

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 1 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	B

OBJETIVOS Y GENERALIDADES

B	16/10/2015	Generalidades	Viviana Pérez, Juliana Jaramillo, Diana Guzman, July Bibiana Salazar, Luisa Alzate, Carlos Rey, Julio Mesa, Marlon Agamez, Isabel Panesso, Dinorat Murillo Andrea Fontecha	Sebastian Piedrahita, Esteban Rendon	Maria Andrea Patiño
			[firma]	[firma]	[firma]
REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORO	REVISO	APROBO

Revisión A: Emitido para Comentarios del Cliente

Revisión B: Emitido para Aprobación del Cliente

Revisión 0: Aprobado para Ingeniería Básica

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 2 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1 OBJETIVOS	13
1.1 Generales.....	13
1.2 Específicos.....	13
2 GENERALIDADES	14
2.1 Antecedentes	14
2.2 Alcances.....	18
2.3 Metodología	20
2.3.1 Medio abiótico.....	20
2.3.2 Medio biótico.....	113
2.3.3 Medio socioeconómico	154
2.3.4 Zonificación ambiental	171
2.3.5 Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales	179
2.3.6 Identificación y Evaluación de impactos ambientales	187
2.3.7 Zonificación de manejo ambiental	193
2.3.8 Evaluación económica ambiental	196
2.3.9 Planes y Programas	198
2.3.10 Componente SIG	201
2.3.11 Profesionales involucrados en la elaboración del estudio	205

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 3 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura No. 2.1 Modelo Unidades del Paisaje	25
Figura No. 2.2 Diagrama de flujo del modelo desarrollado	26
Figura No. 2.3 Modelo de Calidad Visual del Paisaje	28
Figura No. 2.4 Localización de las estaciones de muestreo para la calidad del agua y sedimentos continentales	39
Figura No. 2.5 Localización de las estaciones de muestreo para la calidad del agua y sedimentos marinos.....	40
Figura No. 2.6 Factores de escala Q para los parámetros involucrados en el WQI-NSF	47
Figura No. 2.7 Nomograma para determinar el porcentaje de saturación de oxígeno	48
Figura No. 2.8 Ubicación de las perforaciones	61
Figura No. 2.9 Localización de las estaciones de la REDCAM- calidad del agua continental y marina	66
Figura No. 2.10 Carta náutica 625	70
Figura No. 2.11 Batimetría Inicial General interpolada.....	71
Figura No. 2.12 Batimetría Detalle del diseño del dragado de la dársena y de la zona de Botadero.....	72
Figura No. 2.13 Ubicación de la Boya de Barranquilla.....	73
Figura No. 2.14 Ubicación de las boyas de la NOAA, con cuyos datos fue calibrado el modelo	75
Figura No. 2.15 Sitios con información de oleaje del proyecto WaveWatchIIITM. El punto WW_Barranquilla corresponden a la serie de WaveWatchIIITM que se utilizó para calibrar los datos del modelo con los datos de la boya de Barranquilla y el punto WW_GOLFO es la serie utilizada para obtener el régimen medio en profundidades indefinidas.	76

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 4 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

Figura No. 2.16	Zona de estudio (tomada de la unión de las cartas náuticas).	78
Figura No. 2.17	Mallas para la propagación de corrientes. F1, malla sobre batimetría con la condición actual para oleaje extremal.....	80
Figura No. 2.18	Localización del punto donde se obtuvieron las componentes armónicas del TPXO.	83
Figura No. 2.19	Localización de los puntos de exploración geotécnica	84
Figura No. 2.20	Ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de aire	91
Figura No. 2.21	Localización de las estaciones de muestreo ruido ambiental.....	99
Figura No. 2.22	Sonómetro Utilizado y Pistófono de Verificación Marca CASELLA	103
Figura No. 2.23	Escenarios.....	108
Figura No. 2.24	Periodos de referencia CadnaA	110
Figura No. 2.25	Ventana “Route”, ejemplo de configuración para un tramo en el escenario I.	111
Figura No. 2.26	Ubicación de las parcelas de muestreo en las coberturas boscosas	115
Figura No. 2.27	Localización de polígonos para el muestreo de la herpetofauna en el área de influencia	127
Figura No. 2.28	Localización de transectos para el muestreo de aves y mamíferos en el área de influencia	130
Figura No. 2.29	Localización de los puntos fijos para la detección de aves en el área de influencia	131
Figura No. 2.30	Localización de las cámaras trampa instaladas para la detección de mamíferos en el área de influencia	134
Figura No. 2.31	Puntos de muestreo hidrobiológicos fluviales y marinos	138
Figura No. 2.32	inventario forestal en la zona de manglar, área de afectación directa del proyecto	145

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 5 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

Figura No. 2.33	Ubicación de las parcelas de muestreo en la cobertura de manglar	146
Figura No. 2.34	Recomendaciones para la medición de la circunferencia a la Altura del Pecho (CAP), según particularidades del terreno y de cada árbol.....	147
Figura No. 2.35	Técnica de buceo circular.....	168
Figura No. 2.36	Servicios ecosistémicos	169
Figura No. 2.37	Rangos de sensibilidad ambiental.....	178
Figura No. 2.38	Puntos inventario forestal en el área de afectación directa del proyecto	180
Figura No. 2.39	Impacto acumulativo.....	192
Figura No. 2.40	Impacto sinérgico	192
Figura No. 2.41	Rango de valoración de zonificación de manejo ambiental.....	196
Figura No. 2.42.	Metodología para la implementación del SIG.....	205

LISTA DE TABLAS

	Pág.	
Tabla No. 2.1	Recurso fotográfico para el área de estudio.....	23
Tabla No. 2.2	Escala análisis de visibilidad paisajística.....	27
Tabla No. 2.3	Valoración por altitud.....	29
Tabla No. 2.4	Valoración para la diversidad de formaciones de la cobertura vegetal	29
Tabla No. 2.5	Valoración para la diversidad de formaciones del uso actual del suelo	29
Tabla No. 2.6	Valoración para la presencia de agua	30
Tabla No. 2.7	Valoración para la presencia de carreteras.....	30

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 6 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

Tabla No. 2.8	Valoración para la presencia de núcleos urbanos o poblaciones.....	30
Tabla No. 2.9	Escala de valoración de criterios ambientales para la calidad visual o integridad escénica del paisaje	31
Tabla No. 2.10	Clases de los atractivos escénicos	32
Tabla No. 2.11	Recurso fotográfico para el área de estudio	34
Tabla No. 2.12	Rangos y clases de pendientes	34
Tabla No. 2.13	Matriz de decisión empleada para la clasificación de los conflictos por uso del suelo	35
Tabla No. 2.14	Relación parámetro laboratorio subcontratado.....	38
Tabla No. 2.15	Ubicación de las estaciones de muestreo calidad del agua y sedimentos continentales y marinos	39
Tabla No. 2.16	Relación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua continental	41
Tabla No. 2.17	Relación de los parámetros químicos analizar de los sedimentos continentales	42
Tabla No. 2.18	Factores de ponderación NSF.....	45
Tabla No. 2.19	Clasificación de calidad del agua en función del índice NSF.....	47
Tabla No. 2.20	Índice de Saturación o Langelier	50
Tabla No. 2.21	Variables fisicoquímicas y bacteriológicas tenidas en cuenta para la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO).....	52
Tabla No. 2.22	Variable fisicoquímica para la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO).....	53
Tabla No. 2.23	Rangos y características de los ICOS	53
Tabla No. 2.24	Normativa canadiense para sedimentos continentales.....	54
Tabla No. 2.25	Relación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos a analizar	56

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 7 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

Tabla No. 2.26	Relación de los parámetros fisicoquímicos a analizar	57
Tabla No. 2.27	Escala de valoración del índice de calidad de aguas marinas – ICAM	59
Tabla No. 2.28	Coordenadas planas de las perforaciones	60
Tabla No. 2.29	Profundidad de toma de muestras.....	62
Tabla No. 2.30	Parámetros evaluados y métodos de referencia y técnicas analíticas empleados para la determinación	62
Tabla No. 2.31	Referentes internacionales en calidad de sedimentos marinos.....	64
Tabla No. 2.32	Ubicación estaciones de la REDCAM en el área de estudio	66
Tabla No. 2.33	Datos de mallas utilizadas en el módulo de flujo del modelo DELFT 3D.	79
Tabla No. 2.34	Componentes armónicos de marea, obtenidos del TPXO.....	82
Tabla No. 2.35	Ubicación de las perforaciones y ensayos de piezocono	84
Tabla No. 2.36	Clasificación Geotécnica del material del subsuelo acorde a resistencia a la penetración (Suelos principalmente Granulares) y Resistencia al Corte no drenado (Suelos Principalmente cohesivos).....	89
Tabla No. 2.37	Ubicación de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire... ..	91
Tabla No. 2.38	Resumen de los métodos de muestreo y análisis utilizados para el monitoreo de la calidad del aire.....	94
Tabla No. 2.39	Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio en aire de inmisión	96
Tabla No. 2.40	Ubicación de las estaciones de muestreo ruido ambiental.....	98
Tabla No. 2.41	Referencia Sonómetro.....	103
Tabla No. 2.42	Comparación de nivel sonora en horario diurno y nocturno	112
Tabla No. 2.43	Clasificación por colores de los niveles de exceso de presión sonora	112

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 8 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Tabla No. 2.44	Recurso fotográfico para el área de estudio	122
Tabla No. 2.45	Métricas utilizadas en el análisis de fragmentación de coberturas boscosas para el área de influencia del proyecto.....	122
Tabla No. 2.46	Ubicación geográfica de los polígonos para el muestreo de la herpetofauna en el área de influencia	127
Tabla No. 2.47	Ubicación geográfica de los transectos para el muestreo de aves y mamíferos en el área de influencia.....	130
Tabla No. 2.48	Ubicación geográfica de los puntos fijos para la detección de aves en el área de influencia.....	131
Tabla No. 2.49	Ubicación geográfica de las cámaras trampa instaladas para la detección de mamíferos en el área de influencia	135
Tabla No. 2.50	Ubicación geográfica de los puntos de muestreo donde se instalaron las trampas Sherman.....	136
Tabla No. 2.51	Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo de flora y fauna en el ecosistema acuático continental.....	139
Tabla No. 2.52	Atributos de evaluación en la definición de los criterios para la zonificación ambiental del área de influencia de la terminal portuaria.....	175
Tabla No. 2.53	Clases diamétricas por intervalo de clase para la variable diámetro normal, para los arboles del área de afectación directa del proyecto.....	185
Tabla No. 2.54	Valores típicos de la Estimación de Producción Percapita - PPC para municipios colombianos de acuerdo al NCS	186
Tabla No. 2.55	Proporción de residuos no peligrosos	186
Tabla No. 2.56	Criterios de evaluación	188
Tabla No. 2.57	Rangos de calificación y valoración de la importancia ambiental	191
Tabla No. 2.58	Aerofotografías años 1983 y 1989.....	202
Tabla No. 2.59	Profesionales involucrados en la elaboración del presente estudio de impacto ambiental.....	205

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 9 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía No. 2.1 Equipos para la exploración del subsuelo en agua	86
Fotografía No. 2.2 Equipos para la exploración del subsuelo en tierra	87
Fotografía No. 2.3 Equipos utilizados en el muestreo de calidad del aire	93
Fotografía No. 2.4 Equipos utilizados para el análisis de calidad del aire.....	95
Fotografía No. 2.5 Trampas de huella (izquierda) y cámaras trampa (derecha) instaladas para el muestreo indirecto de mamíferos	134
Fotografía No. 2.6 Procedimiento de muestreo de la comunidad planctónica	140
Fotografía No. 2.7 Procedimiento de muestreo de la comunidad perifítica.....	143
Fotografía No. 2.8 Marcación de los árboles inventariados en el área de manglar	148
Fotografía No. 2.9 Procedimiento de muestreo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos	151
Fotografía No. 2.10 Procedimiento de muestreo de la comunidad íctica	153
Fotografía No. 2.11 Equipos de teledetección que se usarán en la prospección arqueológica marina. A. Sonar de Barrido Lateral Imagenex, modelo SportScan (imagenex) B. Ecosonda con función Imagen de barrido lateral, modelo Lowrance HDS 7 Gen 3 Structure Scan (Lowrance) C. Detector de metales manual, modelo JW Fishers, Pulse 8x (JW Fishers), D. Software de navegación Hypack survey (Hypack) 167	
Fotografía No. 2.12 Marcación de los individuos inventariados en campo	181
Fotografía No. 2.13 Medición del CAP durante el inventario forestal.....	182
Fotografía No. 2.14 Medición de alturas durante la fase de campo	184

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 10 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación No. 2.1 Índice de calidad de agua	44
Ecuación No. 2.2 Índice de Saturación o de Langelier – ISL	49
Ecuación No. 2.3 Índice de contaminación por mineralización	51
Ecuación No. 2.4 Índice de contaminación por materia orgánica	52
Ecuación No. 2.5 Índice de contaminación por sólidos suspendidos.....	53
Ecuación No. 2.6 Índice de calidad del agua marina y costera (ICAM).....	58
Ecuación No. 2.7 Nivel equivalente resultante de la medición.....	100
Ecuación No. 2.8 Correcciones del nivel equivalente resultante de la medición..	101
Ecuación No. 2.9 Nivel de potencia sonora según NMPB-Router 96.....	109
Ecuación No. 2.10 Ecuación para hallar el índice de valor de importancia (IVI)	116
Ecuación No. 2.11 Ecuación para hallar la abundancia relativa (Ar).....	116
Ecuación No. 2.12 Ecuación para hallar la frecuencia relativa (Fr).....	117
Ecuación No. 2.13 Ecuación para halla la dominancia relativa (Dr)	117
Ecuación No. 2.14 Ecuación para halla el cociente de mezcla (CM)	117
Ecuación No. 2.15 Ecuación para hallar el índice de Margalef	118
Ecuación No. 2.16 Ecuación para calcular el índice de Menhinick	119
Ecuación No. 2.17 Ecuación para calcular el índice de Shannon-Weiner	119
Ecuación No. 2.18 Ecuación para hallar la proporción de individuos	119
Ecuación No. 2.19 Ecuación calcular el índice de dominancia de Simpson.....	120
Ecuación No. 2.20 Ecuación para calcular el índice de Berger Parker	120

