0,18	0,0254	0,1629
63	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
64	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
65	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
66	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	6	0,13	0,0133	0,0637
67	Uvita mocosá	<i>Cordia dentata</i>	3	0,12	0,0113	0,0271
68	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
69	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
70	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
71	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	6	0,10	0,0079	0,0377
72	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
73	Totumo	<i>Crecentia cujete</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
74	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,15	0,0177	0,0990
75	Almendro	<i>Terminalia cattapa</i>	6	0,16	0,0201	0,0965
76	Almendro	<i>Terminalia cattapa</i>	7	0,17	0,0227	0,1271
77	Olivo	<i>Capparis odoratissima</i>	3	0,10	0,0079	0,0188
78	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
79	Uvita mocosá	<i>Cordia dentata</i>	3	0,10	0,0079	0,0188
80	Guacamayo	<i>Albizia caribaea</i>	7	0,18	0,0254	0,1425
81	Mamon	<i>Melicocca bijuga</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
82	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,15	0,0177	0,0707
83	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,15	0,0177	0,0707
84	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
85	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
86	Santa Cruz	<i>Astronium graveolens</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
87	Santa Cruz	<i>Astronium graveolens</i>	6	0,16	0,0201	0,0965
88	Santa Cruz	<i>Astronium graveolens</i>	5	0,14	0,0154	0,0616
89	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	7	0,15	0,0177	0,0990
90	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	7	0,14	0,0154	0,0862
91	Uvita mocosá	<i>Cordia dentata</i>	4	0,12	0,0113	0,0362
92	Uvita mocosá	<i>Cordia dentata</i>	3	0,10	0,0079	0,0188
93	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
94	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
95	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
96	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	5	0,15	0,0177	0,0707

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
97	Santa Cruz	<i>Astronium graveolens</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
98	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
99	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	4	0,12	0,0113	0,0362
100	Olivo	<i>Capparis odoratissima</i>	3	0,10	0,0079	0,0188
101	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
102	Aromo	<i>Acacia farnesiana</i>	5	0,12	0,0113	0,0452
103	Aromo	<i>Acacia farnesiana</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
104	Aromo	<i>Acacia farnesiana</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
105	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	0,15	0,0177	0,0990
106	Uvita mocosa	<i>Cordia dentata</i>	3	0,10	0,0079	0,0188
107	Acacia roja	<i>Delonix regia</i>	5	0,18	0,0254	0,1018
108	Acacia roja	<i>Delonix regia</i>	6	0,18	0,0254	0,1221
109	Almendro	<i>Terminalia cattapa</i>	7	0,17	0,0227	0,1271
110	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	8	0,20	0,0314	0,2011
111	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
112	Mora	<i>Chlorophora tintorea</i>	7	0,18	0,0254	0,1425
113	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	5	0,15	0,0177	0,0707
114	Guácimo	<i>Albizzia caribaea</i>	6	0,17	0,0227	0,1090
115	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
PROMEDIOS			6,06086957	0,15		
<b>TOTALES</b>					2,1096	10,9722

Fuente: Araujo Ibarra & Asociados S.A.

### PARCELA DE MUESTREO No 6.

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	7	0,12	0,0113	0,0633
2	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	7	0,14	0,0154	0,0862
3	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	7	0,14	0,0154	0,0862
4	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
5	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
6	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
7	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	6	0,17	0,0227	0,1090
8	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
9	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
10	Buche sapo	<i>Pithecelobium sp</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
11	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	4	0,14	0,0154	0,0493
12	Jagua	<i>Genipa sp</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
13	Guácimo	<i>Guázuma ulmifolia</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
14	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	5	0,15	0,0177	0,0707
15	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	4	0,12	0,0113	0,0362

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
16	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	4	0,13	0,0133	0,0425
17	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	7	0,20	0,0314	0,1759
18	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	6	0,14	0,0154	0,0739
19	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
20	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	7	0,17	0,0227	0,1271
21	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	5	0,14	0,0154	0,0616
22	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	8	0,20	0,0314	0,2011
23	Guácimo	<i>Guázuma ulmifolia</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
24	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
25	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
26	Aromo	<i>Acacia farnesiana</i>	4	0,14	0,0154	0,0493
27	Aromo	<i>Acacia farnesiana</i>	5	0,16	0,0201	0,0804
28	Guácimo	<i>Guázuma ulmifolia</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
29			6	0,14	0,0154	0,0739
30			4	0,12	0,0113	0,0362
31			3	0,10	0,0079	0,0188
PROMEDIOS			5,58064516	0,14		
TOTALES					0,5012	2,3607

Fuente: Araujo Ibarra & Asociados S.A.