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 11 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Ecuación No. 2.21	Ecuación para calcular el índice de Diversidad de Patton	123
Ecuación No. 2.22	Ecuación para calcular la Dimensión Fractal	124
Ecuación No. 2.23	Ecuación para calcular el factor de forma	125
Ecuación No. 2.24	Ecuación para calcular el índice de equitabilidad de Pielou	128
Ecuación No. 2.25	Ecuación para determina el volumen filtrado	141
Ecuación No. 2.26	Calculo de la densidad para los diferentes organismos para la comunidad planctónica	141
Ecuación No. 2.27	Expresión matemática para la definición de la sensibilidad ambiental	176
Ecuación No. 2.28	Expresión matemática para la valoración de sensibilidad del medio abiótico	176
Ecuación No. 2.29	Expresión matemática para la valoración de sensibilidad del medio biótico	177
Ecuación No. 2.30	Expresión matemática para la valoración de sensibilidad del medio socioeconómico	177
Ecuación No. 2.31	Cálculo para encontrar el diámetro a la altura del pecho (DAP)	182
Ecuación No. 2.32	Ecuación para encontrar la altura total de los árboles	183
Ecuación No. 2.33	Ecuación para encontrar la altura comercial de los árboles...	183
Ecuación No. 2.34	Ecuación para calcular el área basal	184
Ecuación No. 2.35	Ecuación para calcular el volumen comercial	185
Ecuación No. 2.36	Producción de residuos sólidos	186
Ecuación No. 2.37	Ecuación para calcular la importancia	190

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 12 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

LISTA DE MAPAS

Nombre del mapa	Temática
MOD_LA_PTO_ANT_38_Flora	Muestreos de flora
MOD_LA_PTO_ANT_35_Fauna	Muestreos de fauna

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 13 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

1 OBJETIVOS

1.1 Generales

Presentar la información que permita evaluar y dar viabilidad a la solicitud de modificación de la licencia ambiental para la “*Construcción y Operación de una Terminal Portuaria de Graneles Sólidos de Gran Calado en Bahía Colombia*” para que la misma sea una Terminal Portuaria Multipropósito, con base en los Términos de Referencia (M-M-INA-05), teniendo en cuenta los requerimientos de información establecidos en la Resolución 0032 de 2012 y en la solicitud de modificaciones menores dentro de giro ordinario de la actividad y siguiendo los lineamientos establecidos en la metodología general para la presentación de estudios ambientales, las guías ambientales, la normatividad vigente ambiental, y a los estudios previos existentes para el área.

1.2 Específicos

- Describir las nuevas actividades a desarrollar, sujetas a modificación de la licencia ambiental.
- Establecer el área de influencia del proyecto, con base en las condiciones del área, las nuevas características del proyecto y los impactos ambientales identificados.
- Actualizar la línea base ambiental abiótica, biótica y socioeconómica, en los casos que aplique, para las nuevas actividades de acuerdo a lo establecido en los Términos de Referencia
- Adicionar la demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales, necesaria para la construcción y operación del terminal portuario.
- Identificar los impactos potenciales, positivos y negativos, generados por las nuevas actividades del proyecto.
- Redefinir la zonificación ambiental y de manejo ambiental para el área de influencia definida.
- Complementar las diferentes medidas de manejo y monitoreo con el fin de prevenir, mitigar, controlar y compensar la afectación al medio ambiente que puedan generar las nuevas actividades.
- Actualizar el Plan de Contingencias con base en un análisis de riesgos para las nuevas actividades del proyecto.
- Establecer el plan de desmantelamiento y abandono en armonía con el medio circundante y el uso final del suelo.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 14 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

2 GENERALIDADES

2.1 Antecedentes

Concesión Portuaria

En enero de 2010 Puerto Bahía de Colombia de Urabá S.A. presentó la solicitud de concesión Portuaria ante el Instituto Nacional de Concesiones (INCO), para la ocupación y utilización temporal y exclusiva de una zona de uso público ubicada en bahía Colombia, Municipio de Turbo, para la construcción y operación de un terminal Portuario de Graneles Sólidos de Gran Calado.

Mediante Resolución 898 del 21 de diciembre de 2012 la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI, otorgó concesión portuaria a la sociedad PUERTO BAHÍA COLOMBIA DE URABÁ S.A., para la ocupación en forma temporal y exclusiva de la zona de uso público que incluye los sectores de playa, terrenos de bajamar y zonas marinas accesorias a aquellas que se encuentran en Bahía Colombia, Golfo de Urabá.

La ANI a través de la Resolución 939 del 26 de agosto de 2013, prorrogó en seis (6) meses el término señalado en el artículo vigésimo segundo de la Resolución 898 del 21 de diciembre de 2012.

Posteriormente, la Resolución 507 del 21 de marzo de 2014 emitida por la Vicepresidencia de Estructuración de la ANI, modificó el artículo décimo primero de la Resolución 898 del 21 de diciembre de 2012, referente al valor y forma de pago del contrato, y el artículo vigésimo segundo de la misma resolución, en el sentido de señalar que el contrato de concesión se suscribirá dentro de un plazo de seis (6) meses siguientes contados a partir de la ejecutoria de la presente resolución.

Finalmente, la ANI mediante Resolución 606 del 14 de abril de 2015 concedió viabilidad a la solicitud de modificación de las condiciones en las que se otorgó la concesión portuaria a la sociedad PUERTO BAHÍA COLOMBIA DE URABÁ S.A., mediante Resolución 898 del 21 de diciembre de 2012 y modificadas por las resoluciones 939 del 26 de agosto de 2013 y 507 del 21 de marzo de 2014.

Diagnóstico Ambiental de Alternativas

La Sociedad Puerto Bahía de Colombia de Urabá S.A mediante comunicación 4120-E1-50880 de abril de 2010, solicitó al entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT, pronunciamiento sobre la necesidad de Diagnóstico Ambiental de Alternativas para el Terminal Portuario. El MAVDT

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 15 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

mediante Auto 2417 del 28 de junio de 2010, declaró que el proyecto no requería la presentación de Diagnóstico ambiental de alternativas y fijó los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental y efectuó requerimientos puntuales.

Estudio de Impacto Ambiental

Mediante Radicado No. 4120-E1-89762 del 16 de julio de 2010 y complementado mediante los radicados No. 4120-E1-97290 del 5 de agosto de 2011, No.4120-E1-104997 del 19 de agosto y el No. 4120-E1-1074721 del 25 de agosto de 2011, la Sociedad Puerto Bahía de Colombia de Urabá S.A. presentó solicitud de licencia ambiental para el proyecto “Construcción y Operación de una Terminal Portuaria de Graneles Sólidos de Gran Calado en Bahía Colombia”

La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- otorgó mediante Resolución 0032 del 25 de enero de 2012 la licencia ambiental para el proyecto de Construcción y Operación de una Terminal Portuaria de Graneles Sólidos de Gran Calado en Bahía Colombia, en el Municipio de Turbo, departamento de Antioquia, con capacidad de 2,2 millones de toneladas/año, de granos importados.

La licencia ambiental autorizó las siguientes obras y/o actividades tanto en tierra como en mar:

a. Obras:

- Muelle abierto compuesto por una plataforma de 200m x 20m
- Pasarela de cargue y descargue de graneles sólidos la cual sostiene banda transportadora con longitud de 3,75 km.
- Puente de cables que soportará pasarela en el río León con una luz central de 100 m y gálibo de 15 m.
- Muelle marginal de servicios.
- Silos verticales de 40m de altura x 9 m de diámetro. Compuestos por tres baterías de 8x4 = 32 silos cada uno (total 96 silos), cada uno con capacidad para almacenar 1.500 toneladas de graneles.
- 21 entresilos con capacidad de 400 t cada uno.
- Planta física compuesta por:

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 16 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

- Edificio de administración, facturación, restaurante, cafetería y salas de reunión, sanitarios, *vestier* para operadores.
 - Taller de mantenimiento para el equipo portuario, taller de metalmecánica.
 - Bodega para almacenaje de insumos de seguridad, repuestos y lubricantes.
 - Caseta para resguardar los equipos de control de incendios, planta eléctrica de emergencia y subestación eléctrica en la zona de servicios.
 - Caseta para portería.
- Vías internas, zona de parqueo y patios.
 - Cerramiento de las áreas de operaciones y del resto del terreno del puerto
 - Sistema de drenaje, alcantarillado y tratamiento de efluentes, revegetalización y empradización de áreas, recolectores y canales de drenaje, desarenador, trampa de grasas.
 - Instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.
 - Bodega de almacenamiento existente, como centro de acopio durante la fase constructiva. Se deberá definir con seis meses de anterioridad antes de finalización de la etapa constructiva, si la bodega hará parte de la infraestructura portuaria.
 - Instalación de campamento para la etapa constructiva.
 - Mejoramiento de la vía de acceso terrestre a las instalaciones portuarias.
 - Tanque de almacenamiento para agua bombeada desde el río León con capacidad de 30 m³.
 - Tanque o piscina para el almacenamiento de aguas para el control de incendios.
- b. Actividades de construcción en tierra:**

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 17 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

- Desmante y limpieza de terreno (extensión de por lo menos el 70% del terreno)
- Adecuación y construcción de instalaciones locativas
- Descapote, excavaciones, rellenos y afirmado.
- Obras civiles en tierra y montaje de equipos.
- Demolición de modulo administrativo y embarcadero existente en la ribera del río León. Deberá realizarse antes del inicio de la operación.

c. Actividades de construcción en el mar:

- Fabricación e hincado de pilotes (ubicados cada 20 m)
- Armada y fundida de cabezales y vigas
- Empotramiento de los soportes de la banda transportadora, bitas y defensas.
- Armada y fundida de la placa de la pasarela y el muelle.
- Instalación de la banda transportadora, tolvas y descargador.
- Tendido acometidas servicios de muelle.
- Obras civiles en mar y montaje de equipos.

Finalmente, mediante radicado ANLA 2015008528-1-000 del 20 de febrero de 2015, la sociedad Puerto Bahía Colombia de Urabá S.A. solicitó pronunciamiento relacionado con modificaciones menores o de ajuste normal dentro del giro ordinario de la actividad licenciada en la Resolución 0032 del 25 de enero de 2012.

Al cual la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, a través del radicado 2015008528-2-001 del 13 de marzo de 2015, autorizó como giro ordinario de la actividad licencias la construcción de un viaducto como conexión entre el muelle y la terminal portuaria, dicha autorización no implica cambios en la estructura del puente colgante sobre el río León, aprobado en la licencia ambiental; ni la variación en las condiciones de uso, aprovechamiento, y afectación de los recursos naturales renovables.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 18 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

En referencia a la inclusión de cargas adicionales (contenedores, carga general y vehículos) y las obras al interior de la terminal portuaria, dicha autoridad determinó que Puerto Bahía Colombia de Urabá deberá presentar información adicional relacionada con las cargas para que dicha autoridad puede emitir un pronunciamiento al respecto.

La propuesta de construir y operar un nuevo muelle marítimo, no se autoriza dentro del trámite de giro ordinario de la actividad licenciada, y por lo tanto se deberá realizar el trámite de modificación de licencia ambiental de acuerdo con lo establecido en el Decreto Sectorial 1076 de 2015.

2.2 Alcances

El alcance del presente estudio es la modificación de la Licencia Ambiental otorgada mediante Resolución 0032 de enero 25 de 2012, atendiendo todas las exigencias legales de la normatividad ambiental vigente y los términos de referencia M-M-INA-05 emitidos por la ANLA; mediante la construcción de la línea base correspondiente a los medios abiótico, biótico y socioeconómico, definiendo las actividades de la ampliación de la plataforma en el área marina, el dragado de profundización del canal de acceso y área de maniobras, realineamiento de la vía de acceso, cambios en el tipo y capacidad de carga y de carga, y construcción del embarcadero para la terminal en tierra; donde se evalúan los nuevos impactos ambientales identificados y los ajustes a las medidas de manejo contempladas en el plan de manejo ambiental.

A continuación se presenta una relación de los capítulos que se incluyen en este documento:

Capítulo 1. Objetivos: Se definen los objetivos del proyecto considerando el alcance del estudio.

Capítulo 2. Generalidades: Este capítulo relaciona el contenido del documento, los objetivos, antecedentes, marco normativo y alcance; describe las metodologías empleadas para la construcción de la línea base, la evaluación de impactos ambientales, zonificación de manejo y demás ítems solicitados por los términos de referencia.

Capítulo 3. Descripción del proyecto: Describe de forma general el estado actual del proyecto y las actividades adicionales que hacen parte de la modificación de la Licencia Ambiental.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 19 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Capítulo 4. Definición Área de Influencia: Este capítulo se definen y delimitan las áreas influencia del proyecto para los diferentes componentes (abiótico, biótico y socioeconómico). Considerando los impactos potenciales del proyecto sobre los diferentes medios.

Capítulo 5. Caracterización del Área de Influencia: Se construye a partir de la definición de las áreas de influencia y se desarrolla siguiendo los requerimientos de los términos de referencia. Para la caracterización, se emplea información primaria y secundaria. A partir del análisis de la información, se describen los elementos de cada uno de los tres medios caracterizados (abiótico, biótico y socioeconómico), siguiendo las metodologías establecidas por la normatividad ambiental vigente y la metodología para presentación de estudios ambientales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Finalmente, se presenta un análisis de los servicios ecosistémicos.

Capítulo 6. Zonificación ambiental: Se realiza la zonificación ambiental, que determina la sensibilidad ambiental de los elementos más relevantes en cada medio caracterizado, ante las alteraciones de su condición actual por cualquier intervención antrópica.

Capítulo 7. Demanda, Uso, Aprovechamiento y/o Afectación de Recursos Naturales: Presenta el resumen del estado de los permisos y concesiones otorgadas vigentes o en trámite de actualización. Adicionalmente, se estima la necesidad de uso y/o aprovechamiento de recursos naturales adicionales por las actividades objeto de la modificación y el trámite de los permisos ambientales asociados.

Capítulo 8. Evaluación Ambiental: Identificación y valoración de los impactos ambientales que pueden generar afectación en el área de influencia, teniendo en cuenta las actividades objeto de la modificación de la Licencia Ambiental.

Capítulo 9. Zonificación de Manejo Ambiental: De acuerdo con los resultados de zonificación ambiental y evaluación de impactos, se identifica espacialmente la zonificación de manejo, en la cual se definen las áreas con restricción ambiental de exclusión, intervención con restricción o simplemente intervención.

Capítulo 10. Evaluación económica Ambiental: Se presenta un análisis de los costos y beneficios ambientales potenciales que genera el proyecto.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 20 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Capítulo 11. Planes y Programas: incluye el Plan de Manejo Ambiental y el Plan de Seguimiento y Monitoreo. En este capítulo se establecen los programas y medidas de prevención, mitigación, corrección y/o compensación a ejecutarse en los medios abiótico, biótico y socioeconómico, considerando la afectación que se pueda generar durante la ejecución de las actividades propias del Proyecto.

En este capítulo, además se formulan **medidas de seguimiento y monitoreo** que garanticen el cumplimiento de las medidas de manejo ambiental y programas de seguimiento al medio impactado.

Adicionalmente, se presenta el **plan de gestión del riesgo** ajustado a las nuevas características del proyecto, donde se estructura el plan para prevención, atención y evaluación de eventos inesperados; siguiendo el esquema de análisis de riesgos identificando amenazas y vulnerabilidades; para que posteriormente se diseñen los planes estratégicos del **plan de contingencia**.

Los planes de desmantelamiento y abandono se presentaran mediante el planteamiento las propuestas de uso final y las medidas de manejo y reconfiguración morfológica de las áreas de infraestructura intervenidas de manera directa por el proyecto que apliquen.

Y finalmente, se presenta una actualización al **plan de inversión del 1%** siguiendo los lineamientos del decreto 1900 de 2006 y el **plan de compensación por pérdida de la biodiversidad** de acuerdo al manual de asignación de compensaciones (Resolución 1517 de 2012)

2.3 Metodología

A continuación se presenta la metodología de cada uno de los medios, abiótico, biótico y socioeconómico para la realización de los estudios ambientales de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto “Construcción y Operación de una Terminal Portuaria de Graneles Sólidos de Gran Calado en Bahía Colombia”, para que la misma sea una Terminal Portuaria Multipropósito.

2.3.1 Medio abiótico

La metodología utilizada para la elaboración del medio abiótico, de forma general consistió en:

1) Recolección y revisión de la información secundaria de la zona donde se localizará el proyecto.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 21 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

2) Generación de nueva información y actualizar y complementar la información existente del Estudio de Impacto Ambiental que soporta la licencia ambiental otorgada mediante Resolución 0032 de 2012¹ por medio de las visitas de campo y muestreos correspondientes de agua marina y continental, sedimentos marinos y continentales y ruido ambiental, entre otros.

3) Procesamiento de la información.

A continuación se presenta la metodología por componente utilizada para la realización de la caracterización ambiental del medio abiótico:

2.3.1.1 Geología

La geología para el área de estudio del proyecto, se realizó teniendo en cuenta los siguientes ítems y se representó en mapas con escala de trabajo 1:10.000.

✓ *Litología.*

Se realizó un reconocimiento geológico al área del proyecto mediante recorridos de campo, y con la ayuda de fotografías aéreas, la geología regional fue tomada de estudios geológicos que se han realizado en la región² ³, mientras que la descripción de las unidades litológicas se tomó del POT del municipio de Turbo⁴, referenciando su edad, origen, espesor, distribución de las distintas unidades que afloran tanto en el área de influencia como en el ámbito regional. La distribución espacial de las unidades litológicas se presentó en un plano debidamente georreferenciado y en escala adecuada.

✓ *Estructural.*

La información sobre estructuras geológicas se obtuvo de estudios geológicos realizados en la región⁵ ⁶, complementado con modelos de elevación digital (MED). La información cartográfica obtenida del estudio estructural se presentó

¹ COLOMBIA. AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES – ANLA. Resolución 0032 (25, enero, 2012). Por medio de la cual se otorga una licencia ambiental. Bogotá, D.C. 135 p.

² AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS – ANH. Cartografía Geológica y Modelamiento Estructural De las Cuencas de Urabá y Sinú-San Jacinto a Partir de la Interpretación de Imágenes de Sensores Remotos y Monitoreo Sísmico. 2009.

³ GONZALEZ, H. Mapa Geológico del Departamento de Antioquia. Memoria Explicativa. INGEOMINAS, Mapa escala 1:400.000. 2001.

⁴ COLOMBIA. ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL DE TURBO. Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Turbo. Turbo, 2000.

⁵ AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS – ANH. 2009 Óp. Cit.

⁶ GONZÁLEZ H. 2001. Óp. Cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 22 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

junto con las unidades litológicas indicadas en el ítem anterior, para generar de esta forma un mapa geológico.

✓ *Geoamenazas*

Se realizó un análisis de las posibles amenazas que pueden afectar el área donde se propone implementar el proyecto. El análisis de amenazas abordó los procesos dinámicos que están presentes en las unidades geomorfológicas (que se mencionan más adelante), se logró establecer la intensidad con que éstos actúan en el medio natural y las posibles afectaciones que podrían llegar a ocasionar a la infraestructura dichos procesos. Se consultó el documento Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres – EIRD)⁷.

En cuanto a la amenaza sísmica presente en la región, se consultó la información sobre sismicidad⁸.

2.3.1.2 *Geomorfología*

El análisis geomorfológico se abordó principalmente a partir de la fotointerpretación, interpretación de sensores remotos, dicha interpretación se verificó con visitas de campo, el estudio geomorfológico incluyó una caracterización de las geoformas presentes en el área de estudio, su distribución espacial se representó en un mapa con escala de trabajo 1:10.000.

✓ *Dinámica de los procesos*

Para poder establecer la dinámica de los procesos morfosedimentarios (erosivos y sedimentarios) que actúan sobre las diferentes geoformas, se procedió a realizar un análisis multitemporal con la ayuda de fotografías aéreas (Tabla No. 2.1) obtenidas de diferentes fechas, desde una fotografía aérea del IGAC del año 1983, hasta la más reciente de 2014 adquirida por el proyecto, con el propósito de observar la evolución de las geoformas durante los últimos 30 años.

⁷ ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES LAS AMERICAS. [En línea] <<http://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>> [Consultado 19, julio, 2015].

⁸ TECTOCLUB2011. [En línea] <<https://tectoclub2011.wikispaces.com/Tectonica+de+Placas+Aplicada+a+Colombia>> [Consultado 18, julio, 2015].

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 23 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Tabla No. 2.1 Recurso fotográfico para el área de estudio

Vuelo	Foto	Fecha	Escala
R – 1148	308	22/03/1989	1:12.000
R – 1148	446	22/03/1989	1:12.000
R – 973	293	09/08/1983	1:30.000

Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015.

✓ *Procesos de erosión costera y fluvial*

Para conocer la intensidad con la que se presentan los procesos de erosión y/o sedimentación costera y fluvial, se procedió en primera instancia a definir las líneas de costa de diferentes fechas:

Para las líneas de costa y márgenes del río León de los años 1983 y 2014, se procedió a trazarlas digitalmente superpuestas sobre fotografías aéreas correspondientes debidamente georreferenciadas.

Para las líneas de costa correspondientes a los años 1994, 2004 y 2009, se acudió a la información en formato *Shape*⁹ que AUGURA (Asociación de Bananeros de Colombia) posee como producto de los múltiples estudios que ha realizado en la zona (Dicha información fue obtenida de levantamientos con GPS)

Una vez se adquirieron los trazados de las líneas de costa, se procedió a desplegarlas espacialmente empleando el software ArcMap con el fin de compararlas para conocer la evolución que han seguido.

✓ *Evolución del delta del río León*

La evolución de este cuerpo de sedimentos, fue posible llevarla a cabo mediante los análisis multitemporales realizados a los levantamientos batimétricos que AUGURA realizó en los años 2007 y 2013, esta información fue complementada con la interpretación de las fotografías aéreas ya mencionadas.

✓ *Morfología de fondos*

Con el fin de conocer la morfología del lecho marino en el área de influencia del proyecto, se procedió a realizar un análisis de las formas que presentan las isobatas obtenidas del levantamiento batimétrico realizado en mayo de 2014.

⁹ Es un formato de archivo informático propietario de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI, quien crea y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 24 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

2.3.1.3 Paisaje

Para determinar el paisaje del área de influencia del proyecto, se evaluó desde varios puntos de vista tanto ecológicos (abióticos y bióticos) como socioculturales. En primera instancia, se identificó la cartografía básica e información cartográfica de POT del municipio de Turbo 2000¹⁰ y 2012¹¹, Atlas del Golfo de Urabá¹² y el uso de los portales de información geográfica disponibles contenidos en el sitio web del IGAC¹³, SIG-OT¹⁴, e INVEMAR¹⁵.

Adicionalmente, para la valoración del análisis de la visibilidad y calidad paisajística, se realizó en la primera fase las unidades del paisaje con la metodología empleada por Peralta¹⁶ y en Landscape Aesthetics A Handbook for Scenery Management¹⁷, en la segunda fase se describen los criterios para valorar el paisaje en términos de modelos de calidad visual del paisaje en donde se emplearon varias metodologías dentro de las cuales se encuentran las definidas por Montoya et al¹⁸ basada en los modelos de los autores como Aguiló (1981) y Aramburo (1994) y por Cañas¹⁹ en la introducción: principales consideraciones a tener en cuenta en las construcciones- paisaje. Para el análisis de la información se empleó el Sistema de Información Geográfico – SIG con la superposición de capas.

A continuación se presentan los criterios definidos para la determinación de la unidad del paisaje, análisis de visibilidad del paisaje, calidad visual del paisaje y

¹⁰ COLOMBIA. MUNICIPIO DE TURBO. Plan de Ordenamiento Territorial: diagnóstico físico-ambiental. Turbo: 2000.

¹¹ ALCALDIA MUNICIPIO DE TURBO. Acuerdo 022 (2012) Plan de Ordenamiento Territorial – POT. Turbo, 2012.

¹² INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS JOSÉ BENITO DE ANDREÍ (INVEMAR) y GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA. Atlas del golfo de Urabá: una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó. Series de publicaciones especiales n° 12. Santa Marta: 2007. 180 páginas. ISBN 978-958-98104-3-9.

¹³ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI -IGAC. [En línea] < <http://www.igac.gov.co/igac/> [Consultado 28, julio, 2015]

¹⁴ SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA PLANEACIÓN Y EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL-SIG-OT. [En línea] <<http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/>> [Consultado 28, julio, 2015]

¹⁵ INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS JOSÉ BENITO DE ANDREÍ- INVEMAR; SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL MARINA Y COSTERA- SIAM. [En línea] < <http://siam.invemar.org.co/siam/index.jsp> [Consultado 28, julio, 2015]

¹⁶ PERALTA, Eduardo. Modelo para determinar unidades de paisaje para estudios de impacto ambiental de proyectos hidroeléctricos. El caso de la cuenca del río Savegre- Costa Rica. En: XII Encuentro de geógrafos de América Latina Montevideo – Uruguay [En línea]. <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Geomorfologia/34.pdf> [Citado 22,julio, 2015]

¹⁷ UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Landscape Aesthetics A Handbook for Scenery Management. Agriculture Handbook Number 701. 1995. 104 p.

¹⁸ MONTOYA, Raymundo., PADILLA, Jorge., STANFORD, Sergio. Valoración de la calidad y fragilidad visual del paisaje en el Valle de Zapotitlán de las salinas, Puebla (México), 2003. En: Boletín del A.G.E. N° 35, p. 123 – 136.

¹⁹ CAÑAS GUERRERO, Ignacio. Introducción: Principales consideraciones a tener en cuenta en las construcciones – Paisaje. [en línea] < http://www.grupoinvestigacionpadoc.com/upload/presenta%20impacto_paisajistico.pdf> [Consultado 23,julio,2015]

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 25 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

sitios de interés paisajístico, de acuerdo con las características del área de estudio y la información disponible.