### PARCELA DE MUESTREO No 7

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	Guacimo	<i>Guázuma ulmifolia</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
2	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
3	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	7	0,14	0,0154	0,0862
4	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	7	0,16	0,0201	0,1126
5	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
6	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	6	0,15	0,0177	0,0848
7	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	6	0,17	0,0227	0,1090
8	Guácimo	<i>Guázuma ulmifolia</i>	5	0,13	0,0133	0,0531
9	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	6	0,12	0,0113	0,0543
10	Buche sapo	<i>Pithecelobium sp</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
11	Guacamayo	<i>Albizzia caribaea</i>	4	0,14	0,0154	0,0493
12	Aromo	<i>Acacia farnesiana</i>	4	0,10	0,0079	0,0251
13	Guácimo	<i>Guázuma ulmifolia</i>	5	0,10	0,0079	0,0314
14	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	5	0,15	0,0177	0,0707
15	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	4	0,12	0,0113	0,0362
16	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	4	0,13	0,0133	0,0425
17	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	7	0,20	0,0314	0,1759
18	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	6	0,14	0,0154	0,0739

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m2)	Volumen (m3)
19	Guacamayo	Albizzia caribaea	6	0,15	0,0177	0,0848
20	Buche sapo	Pithecelobium sp	7	0,17	0,0227	0,1271
21	Leucaena	Leucaena leucocephala	5	0,14	0,0154	0,0616
22	Hobo	Spondias mombin	8	0,20	0,0314	0,2011
23	Guácimo	Guázuma ulmifolia	7	0,16	0,0201	0,1126
24	Guacamayo	Albizzia caribaea	6	0,15	0,0177	0,0848
25	Guacamayo	Albizzia caribaea	6	0,15	0,0177	0,0848
26	Aromo	Acacia farnesiana	4	0,14	0,0154	0,0493
<b>PROMEDIOS</b>			5,5	0,14		
<b>TOTALES</b>					0,4155	1,9458

### PARCELA DE MUESTREO No 8

Ítem	Nombre Común Especie	Nombre Científico	Altura (m) Total	DAP (m)	Área basal (m2)	Volumen (m3)
1	Aromo	Acacia farnesiana	5	0,16	0,0201	0,0804
2	Guácimo	Guázuma ulmifolia	7	0,16	0,0201	0,1126
3	Buche sapo	Pithecelobium sp	6	0,14	0,0154	0,0739
4	Niguito	Miconia sp	4	0,12	0,0113	0,0362
5	Niguito	Miconia sp	3	0,10	0,0079	0,0188
6	Santa cruz	Astronium groveolens	4	0,12	0,0113	0,0362
7	Santa cruz	Astronium groveolens	5	0,13	0,0133	0,0531
8	Guacamayo	Albizzia caribaea	6	0,14	0,0154	0,0739
9	Leucaena	Leucaena leucocephala	4	0,10	0,0079	0,0251
10	Uvita mocososa	Cordia dentata	3	0,10	0,0079	0,0188
11	Niguito	Miconia sp	5	0,13	0,0133	0,0531
12	Guácimo	Guázuma ulmifolia	5	0,12	0,0113	0,0452
13	Guácimo	Guázuma ulmifolia	6	0,14	0,0154	0,0739
14	Guacamayo	Albizzia caribaea	7	0,15	0,0177	0,0990
15	Leucaena	Leucaena leucocephala	4	0,11	0,0095	0,0304
16	Leucaena	Leucaena leucocephala	5	0,12	0,0113	0,0452
17	Leucaena	Leucaena leucocephala	5	0,11	0,0095	0,0380
18	Leucaena	Leucaena leucocephala	4	0,10	0,0079	0,0251
19	Santa cruz	Astronium groveolens	6	0,15	0,0177	0,0848
20	Buche sapo	Pithecelobium sp	5	0,13	0,0133	0,0531
21	Guacamayo	Albizzia caribaea	6	0,13	0,0133	0,0637
22	Hobo	Spondias Bombin	7	0,15	0,0177	0,0990
23	Hobo	Spondias Bombin	6	0,15	0,0177	0,0848
24	Majagua	Pseudobombax septenatum	8	0,20	0,0314	0,2011
25	Majagua	Pseudobombax septenatum	9	0,22	0,0380	0,2737