- **Unidades del paisaje**

Para delimitar las unidades del paisaje, se empleó una metodología de Ian McHarg utilizada por Peralta²⁰, también conocida como superposición, la cual consiste en la elaboración de una serie de mapas temáticos, uno para cada variable ambiental, presentándose los datos organizados por categoría, se superponen y se genera un mapa síntesis de las unidades del paisaje en el área de estudio. Las variables utilizadas para la definición de las unidades del paisaje se basaron en la metodología mencionada anteriormente y la planteada en Landscape Aesthetics A Handbook for Scenery Management, y se realizó una distribución espacial de los factores ecológicos dominantes que afectan la estructura y atributos funcionales del ecosistema:

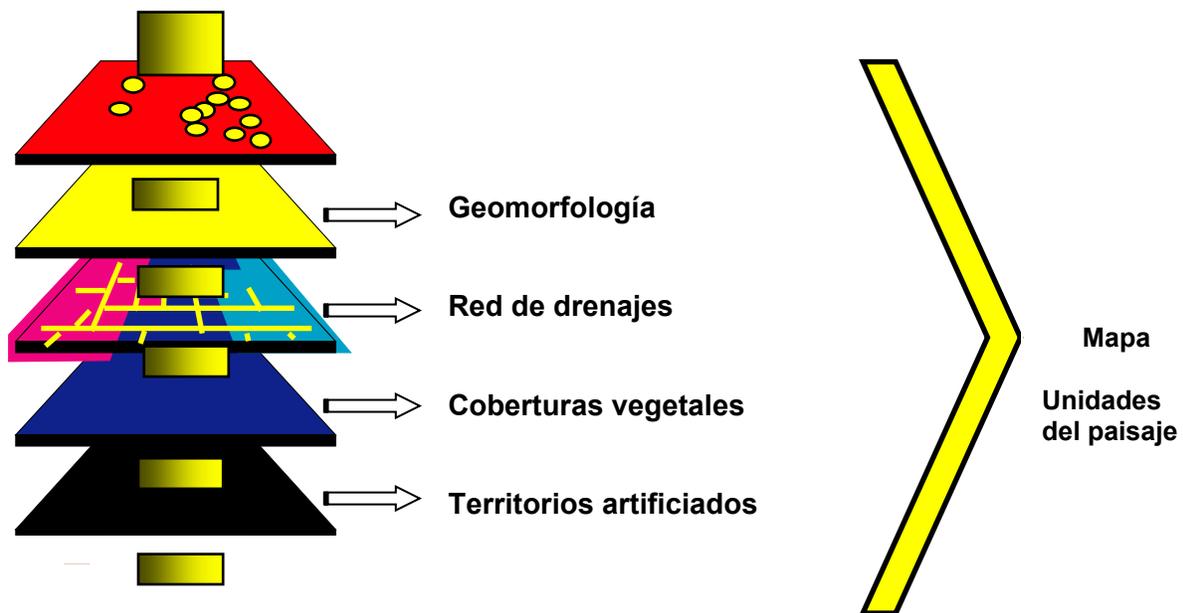


Figura No. 2.1 Modelo Unidades del Paisaje
Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015 Modificado de Peralta

Posteriormente con el fin de obtener los límites de las unidades del paisaje se cruzaron las diferentes capas con ayuda de la herramienta del Sistema de

²⁰ PERALTA. Op cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 26 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Información Geográfico - SIG, el cual se presenta en mapa a escala 1:10.000 o más detallada. En la Figura No. 2.1 se presenta de forma gráfica el proceso de la obtención de las unidades del paisaje en el área de estudio del proyecto a partir de los factores abióticos, bióticos y socioculturales.

Para la obtención del mapa de unidades de paisaje, se cruzaron las capas de los componentes definidos, ver Figura No. 2.2.

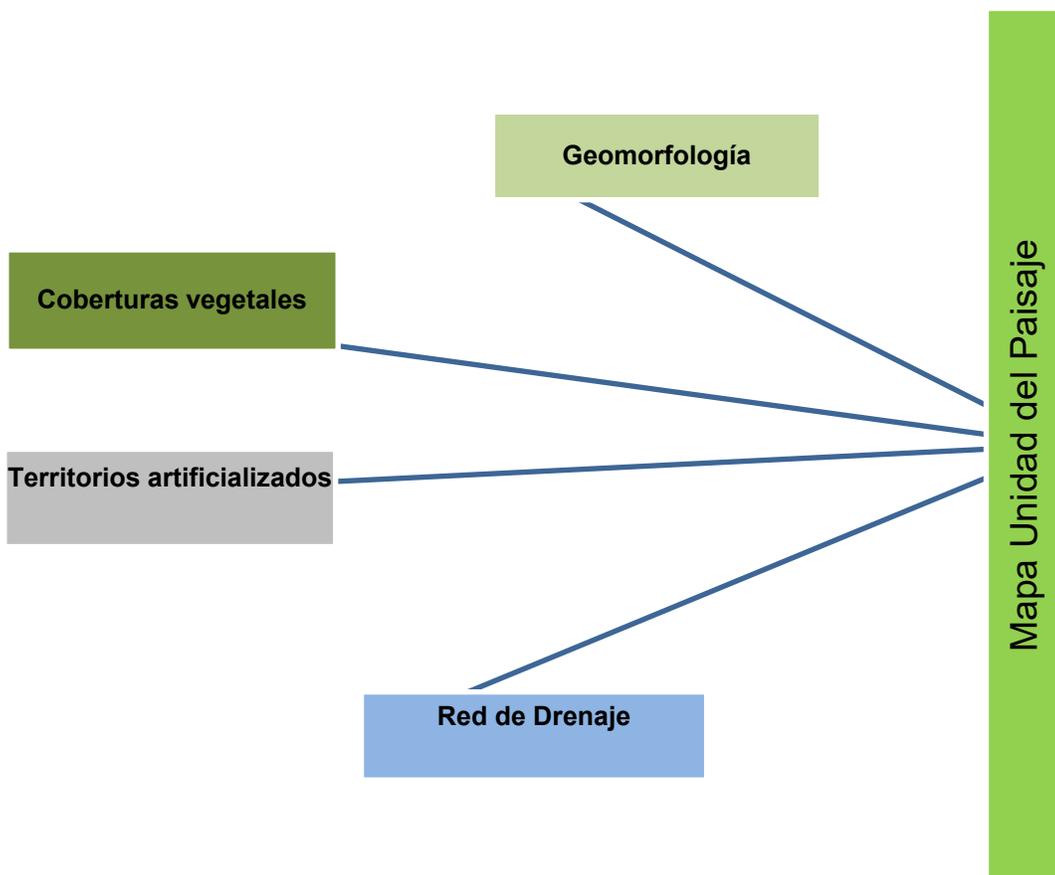


Figura No. 2.2 Diagrama de flujo del modelo desarrollado
Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015 Modificado de Peralta

- **Análisis de Visibilidad paisajística**

Para el análisis de la visibilidad del paisaje se plantearon observadores en los sitios escénicos que permite disfrutar del paisaje del área de estudio y se determina el plano visual en función de la distancia del observador de acuerdo con

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 27 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

lo establecido en Landscape Aesthetics A Handbook for Scenery Management²¹ y ajustado en función de las características del área del proyecto.

La escala visual se clasifica en plano cercano, medio y lejano a partir de distancia horizontal de los senderos, vías y red hídrica navegable, los cuales son las rutas de tránsito de los observadores. Es de mencionar, que el área del proyecto se encuentra en un paisaje de planicie fluvio lacustre con pocas diferencias de altitudes, por lo tanto, no se realizó con visibilidad por cotas. En la Tabla No. 2.2 se presenta la escala de análisis de visibilidad paisajística planteada.

Tabla No. 2.2 Escala análisis de visibilidad paisajística

Escala visual	Distancia del observador	Nomenclatura
Plano lejano	Distancia horizontal >1.000 metros	Pl
Plano medio	Distancia horizontal ≥ 300 metros ≤ 1.000 metros	Pm
Plano cercano	Distancia horizontal < 300 metros	Pc

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015 Modificado de United States Department of Agriculture, 1995.

- Calidad visual del paisaje

En cuanto a la valoración de la calidad visual del paisaje, la metodología que se empleó es la indicada por Montoya *et al*²² con modificación de los criterios de calificación de acuerdo con el área de estudio. En la aplicación del modelo de calidad visual se emplearon variables que se consideraron definen la calidad visual del paisaje, entre ellas la fisiografía, cobertura vegetal y usos del suelo, drenajes hídricos o lámina de agua y grado de humanización (carreteras y núcleos urbanos), como se presenta en la Figura No. 2.3.

²¹ UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1995. Op cit.

²² MONTOYA, Raymundo., PADILLA, Jorge., STANFORD, Sergio. Valoración de la calidad y fragilidad visual del paisaje en el Valle de Zapotitlán de las salinas, Puebla (México), 2003. En: Boletín del A.G.E. N° 35, p. 123 – 136.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 28 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

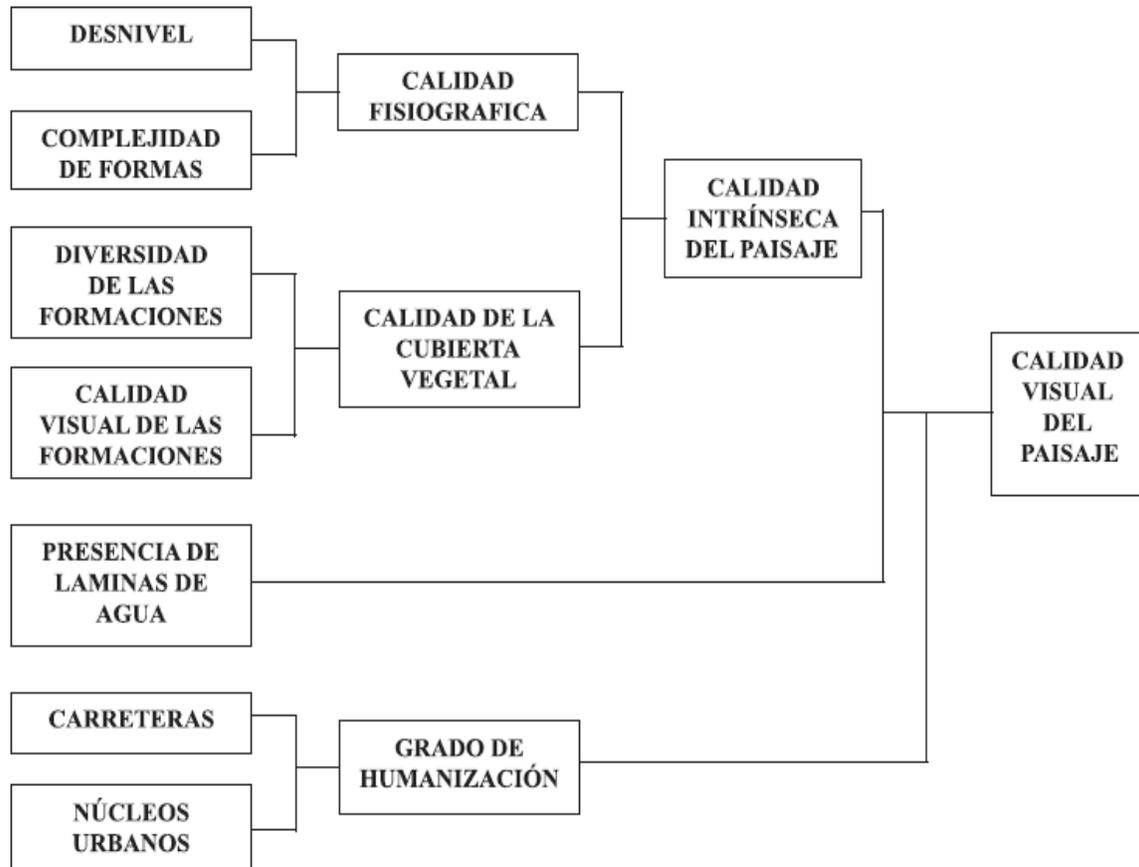


Figura No. 2.3 Modelo de Calidad Visual del Paisaje
Fuente: Montoya et al, 2003²³

Calidad Fisiografía

Se valoró en función de dos aspectos: desnivel y complejidad de formas o topográfica.

Valoración por altitud. Donde a mayor altitud mayor es la calidad visual paisajística. Es de mencionar, que el área del proyecto es relativamente plana y por lo tanto no presenta altitudes representativas, en ese sentido, se consideraron

²³ MONTOYA et al, 2003. Op Cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 29 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

las mayores altitudes de las geoformas ubicada a las afueras de la ribera del río y línea de costa (ver Tabla No. 2.3).

Tabla No. 2.3 Valoración por altitud

Criterios ambientales	Calidad visual	Valor de calificación
Nivel 0 Cota 0 msnm	Bajo	1
Nivel I Cota entre >0 y <2 msnm	Medio	2
Nivel 2 Cotas >2 msnm	Alto	3

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

Calidad de la cubierta vegetal

La vegetación y los usos actuales del suelo son un factor fundamental para evaluar la calidad del paisaje por ser un elemento extensivo a todo el territorio. Se valoró como de mejor calidad visual paisajística, la cobertura que se acerque más a la vegetación natural en un estado o aquellos usos que dado a su carácter tradicional, ya se encuentran integrados al entorno.

Diversidad de formaciones de la cobertura vegetal. Se asignó mayor calidad paisajística a la presencia de áreas con bosque y de menor calidad aquellas zonas con coberturas vegetales agrícolas (ver Tabla No. 2.4).

Tabla No. 2.4 Valoración para la diversidad de formaciones de la cobertura vegetal

Criterios ambientales	Calidad visual	Valor de calificación
Territorios agrícolas	Bajo	1
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivas	Medio	2
Áreas con presencia de bosques	Alto	3

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

Diversidad de formaciones del uso actual del suelo. Se asignó mayor calidad paisajística al uso de conservación y protección, de menor calidad aquellas zonas con uso residencial e industrial (ver Tabla No. 2.4).

Tabla No. 2.5 Valoración para la diversidad de formaciones del uso actual del suelo

Criterios ambientales	Calidad visual	Valor de calificación
Residencial e industrial	Bajo	1
Agricultura y ganadería	Medio	2
Conservación y protección	Alto	3

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 30 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Presencia de agua

La presencia de cuerpos de agua en un paisaje, se constituye como un elemento de mejor calidad visual paisajística (ver Tabla No. 2.6).

Tabla No. 2.6 Valoración para la presencia de agua

Criterio ambientales	Calidad visual	Valor de calificación
Ausencia de cuerpos de agua	Bajo	1
Presencia de cuerpos agua	Alto	3

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

Grado de humanización

El grado de humanización se asocia a las estructuras artificiales, las cuales suponen una disminución de la calidad de paisaje. Para medir la distribución de estas variables en el territorio se utilizaron dos criterios: presencia de carreteras y presencia de áreas urbanas, industriales o poblaciones.

Presencia de carreteras. Se ha valorado con menor calidad visual paisajística la red vial principal (carretera secundaria o intermunicipal asfaltada) por sus mayores exigencias constructivas, seguidas con una calificación media las carretas veredales sin asfalto y mayor calidad la ausencia de vías (ver Tabla No. 2.7).

Tabla No. 2.7 Valoración para la presencia de carreteras

Criterio ambientales	Calidad visual	Valor de calificación
Presencia de vías asfaltadas	Bajo	1
Presencia de vías sin asfalto	Medio	2
Ausencia de vías	Alto	3

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

Presencia de núcleos urbanos o poblaciones. Se ha valorado con menor calidad visual las áreas ocupadas por núcleos urbanos y de mayor calidad las áreas sin población (ver Tabla No. 2.8).

Tabla No. 2.8 Valoración para la presencia de núcleos urbanos o poblaciones

Criterio ambientales	Calidad visual	Valor de calificación
Tejido urbano continuo y/o zonas industriales	Bajo	1
Tejido urbano discontinuo	Medio	2
Áreas sin población	Alto	3

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 31 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Resultado de la aplicación del modelo de calidad visual del paisaje

Luego de obtener los criterios categorizados, el resultado de la aplicación del modelo de calidad permite valorar cada una de las unidades de paisaje en función de su calidad paisajística o integridad escénica, estos serán analizados con la herramienta del Sistema de Información Geográfico - SIG, teniendo en cuenta la siguiente escala de valoración establecida en cinco (5) clases (ver Tabla No. 2.9). Adicionalmente, se realiza un análisis de la calidad visual de las unidades del paisaje en el área de estudio:

- ✓ *Clase I representa la calidad Muy Baja.* Indica que el paisaje visualmente tiene una condición escénica o calidad paisajística muy alterada, es decir, cuando los elementos existentes tanto naturales como culturales no presentan armonía entre sí o con el entorno.
- ✓ *Clase II representa la calidad visual Baja.* Indica que el paisaje visualmente presenta una alteración moderada de la forma del paisaje.
- ✓ *Clase III representa la calidad visual Moderada.* Indica que el paisaje visualmente tiene una condición escénica o calidad paisajística levemente alterada.
- ✓ *Clase IV representa la calidad visual Alta.* Indica que el paisaje visualmente tiene una condición escénica o calidad paisajística que parece inalterada.
- ✓ *Clase V representa la calidad visual Muy Alta.* Indica que el paisaje visualmente tiene una condición escénica o calidad paisajística Inalterada, es decir, cuando existe armonía entre los elementos de la unidad y el entorno siendo agradable a la contemplación de la misma.

Tabla No. 2.9 Escala de valoración de criterios ambientales para la calidad visual o integridad escénica del paisaje

Clase	Calificación (puntos)	Calidad visual	Integridad Escénica
Clase I	6 - 8	Calidad visual muy Baja	Muy baja (muy alterado)
Clase II	>8 - 10	Calidad visual Baja	Baja (Moderadamente alterado)
Clase III	>10 - 13	Calidad visual Moderada	Moderada (Levemente alterado)
Clase IV	>13 - 15	Calidad visual Alta	Alta (Parece inalterado)
Clase V	>15 - 18	Calidad visual Muy alta	Muy alta (Inalterado)

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

Es de mencionar, que para la calificación total de la calidad visual que se genera en el cruce de las capas de las variables establecidas anteriormente, se realizó un ajuste en la sumatoria de los criterios con el fin de equilibrar el resultado cuando hay criterios que no aplican a todas unidades de paisaje. Es decir, si aplican todos

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 32 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

los criterios (6 criterios) es el 100%, si solo aplican cinco (5) criterios es el 83%, luego la sumatoria se dividió por el porcentaje (de acuerdo a la cantidad de criterios) para obtener el valor verdadero de calidad visual y posteriormente clasificarlo según los rangos de la Tabla No. 2.9.

- Sitios de interés paisajístico o atractivos escénicos

Los sitios de interés paisajístico se identificaron con información secundaria y recorridos de campo, con el objeto de verificar la información obtenida y el estado actual de las coberturas vegetales, uso del suelo y geomorfología del área de estudio.

Para la clasificación y valoración del estado actual de los sitios con atractivo escénico en el área de influencia del proyecto, se clasificó de acuerdo con lo establecido en la metodología planteada en Landscape Aesthetics A Handbook for Scenery Management²⁴ y en las clases propuestas en el modelo de datos de la geodatabase de la ANLA²⁵, como se presenta en la Tabla No. 2.8.

Tabla No. 2.10 Clases de los atractivos escénicos

Ítem	Clases del atractivo escénico	Nomenclatura
1	Deteriorado	Dt
2	Común o típico	Cm o Tp
3	Singular	Sg

Fuente: United States Department of Agriculture. Landscape Aesthetics A Handbook for Scenery Management, 1995.

- Percepción de las comunidades como referentes de su entorno físico en términos culturales.

La descripción de la percepción del paisaje en términos culturales se realizó con información secundaria y recorridos de campo, con el objeto de verificar la información obtenida de la población.

²⁴ UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Landscape Aesthetics A Handbook for Scenery Management. Agriculture Handbook Number 701. 1995. 104 p.

²⁵ AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES – ANLA. Actualización del diseño y estructura del modelo de datos de la geodatabase para la presentación del diagnóstico ambiental de alternativas – DAA, Estudios de Impacto Ambiental – EIA, Planes de Manejo Ambiental específicos – PMA, Informes de Cumplimiento Ambiental - Ica y compensaciones e inversión 1%. Bogotá D.C., 2012.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 33 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

- Paisaje del fondo marino

Para identificar las unidades del paisaje presentes en el fondo marino del Golfo de Urabá en Bahía Colombia, fue necesario recurrir al estudio de “*Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*”²⁶ y el *Atlas del Golfo de Urabá*²⁷, para definir el tipo de fondo existente en el sector de la desembocadura del río León en Bahía Colombia, de acuerdo con la geomorfología marina, los patrones de circulación oceanográfica, batimetrías, calidad del agua marina, climatología y el sustrato del fondo marino.

2.3.1.4 Suelos y uso de la tierra

Para determinar la clasificación de los suelos para la escala de detalle 1:10.000, de este estudio, se utilizó la metodología diseñada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)²⁸, ajustada y adoptada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)²⁹. Entre sus principales etapas se encuentran las siguientes:

Revisión y evaluación de la información secundaria existente: La etapa consiste en un análisis de la información desarrollada, como lo son, el Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Antioquia³⁰, el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Turbo³¹ y el estudio de capacidad de uso de la tierra en Colombia. También se analizó y evaluó la información referente a: clima, geología, geomorfología y coberturas actuales de la tierra; información que sirvió de soporte para determinar los factores de mayor incidencia en los procesos de formación y evolución de los suelos.

²⁶ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM, INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – IGAC; INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT – IavH; INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS JOSÉ BENITO VIVES DE ANDRÉIS – INVEMAR; INSTITUTO AMAZÓNICO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS SINCHI – I.SINCHI; INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES DEL PACÍFICO JHON VON NEUMAN – IIAF. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Hoja 12 de 36. Escala 1:500.000. [En línea] <
http://www.invemar.org.co/portal_old/noticias.jsp?id=3458&idcat=104> [Consultado 24, julio, 2015]

²⁷ ²⁷ INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS JOSÉ BENITO DE ANDRÉIS (INVEMAR) y GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA. 2007. Op Cit.

²⁸ SOIL SURVEY STAFF, Keys to Soil Taxonomy, United States Department of Agriculture, USDA, Ninth Edition. Washington D.C., 2006

²⁹ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI -IGAC. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Antioquia. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá. 2007. 1071 p

³⁰ *Ibíd.*

³¹ COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE TURBO. Acuerdo 022 del 2012. Por el cual se aprueba una revisión ordinaria al Plan de Ordenamiento Territorial municipio de Turbo y se modifican, derogan e incorporan nuevos artículos al Acuerdo 015 del 25 de Julio de 2000 y se deroga el Acuerdo 09 del 2009. Departamento de Antioquia. 2012, 155 p

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 34 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

También se adquirió la cartografía básica y las fotografías aéreas para el área de estudio.

Fotointerpretación: Se realizó la fotointerpretación fisiográfica, con las siguientes fotografías aéreas (ver Tabla No. 2.11):

Tabla No. 2.11 Recurso fotográfico para el área de estudio

Vuelo	Foto	Fecha	Escala
R – 1148	308	22/03/1989	1:12.000
R – 1148	446	22/03/1989	1:12.000
R – 973	293	09/08/1983	1:30.000

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015.

De igual manera, se empleó una ortofotografía del año 2014 para realizar la interpretación de las coberturas de la tierra y el uso actual del suelo; las cuales fueron verificadas durante la etapa de campo.

Para definir y clasificar las unidades de suelos, jerarquizándolas en el siguiente orden, clima, paisaje, tipo de relieve y forma del terreno. Esta interpretación es fundamental para poder inferir la relación suelo-paisaje, que va más allá de solo la geomorfología, sino también de la incidencia del clima, geología y las coberturas. El resultado final de esta etapa es la construcción de la leyenda de suelos para el área de influencia del proyecto.

En cuanto a la cartografía, se presentan las unidades cartográficas de suelos, divididas en forma de fases cartográficas por pendiente, erosión e inundación y/o encharcamiento, también pueden ocurrir otras fases como pedregosidad superficial, etc.

La fase por pendiente puede presentarse en alguna de las siete clases establecidas por el IGAC³² y representan los rangos y clases como se puede observar en la Tabla No. 2.12.

Tabla No. 2.12 Rangos y clases de pendientes

Fase	Rango	Clase
a	0 - 3%	Ligeramente plana
b	3 - 7%	Ligeramente inclinada u ondulada
c	7 - 12%	Moderadamente inclinada u ondulada o ligeramente quebrada
d	12 - 25%	Fuertemente inclinada u ondulada o moderadamente quebrada
e	25 - 50%	Fuertemente quebrada o ligeramente empinada o escarpada
f	50 - 75%	Moderadamente empinada o escarpada

³² INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – IGAC, 2007. Op Cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 35 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Fase	Rango	Clase
g	> 75%	Fuertemente empinada o escarpada

Fuente: INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – IGAC, 2007³³

Una vez realizada la clasificación de las unidades de suelos y se identificaron sus limitantes, se realizó la agrupación de los suelos por clases agrologicas en base a su capacidad para producir plantas cultivadas (cultivos, pastos, bosques), por largos periodos de tiempo sin que se presente deterioro del recurso; esta clasificación se realiza de acuerdo al número de limitantes edáficas que pueda tener un suelo. Además se pueden hacer generalizaciones basadas en la potencialidad de los suelos y en las limitaciones en cuanto a su uso y manejo.

De acuerdo a la clase agroológica se realiza la clasificación del uso potencial del suelo, de manera que a medida que la clase agroológica aumenta disminuye el número de cultivos que se puede producir puesto que los factores limitantes son más drásticos, al mismo tiempo que aumentan las prácticas de conservación que debe realizarse para proteger el recurso suelo.

Para determinar los conflictos por los usos del suelo, se confrontaran la interpretación de uso actual y uso potencial, para evaluar las prácticas de manejo y conservación de acuerdo con la presencia o no de limitantes para el uso y sus grados de intensidad; para ello se empleara la matriz de decisión que se muestra en la Tabla No. 2.13, la cual fue construida a partir de la metodología establecida por IGAC y CORPOICA en el 2002³⁴.

Tabla No. 2.13 Matriz de decisión empleada para la clasificación de los conflictos por uso del suelo

Uso Potencial		Uso Actual									
		Agrícola	Ganadera	Forestal		Conservación			Residencial		Industrial
Tipo principal de Uso		Cultivos semipermanentes y permanentes intensivos	Pastoreo o intensivo o semi-intensivo	Protección	Producción	Forestal protectora	Recursos hídricos	Recuperación	Asentamiento	Centro poblado	Zonas industriales o comerciales
Agrícola	Cultivos semipermanentes y permanentes semi-intensivos	A	S1	S3	S3	S3					

³³ Ibid.

³⁴ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – IGAC y CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA. Zonificación de los conflictos de uso de las tierras del país. Capítulo IV. Uso adecuado y conflictos de uso de las tierras en Colombia. IGAC, Bogotá D.C., 2002. 106 p.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 36 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Uso Potencial		Uso Actual									
		Agrícola	Ganadera	Forestal		Conservación			Residencial		Industrial
Tipo principal de Uso		Cultivos semipermanentes y permanentes intensivos	Pastoreo intensivo o semi-intensivo	Protección	Producción	Forestal protectora	Recursos hídricos	Recuperación	Asentamiento	Centro poblado	Zonas industriales o comerciales
Ganadera	Pastoreo intensivo y semi-intensivo		A	A	S3	S3		A			
Conservación	Forestal protectora	O3		A		A	A	A			
	Recursos hídricos			A		A	A				
Industrial	Zonas industriales o comerciales										ZU
Residencial	Asentamiento								ZU		
	Centro poblado									ZU	

Fuente: IGAC³⁵, adaptado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

En la Tabla No. 2.13 se establece las siguientes categorías para la clasificación del conflicto de uso del suelo de acuerdo con la matriz de decisión entre uso potencial y uso actual:

Tierras sin conflicto de uso (A), se denominan a las tierras donde el uso actual dominante guarda correspondencia con la vocación de uso principal o con un uso compatible. El uso actual no causa deterioro ambiental.

Conflictos por subutilización (S), es la calificación dada donde el uso actual dominante corresponde a un nivel inferior comparado con la vocación de uso principal o la de usos compatibles, se diferencian tres grados de intensidad:

Subutilización ligera (S1): Tierras cuyo uso actual es muy cercano al principal, por ende a los usos compatibles y son evaluadas como de menor intensidad.

Subutilización moderada (S2): Tierras cuyo uso actual está por debajo, en dos niveles de la clase de vocación de uso principal recomendada, según la capacidad de producción de las tierras.