Ítem	Nombre Común	Nombre	Altura (m)	DAP	Área basal	Volumen
	Especie	Científico	Total	(m)	(m2)	(m3)
26	Hobo	Spondias Bombin	7	0,15	0,0177	0,0990
27	Leucaena	Leucaena leucocephala	4	0,11	0,0095	0,0304
28	Guácimo	Guázuma ulmifolia	6	0,13	0,0133	0,0637
29	Santa cruz	Astronium groveolens	5	0,14	0,0154	0,0616
30	Niguito	Miconia sp	6	0,15	0,0177	0,0848
31	Niguito	Miconia sp	5	0,12	0,0113	0,0452
32	Uvita mocosa	Cordia dentata	3	0,10	0,0079	0,0188
33	Santa cruz	Astronium groveolens	5	0,15	0,0177	0,0707
34	Leucaena	Leucaena leucocephala	3	0,10	0,0079	0,0188
35	Leucaena	Leucaena leucocephala	5	0,13	0,0133	0,0531
<b>PROMEDIO</b>			5,25714286	0,13		
<b>TOTALES</b>					0,5067	2,3455

**ANEXO 4-3 Apéndices del resultado de la simulación del modelo matemático de dispersión de contaminantes. (En formato Digital).**

**PLANO 4-1 Simulación de NO<sub>2</sub>, 1 hora – Mamonal condiciones actuales.**

**PLANO 4-2 Simulación de NO<sub>2</sub>, 24 horas – Mamonal condiciones actuales.**

**PLANO 4-3 Simulación de NO<sub>2</sub>, anual – Mamonal condiciones actuales.**

**PLANO 4-4 Simulación de NO<sub>2</sub>, anual – Mamonal condiciones actuales.**

**PLANO 4-5 Simulación de NO<sub>2</sub>, 24 horas – Mamonal condiciones futuras.**

**PLANO 4-6 Simulación de NO<sub>2</sub>, anual – Mamonal condiciones futuras.**

**PLANO 4-7 Simulación de NO<sub>2</sub>, 1 hora – REFICAR condiciones futuras.**

**PLANO 4-8 Simulación de NO<sub>2</sub>, 24 horas – REFICAR condiciones futuras.**

**PLANO 4-9 Simulación de NO<sub>2</sub>, anual – REFICAR condiciones futuras.**

**PLANO 4-10 Simulación de PM10, 24 horas – Mamonal condiciones actuales.**

**PLANO 4-11 Simulación de PM10, anual – Mamonal condiciones actuales.**

**PLANO 4-12 Simulación de PM10, 24 horas – Mamonal condiciones futuras.**

**PLANO 4-13 Simulación de PM10, anual – Mamonal condiciones futuras.**

**PLANO 4-14 Simulación de PM10, 24 horas – REFICAR condiciones futuras.**

**PLANO 4-15 Simulación de PM10, anual – REFICAR condiciones futuras.**

**PLANO 4-16 Simulación de SO<sub>2</sub>, 3 horas – Mamonal condiciones actuales.**

**PLANO 4-17 Simulación de SO<sub>2</sub>, 24 horas – Mamonal condiciones actuales.**

**PLANO 4-18 Simulación de SO<sub>2</sub>, anual – Mamonal condiciones actuales.**

**PLANO 4-19 Simulación de SO<sub>2</sub>, 3 horas – Mamonal condiciones futuras.**

**PLANO 4-20 Simulación de SO<sub>2</sub>, 24 horas – Mamonal condiciones futuras.**

**PLANO 4-21 Simulación de SO<sub>2</sub>, anual – Mamonal condiciones futuras.**

**PLANO 4-22 Simulación de SO<sub>2</sub>, 3 horas – REFICAR condiciones futuras.**

**PLANO 4-23 Simulación de SO<sub>2</sub>, 24 horas – REFICAR condiciones futuras.**

**PLANO 4-24 Simulación de SO<sub>2</sub>, anual – REFICAR condiciones futuras.**