Subutilización severa (S3): Tierras cuyo uso actual está muy por debajo, en tres o más niveles de la clase de vocación de uso principal recomendada.

Conflictos por sobreutilización (O), es la calificación dada donde el uso actual dominante es más intenso en comparación con la vocación de uso principal natural asignado a la tierras. Se subdividen en los siguientes grados de intensidad:

³⁵ Ibid.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 37 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

Sobreutilización ligera (O1): Tierras cuyo uso actual está muy cercano al uso principal, pero que se ha evaluado con un nivel de intensidad mayor al recomendado y por ende al de los usos compatibles.

Sobreutilización moderada (O2): Tierras en las cuales el uso actual se encuentra por encima, en dos niveles, de la clase de vocación de usos principal recomendada, según la capacidad de producción de la tierras.

Sobreutilización severa (O3): Tierras en las cuales el uso actual supera en tres o más niveles, de la clase de vocación de usos principal recomendada, presentándose evidencias de degradación avanzada de los recursos, tales como procesos erosivos severos, disminución de la productividad de las tierras, procesos de salinización, entre otros.

Zona Urbanizada (ZU): es la calificación dada donde el uso actual son centros poblados, zonas industriales y comerciales, las cuales guardan correspondencia con la vocación de uso principal asignado como son zonas industriales, comerciales, asentamientos y centros poblados.

2.3.1.5 Hidrología

Se realizó el análisis y revisión de los aspectos hidrológicos con la información existente del Estudio de Impacto Ambiental que soporta la licencia ambiental otorgada mediante Resolución 0032 de 2012³⁶. Adicionalmente, con información secundaria se complementó la información requerida. No obstante, es importante tener en cuenta que el proyecto no requerirá de la intervención directa del río León, corriente principal en el área de influencia.

2.3.1.6 Calidad del agua y sedimentos para aguas continentales y marinas

Para el análisis de la calidad del agua y sedimentos continentales y marinos se recolectó información secundaria a través de resultados históricos de las estaciones del programa de la Red de Monitoreo de la Calidad de Aguas Marinas

³⁶ COLOMBIA. AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES – ANLA. Resolución 0032 (25, enero, 2012). Op cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 38 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

y Costeras de Colombia - REDCAM del año 2001 al 2014³⁷ (ubicadas en Bahía Colombia y río León) e información del Estudio de Impacto Ambiental³⁸ que soporta la licencia ambiental otorgada mediante Resolución 0032 de 2012³⁹. Con el fin de corroborar dicha información, se contó con información primaria en donde se realizaron muestreos de calidad del agua y sedimentos en aguas continentales y marinas en el mes de julio entre los días 7 y 8 de 2015 en las estaciones ubicadas en las áreas de intervención del proyecto con un laboratorio acreditado ante el IDEAM.

Para este caso se contrató con el laboratorio SGS COLOMBIA S.A.S el cual cuenta con las siguientes acreditaciones y reconocimientos: Resolución Acreditación IDEAM 0899 del 3 de julio de 2015 para los parámetros: pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Color Verdadero, DBO5, DQO, Grasas y Aceites, Detergentes, Nitrógeno Total, Dureza Cálcica, Dureza Total, Sólidos Disueltos, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales, Turbiedad, Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares, Fenoles, Cadmio, Bario, Calcio, Níquel, Plata, Plomo, Selenio, Cobre, y Mercurio.

Para los análisis restantes SGS COLOMBIA S.A.S subcontrató otros laboratorios acreditados. A continuación la relación parámetro – laboratorio subcontratado.

Tabla No. 2.14 Relación parámetro laboratorio subcontratado

PARÁMETRO	LABORATORIO	ACREDITADO CON
Zinc Total	Daphnia Ltda.	Resolución 0983 del IDEAM
Arsénico Total	Chemilab .	Resolución 2016 del IDEAM
Clorofila	Zonas Costeras	Resolución 0504 del IDEAM

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2015

- ✓ *Estaciones de muestreo de calidad del agua y sedimentos continentales y marinos*

Se presenta en la Tabla No. 2.15 las coordenadas planas Magna Sirgas origen Bogotá de las estaciones de muestreo definidas para el análisis de la calidad del agua y sedimentos continentales y marinos en el área de estudio del Proyecto y en

³⁷ INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS “JOSE BENITO VIVES DE ANDRÉS” - INVEMAR, SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LA RED DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD AMBIENTAL MARINA DE COLOMBIA – REDCAM. [En línea] <<http://siam.invemar.org.co/siam/redcam/index.jsp>> [Consultado 11, agosto, 2015]

³⁸ PUERTO BAHÍA COLOMBIA DE URABA S.A. y ARAÚJO IBARRA & ASOCIADOS S.A. Estudio de impacto ambiental para la construcción y operación de un terminal portuario de graneles sólidos. Turbo. 2010. 428 p

³⁹ COLOMBIA. AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES – ANLA. Resolución 0032 (25, enero, 2012. Op cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 39 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

la Figura No. 2.4 y en la Figura No. 2.5 se presenta la localización de dichas estaciones.

Tabla No. 2.15 Ubicación de las estaciones de muestreo calidad del agua y sedimentos continentales y marinos

ID	Nombre Estación	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS Origen BOGOTÁ	
		ESTE	NORTE
A1	Estación aguas arriba del río León	706.327,33	1.368.671,49
A2	Estación agua abajo del río León	705.956,74	1.369.095,03
A3	Estación Viaducto	703.792,94	1.371.083,51
A4	Estación Área de Maniobras 1	702.783,75	1.370.390,87
A5	Estación Área de Maniobras 2	702.487,86	1.371.110,59
A6	Estación Área de Maniobras 3	702.943,68	1.371.628,00
A7	Estación Canal de Acceso Fase I	702.099,85	1.371.870,99
A8	Estación punto de control	696.387,84	1.372.825,31
A9	Botadero	697.792,41	1.375.464,03

Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015

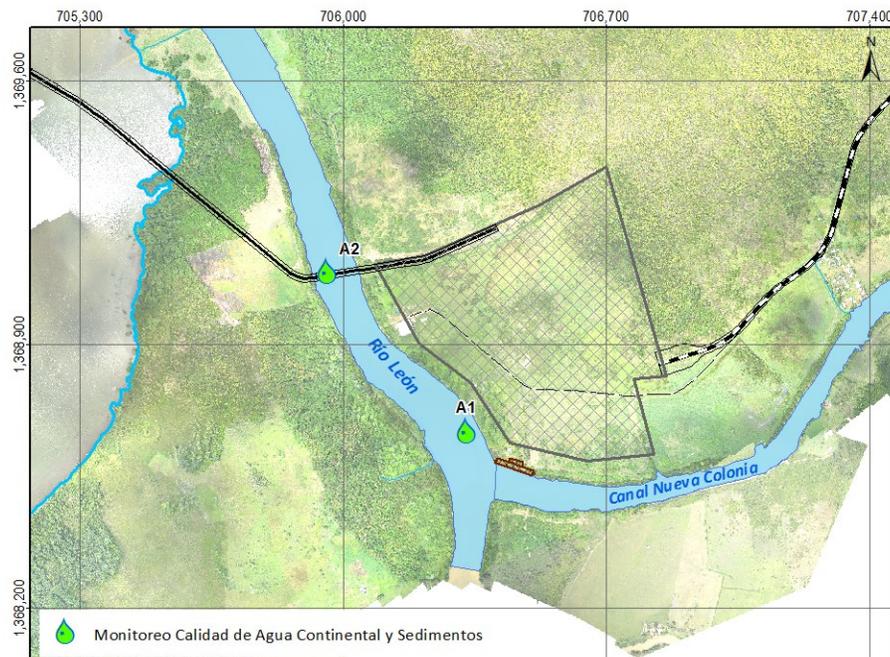


Figura No. 2.4 Localización de las estaciones de muestreo para la calidad del agua y sedimentos continentales
Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 40 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

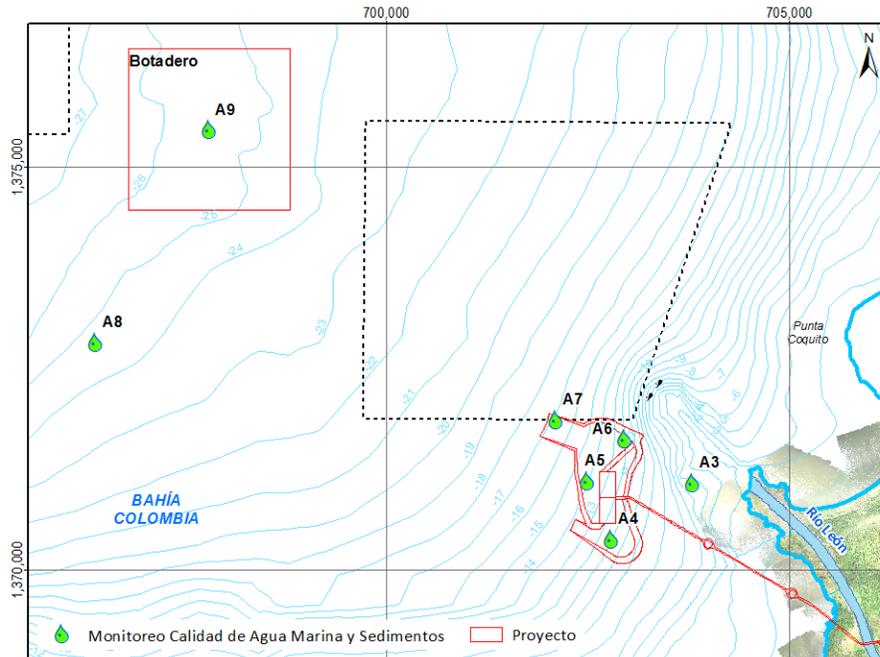


Figura No. 2.5 Localización de las estaciones de muestreo para la calidad del agua y sedimentos marinos
Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015

✓ *Calidad del agua y sedimentos continentales*

Con el fin de conocer la calidad del agua y sedimentos continentales sobre el río León, se definieron dos (2) estaciones ubicadas en el área de influencia del proyecto.

Tipo de muestreo aguas continentales

Se realizó un muestreo de tipo integrado en la profundidad y en la sección transversal en dos (2) estaciones distribuidas sobre el río León (aguas abajo de la confluencia del Canal Nueva Colonia al río León y aguas abajo del puente que se construirá sobre el río León). Las estaciones se definieron con el objetivo de verificar la influencia que puede tener la construcción y operación del embarcadero y el puente sobre la calidad del agua del río León.

Parámetros evaluados

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 41 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

De acuerdo con los términos de referencia establecido por la Resolución 0112 de 2015⁴⁰ para puertos marítimos de gran calado, se consideraron los parámetros presentados en la Tabla No. 2.16 para la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de del agua continental y en la Tabla No. 2.17 para la caracterización fisicoquímicas de los sedimentos, que serán susceptibles de intervención por la construcción y operación de algunas obras del proyecto sobre el río León.

La medición de los parámetros fisicoquímicos se efectuó bajo normas técnicas y métodos oficialmente aceptados en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012, en las metodologías oficialmente aceptadas y bajo los criterios establecidos por el Decreto 1076 del 2015⁴¹ por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Tabla No. 2.16 Relación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua continental

Caracterización	Parámetro	Unidad	Preservación	Método de análisis
Física	Temperatura	°C	–	S.M 4500 H-B Potenciométrico NA-A
	Sólidos suspendidos totales	mg/L	Refrigeración	SM 2540 D -Gravimétrico -A
	Sólidos disueltos totales	mg/L	Refrigeración	SM 2540 C -Gravimétrico -A
	Sólidos sedimentables	mL/L–h	Refrigeración	SM 2540 F -Gravimétrico -A
	Conductividad eléctrica	µS/cm	–	SM 2510 B Electrométrico – NA-A
	Potencial de Hidrógeno – pH	Unidades de pH	–	S.M 4500 H-B Potenciométrico NA-A
	Turbiedad	UNT	Refrigeración en la oscuridad	SM 2130 B Nefelométrico – 1.14 NTU - A
	Color Real	m ⁻¹	Refrigeración	SM 2120 C Espectrofotométrico 6.3 UPC -A
Química	Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	–	EPA 360.3 Electrodo de luminiscencia –NA-A
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	Refrigeración + H ₂ SO ₄ Hasta pH<2	SM 5220 D Reflujo cerrado Colorimétrico - A
	Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco	mg/L O ₂ .	Refrigeración	SM 5210 B / 4600 O G Modificado -A

⁴⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0112 (Enero, 28, 2015). Por el cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de los proyectos de construcción o ampliación y operación de puertos marítimos de gran calado y se toman otras determinaciones. Bogotá D.C., 2015.

⁴¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1076 (mayo, 26, 2015). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Sección 3 Criterios de calidad para destinación del recurso. Bogotá D.C., 2015.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 42 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Caracterización	Parámetro	Unidad	Preservación	Método de análisis
	(5) días (DBO5)			
	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L NTK	Refrigeración	SM 4500- Norg y 4500 NH3 B,C –Destilación/volumétrico -5.16 -A
	Fósforo Total	mg/L P	Refrigeración	S.M .4500-P B y E Colorimétrico - A
	Grasas y aceites	mg/L	Refrigeración + H ₂ SO ₄ Hasta pH <2	NTC 3362 - Método C Partición Infrarrojo -A
	Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	Refrigeración	S.M 2320 –B-Volumétrico -A
	Acidez Total	mg/L CaCO ₃	Refrigeración	S.M 2310 –B-Volumétrico -A
	Dureza Cálcica	mg/L CaCO ₃	Refrigeración	S.M 3500 Ca –B-Volumétrico -A
	Dureza Total	mg/L CaCO ₃	Refrigeración	S.M 2340 –C-Volumétrico -A
	Fenoles Totales	mg/L	Refrigeración	S.M 5530 –B Modificado y D Fotométrico directo-A
	Arsénico	mg/L	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	SM 3030K- EPA 200.8 ICP/MS - A
	Bario	mg/L	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	SM 3030K- EPA 200.8 ICP/MS - A
	Cadmio	mg/L	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	SM 3030K- EPA 200.8 ICP/MS - A
	Zinc	mg/L	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	SM 3030K- EPA 200.8 ICP/MS - A
	Cromo	mg/L	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	SM 3030K- EPA 200.8 ICP/MS - A
	Cobre	mg/L	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	SM 3030K- EPA 200.8 ICP/MS - A
	Mercurio	mg/L	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	SM 3030K- EPA 200.8 ICP/MS - A
	Níquel	mg/L	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	SM 3030K- EPA 200.8 ICP/MS - A
	Plata	mg/L	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	SM 3030K- EPA 200.8 ICP/MS - A
	Plomo	mg/L	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	SM 3030K- EPA 200.8 ICP/MS - A
	Selenio	mg/L	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	SM 3030K- EPA 200.8 ICP/MS - A
Bacteriológico	Coliformes Totales	NMP/100 mL	Esterilización + Refrigeración	SM 9223 B Sustrato definido
	Coliformes Fecales	NMP/100 mL	Esterilización + Refrigeración	SM 9223 B Sustrato definido

Fuente: Resolución 0112 del 28 de enero de 2015 y Laboratorio SGS Colombia S.A.S, 2015

Tabla No. 2.17 Relación de los parámetros químicos analizar de los sedimentos continentales

Caracterización	Parámetro	Unidad	Preservación	Método de análisis
Química	Cromo	mg/L	Refrigeración	SM 3030K-EPA 200.8 –

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 43 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Caracterización	Parámetro	Unidad	Preservación	Método de análisis
				ICP/MS -B
	Zinc	mg/L	Refrigeración	SM 3030K-EPA 200.8 – ICP/MS -B
	Cobre	mg/L	Refrigeración	SM 3030K-EPA 200.8 – ICP/MS -B
	Níquel	mg/L	Refrigeración	SM 3030K-EPA 200.8 – ICP/MS -B
	Grasas y aceites de la capa de sedimentos de fondo	mg/L	Refrigeración	EPA 9071B-SM 5520-C Extracción soxhlet/infrarrojo-ND-B
	Fenoles de la capa de sedimentos de fondo	mg/L	Refrigeración	SM 5530-D Modificado – Fotométrico directo –ND-B
	Hidrocarburos totales de la capa de sedimentos de fondo	mg/L	Refrigeración	EPA 9071 B – SM 5520 –D y F - Extracción soxhlet/gravimétrico ND-B

Fuente: Resolución 0112 del 28 de enero de 2015 y Laboratorio SGS Colombia S.A.S, 2015

Metodología de muestreo y transporte

El muestreo realizado fue de tipo manual por medio de una botella Van Dorn vertical, siguiendo las directrices plasmadas en el procedimiento interno ENVI-OPE-P-02 de muestreo de agua a cargo de la empresa SGS Colombia S.A., la cual cuenta con una acreditación por el IDEAM bajo Resolución 2310 del 8 de septiembre de 2014.

Los sedimentos continentales se tomaron en la primera capa del fondo del río León por medio de una draga, las cuales fueron recolectadas en bolsas plásticas herméticas.

El muestreo y transporte de las muestras se realizó de manera que se garantizara su integridad física, química y biológica durante el período transcurrido entre la toma y los análisis de las mismas; aplicando métodos de preservación internacionalmente aceptados entre otros como el control de pH, adición de compuestos químicos y control de temperatura al refrigerar las muestras a 4°C, utilizando hielo para tal fin.

Análisis de los resultados del laboratorio

Calidad de agua continental

A partir de los resultados generados por el laboratorio para las aguas continentales, el análisis de los parámetros se realizó con base en comparaciones entre los puntos y se calculó el Índice de Calidad del Agua – ICA, el Índice de Langelier, el Índice de Alteración del Potencial de la Calidad del Agua – IACAL,

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 44 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

índice de contaminación por mineralización – ICOMI, Índice de contaminación por materia orgánica – ICOMO y el índice de contaminación por sólidos suspendidos – ICOSUS, con el fin de simplificar en una expresión numérica las características positivas o negativas de la fuente de agua e implementar las medidas de gestión ambiental respectivas en los planes del manejo del recurso hídrico del proyecto.

De igual forma, los parámetros analizados para aguas continentales fueron comparados con los valores de referencia emitidos por el Decreto 1076 de 2015⁴² Capítulo 3 en la Sección 9 Criterios de calidad para la destinación del recurso, para los usos de preservación de la fauna y flora en aguas superficiales a nivel nacional y a nivel internacional por los valores de referencia emitidos por *National Recommended Water Quality Criteria EPA (salt water)*⁴³.

A continuación se presenta la descripción del cálculo de cada uno de los índices, los cuales son indicadores de fácil análisis para determinar la contaminación del agua superficial.

❖ Índice de Calidad del Agua – ICA

El índice de calidad de agua WQI fue desarrollado a principios de los años 70 por la Fundación Nacional de Saneamiento Nacional de los Estados Unidos (NSF en sus siglas en inglés), como resultado de la conciliación de criterios de 142 expertos de ese país. Permite tener una idea general de los problemas que puede tener el agua y del enfoque que debe darse a posteriores estudios; además, sirve como base de comparación espacial y temporal de calidad en diferentes cuerpos de agua.

La determinación de índice WQI requiere de la medición de las variables: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, cambio de temperatura, turbiedad y sólidos totales, y se calcula como lo muestra la Ecuación No. 2.1.

$$WQI = \sum_{i=1}^9 W_i \times Q_i$$

Ecuación No. 2.1 Índice de calidad de agua
Fuente: National Sanitation Foundation -NSF Water Quality Index

⁴² Ibid.

⁴³ UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. National Recommended Water Quality Criteria. [En línea] < <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/current/upload/nrwqc-2009.pdf> > [Consultado julio 14 de 2015]

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 45 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

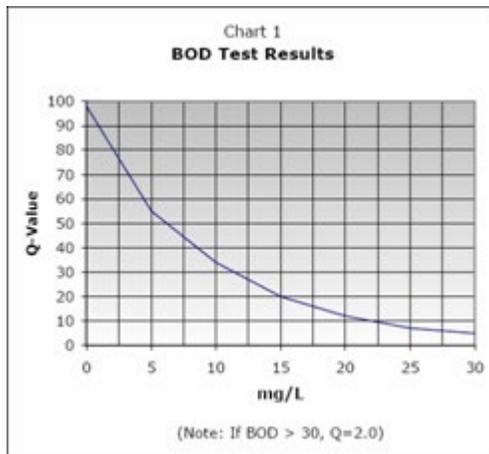
Donde W_i denota el factor de importancia de la variable i , respecto a las restantes variables involucradas en el índice, y Q_i corresponde al factor de escala de la misma. Este último depende de la magnitud de la variable y es independiente de las restantes.

En la Tabla No. 2.18 se presentan los pesos de cada variable y la Figura No. 2.6, esquematiza la obtención de Q para la cada una de éstas.

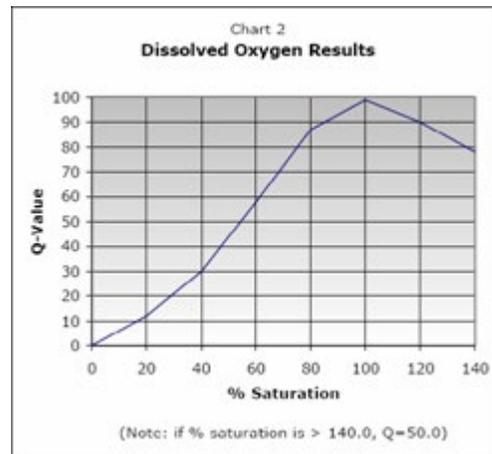
Tabla No. 2.18 Factores de ponderación NSF

Variable	Factor W_i
% Saturación de oxígeno	0,17
Coliformes fecales	0,16
pH	0,11
Demanda bioquímica de oxígeno	0,11
Nitratos	0,10
Fosfatos	0,10
Temperatura ΔT	0,10
Turbiedad	0,08
Sólidos totales	0,07

Fuente: Water Research Center⁴⁴



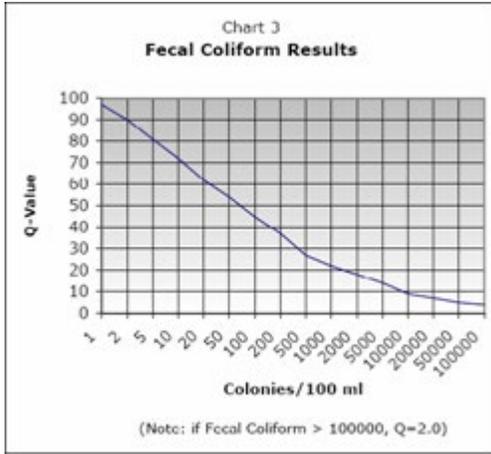
(a)



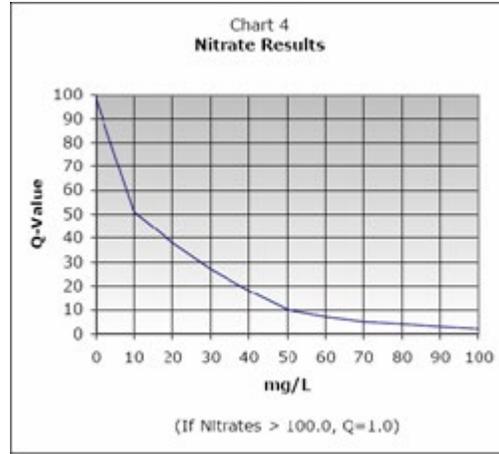
(b)

⁴⁴ WATER RESEARCH CENTER. Monitoring the Quality of Surfacewaters. [En línea] <<http://www.water-research.net/watqualindex/waterqualityindex.htm>>. [Consultado 14, julio, 2015]

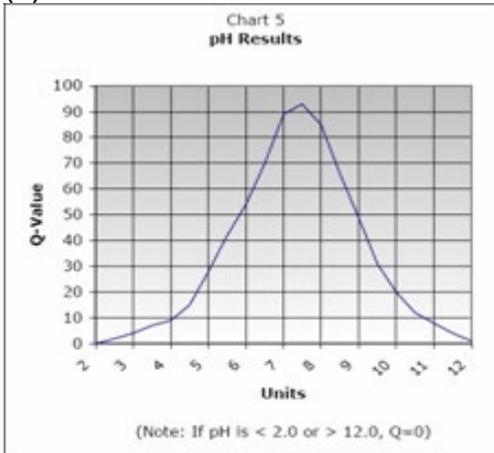
	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:



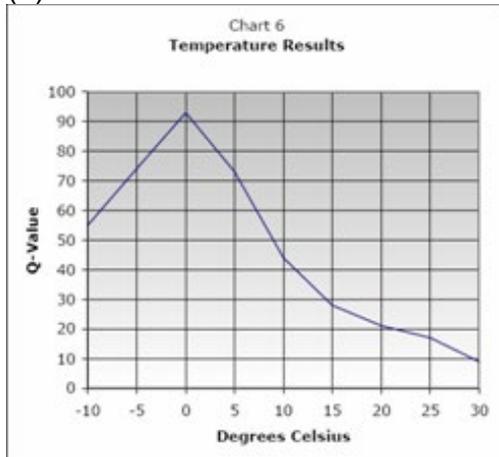
(c)



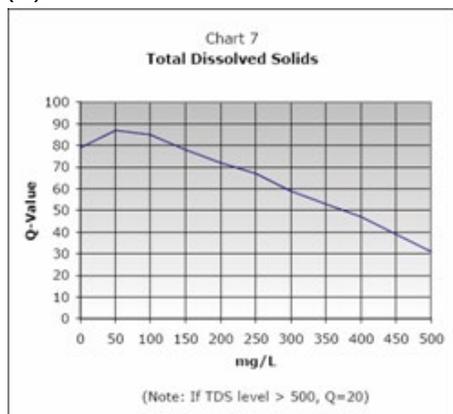
(d)



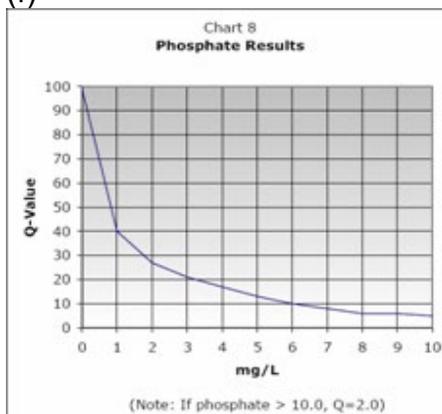
(e)



(f)

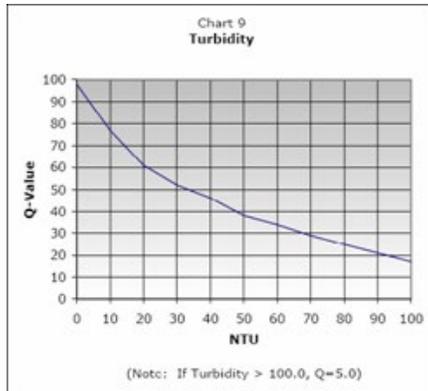


(g)



(h)

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 47 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	



(i)

Figura No. 2.6 Factores de escala Q para los parámetros involucrados en el WQI-NSF
Fuente: Water Research Center ⁴⁵

Una vez determinado el índice WQI en un punto determinado, puede clasificarse la fuente de acuerdo con los rangos que se señalan en la Tabla No. 2.19.

Tabla No. 2.19 Clasificación de calidad del agua en función del índice NSF

Valor del índice	Color	Clasificación
0 – 25		Calidad muy mala (MM)
25 – 50		Calidad mala (M)
50 – 70		Calidad media (R)
70 – 90		Calidad buena (B)
90 – 100		Calidad excelente (E)

Fuente: Water Research Center ⁴⁶

Para determinar el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto a partir de la concentración de oxígeno disuelto (OD), se calculó de acuerdo con lo propuesto por Roldan, 1992⁴⁷. En la Figura No. 2.7 se presenta en el nomograma para determinar el porcentaje de saturación de oxígeno a partir de la temperatura del agua y la concentración de oxígeno medido.

⁴⁵ *Ibíd.*

⁴⁶ *Ibíd.*

⁴⁷ ROLDAN P., Gabriel; RAMÍREZ R., John Jairo. Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia, 1992

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 48 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

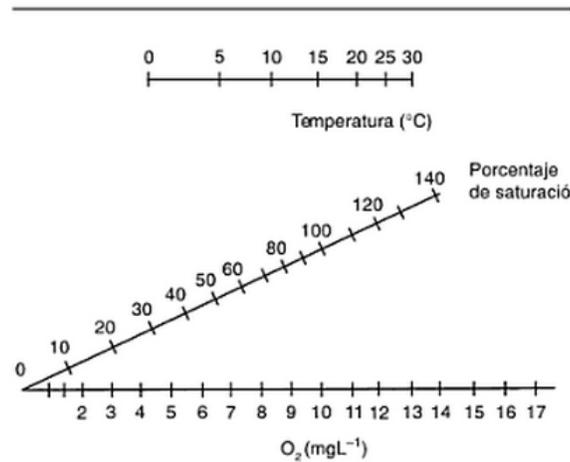


Figura No. 2.7 Nomograma para determinar el porcentaje de saturación de oxígeno
Fuente: Roldan, 1992

❖ Índice de Langelier - ISL

De acuerdo con lo establecido en la Resolución 00001618 de 2010⁴⁸ el Índice Langier – ISL también llamado Índice de Estabilidad o Índice Cosmético, se emplea como método de aproximación, para determinar la condición corrosiva o incrustante de un cuerpo de agua en estanque de piscina. Normalmente es un valor asociado a las características de: pH, Alcalinidad Total, Dureza Total y Temperatura.

Con el fin de conocer el balance químico del agua, se presenta a continuación el procedimiento:

Medir las características de Temperatura, pH, Dureza Total y Alcalinidad Total del agua, In Situ.

Comparar los resultados de los análisis obtenidos del numeral anterior con los valores señalados en la Tabla No. 2.20 y utilizar el correspondiente coeficiente encontrado para llevarlo a la Ecuación No. 2.2:

⁴⁸ COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución 00001618 (Mayo, 7, 2010). Por la cual se reglamenta parcialmente el Decreto 2171 de 2009. Bogotá D.C., 2010.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 49 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

$$ISL = pH + CT + CD + CA - 12,1$$

Ecuación No. 2.2 Índice de Saturación o de Langelier – ISL
Fuente: Resolución No. 00001618 de mayo 7 de 2010⁴⁹

Dónde: ISL = Índice de Saturación, de Langelier o Cosmetológico

pH = Valor del pH del agua

CT = Coeficiente de temperatura del agua °C

CD = Coeficiente de dureza total

CA = Coeficiente de alcalinidad total

12,1 = Constante correctora aplicable a piscinas y estructuras similares

Este índice de Langelier cuenta con límites permisibles por la resolución antes mencionada para piscinas o estanques similares, cuyos valores aceptables deben estar entre – 0,5 y + 0,5. Se calculó este índice porque es importante para poder controlar la incrustación o la corrosión en las redes de distribución del agua y para las instalaciones interiores domésticas del proyecto, sin embargo se deja claro que la fuente hídrica es un río y se utilizará para consumo humano y receptor de vertimientos y construcción de obras sobre cauce.

⁴⁹ Ibid.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 50 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Tabla No. 2.20 Índice de Saturación o Langelier

Temperatura (°C)	Coefficiente de Temperatura (CT)	Dureza Total (mg/L)	Coefficiente de Dureza (CD)	Alcalinidad Total (m/L)	Coefficiente de Alcalinidad (CA)
5	0,130	5	0,305	10	1,006
10	0,257	10	0,606	20	1,307
15	0,376	15	0,782	30	1,484
17	0,422	25	1,004	35	1,551
19	0,466	50	1,306	40	1,609
20	0,487	75	1,482	45	1,660
21	0,509	100	1,607	50	1,706
22	0,529	125	1,704	55	1,747
23	0,550	150	1,784	60	1,785
24	0,570	175	1,851	65	1,820
25	0,590	200	1,909	70	1,852
26	0,610	225	1,960	75	1,882
27	0,629	250	2,006	80	1,910
28	0,648	275	2,047	85	1,937
29	0,667	300	2,085	90	1,961
30	0,685	350	2,152	95	1,985
31	0,703	400	2,210	100	2,007
32	0,721	450	2,261	105	2,028
33	0,738	500	2,307	110	2,049
34	0,755	550	2,348	120	2,087
35	0,772	600	2,386	130	2,121
36	0,789	650	2,421	140	2,154
39	0,836	900	2,563	250	2,406
40	0,851	1000	2,608	300	2,485

Fuente: Resolución No. 00001618 de mayo 7 de 2010⁵⁰

❖ Índice de contaminación por mineralización – ICOMI

El índice de contaminación por mineralización (ICOMI) incluye variables como la conductividad, la dureza y la alcalinidad. El ICOMI es el valor promedio de los índices de cada una de las tres (3) variables, las cuales se definen en un rango de 0 - 1; índices próximos a cero (0) reflejan muy baja contaminación por

⁵⁰ Ibid.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 51 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

mineralización, e índices cercanos a uno (1) lo contrario, como se presenta en la Tabla No. 2.15

Tabla No. 2.15 Variables fisicoquímicas y bacteriológicas tenidas en cuenta para la determinación de los índices de contaminación por mineralización - ICOMI.

Índices	Variable	Interpretación
ICOMI Índice de contaminación por mineralización	Conductividad	0 = Baja contaminación 1 = Alta contaminación
	Dureza	
	Alcalinidad	

Fuente: Ramírez et al., 1998⁵¹.

Para calcular el índice de contaminación por mineralización, se aplicaron las fórmulas descritas a continuación (ver Ecuación No. 2.3):

$$ICOMI = 1/3 (I. Conductividad + I. Dureza + I. Alcalinidad)$$

Ecuación No. 2.3 Índice de contaminación por mineralización

Fuente: RAMÍREZ et al, 1998

En donde:

I. Conductividad, se obtiene a partir de la siguiente expresión.

$$\text{Log}_{10} \text{ I. Conductividad} = -3,26 + 1,34 \text{ Log}_{10} \text{ Conductividad } (\mu\text{S/cm})$$

$$\text{I. Conductividad: } 10^{\text{Log. I. Conductividad}}$$

Conductividades mayores a 270 $\mu\text{S/cm}$, tienen un índice de conductividad = 1

I. Dureza: Se obtiene a partir de la siguiente expresión

$$\text{Log}_{10} \text{ I. Dureza} = -9,09 + 4,40 \text{ Log}_{10} \text{ dureza (mg/L)}$$

$$\text{I. Dureza: } 10^{\text{Log. I. Dureza}}$$

Durezas mayores a 110 mg/L tiene I. Dureza = 1

Dureza menores a 30 mg/L tiene I. Dureza = 0

I. Alcalinidad: Se obtiene a partir de la siguiente expresión

$$\text{I. Alcalinidad: } -0,25 + 0,005 \text{ Alcalinidad (mg/L)}$$

⁵¹ RAMÍREZ, Alberto; VIÑA, Alberto. Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y estadística de análisis. Impreso en Colombia, 1998.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 52 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Alcalinidades mayores a 250 mg/L tienen I.Alcalinidad:=1

Alcalinidades menores a 50 mg/L tienen I.Alcalinidad:=0

❖ Índice de contaminación por materia orgánica – ICOMO

El índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) está conformado por la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y oxígeno disuelto. Por medio de este índice, es posible determinar el grado de contaminación de los cuerpos de agua de acuerdo con cada variable considerada (ver Tabla No. 2.21).

Tabla No. 2.21 Variables fisicoquímicas y bacteriológicas tenidas en cuenta para la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO).

Índices	Variable	Interpretación
ICOMO Índice de contaminación por materia orgánica	DBO ₅	0 = Baja contaminación 1 = Alta contaminación
	Coliformes Totales	
	Oxígeno Disuelto	

Fuente: RAMÍREZ et al., 1998⁵².

Para calcular el índice de contaminación, se aplicaron las fórmulas descritas a continuación (ver Ecuación No. 2.4):

$$ICOMO = 1/3 (IDBO + IColiformes\ totales + IOxígeno\%)$$

Ecuación No. 2.4 Índice de contaminación por materia orgánica
Fuente: RAMÍREZ et al., 1998

Dónde:

$$I.DBO = -0,05 + 0,70 \text{ Log}_{10} \text{ DBO(mg/l)}$$

$$DBO > 30 \text{ mg/l} = 1 \text{ tiene } I.DBO = 1$$

$$DBO < 2 \text{ mg/l} = 0 \text{ tiene } I.DBO = 0$$

$$I.Coliformes\ Totales = -1,44 + 0,56 \text{ Log}_{10} \text{ Col.Total (NMP/1400ml)}$$

$$\text{Coliformes Totales} > 20.000 \text{ (NMP/100ml)} = 1 \text{ tiene } I.DBO = 1$$

$$\text{Coliformes Totales} < 500 \text{ (NMP/100 ml)} = 0 \text{ tiene } I.DBO = 0$$

$$I.Oxígeno\% = 1 - 0,01 \text{ Oxígeno}\%$$

$$\text{Oxígenos (\%)} \text{ mayores a } 100\% \text{ tiene } I.DBO = 0$$

⁵² Ibid.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 53 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

❖ Índice de contaminación por sólidos suspendidos – ICOSUS

El índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) se calcula con la variable de sólidos suspendidos, por medio de este índice es posible determinar el grado de contaminación de los cuerpos de agua de acuerdo con la variable considerada (ver Tabla No. 2.22 y Ecuación No. 2.5).

Tabla No. 2.22 Variable fisicoquímica para la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO)

Índices	Variable	Interpretación
ICOSUS Índice de contaminación por sólidos suspendidos	Sólidos suspendidos	0 = Baja contaminación 1 = Alta contaminación

Fuente: Ramírez et al., 1998⁵³.

$$\text{ICOSUS} = -0,02 + 0,0003 \text{ Sólidos suspendidos (mg/l)}$$

Ecuación No. 2.5 Índice de contaminación por sólidos suspendidos
Fuente: RAMÍREZ et al, 1998

Sólidos suspendidos > a 340 mg/l tienen un ICOSUS=1

Sólidos suspendidos < a 10 mg/l tiene un ICOSUS=0

Para los índices de contaminación ICOMI, ICOMO e ICOSUS, se establece los rangos de calificación de la calidad del agua y sus características de acuerdo con el grado de contaminación (ver Tabla No. 2.23).

Tabla No. 2.23 Rangos y características de los ICOS

ICO	Contaminación	Caracterización	Escala de Color
0 – 0,2	Ninguna	Aguas puras y quizás con aportes biogénicos	
>0,2 – 0,4	Baja	Con leve incidencia antrópica	
>0,4 – 0,6	Media	Notable actividad antrópica	
>0,6 – 0,8	Alta	Incidencia importante de contaminación	
>0,8 – 1	Muy Alta	Áreas muy contaminadas	

Fuente: RAMÍREZ et al., 1998⁵⁴

Sedimentos continentales

Para los sedimentos continentales se tomaron como valores de referencia los reportados por la guía canadiense “*Canadian Sediment Quality Guidelines for the*

⁵³Ibid.

⁵⁴Ibid.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 54 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

protection of aquatic life"⁵⁵, la cual sintetiza las relaciones entre la concentración de químicos en sedimentos y cualquier efecto biológico adverso que se pueda presentar⁵⁶.

Los límites establecidos por dicha guía son:

- ISQG (*Interim Sediment Quality Guidelines*): Referido al estándar intermedio de la calidad del sedimento, que representa la concentración bajo la cual se espera que raramente ocurran efectos biológicos adversos.
- PEL (*Probable effect levels*): Referido al nivel de efecto probable, que define el nivel sobre el cual se espera la ocurrencia frecuente de efectos biológicos adversos, más de un 50% de los efectos adversos ocurren.

Estos valores definen tres (3) rangos de concentraciones de químicos: el rango de efecto mínimo dentro del cual efectos adversos raramente ocurren (menos de un 25% de efectos adversos bajo el ISQG), el rango de efectos posibles dentro del cual los efectos adversos ocurren ocasionalmente, y el rango de efecto probable dentro del cual efectos biológicos adversos ocurrirán frecuentemente (más de del 50% de los efectos adversos ocurre sobre el PEL)⁵⁷.

En la Tabla No. 2.24 se presentan los valores de referencia para los parámetros que aplican en las estaciones de muestreo de sedimentos continentales.

Tabla No. 2.24 Normativa canadiense para sedimentos continentales

Sedimentos continentales		
Parámetro	ISQG	PEL
Cobre, mg Cu/kg	35,7	197
Cromo, mg Cr/kg	37,3	90
Zinc, mg Zn/kg	123	315

Fuente: *Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of aquatic life*⁵⁸

⁵⁵ CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT – CCME. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Guidance on the Site-Specific Application of Water Quality Guidelines in Canada: Procedures for Deriving Numerical Water Quality Objectives. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999. [En línea] < <http://ceqg-rqce.ccme.ca/en/index.html> > [Consultado 11, septiembre, 2015]

⁵⁶ FUNDACIÓN CHILE. Proyecto derrame de hidrocarburos quebradas Blanca, Choya y Maní, propuesta selección valores de referencia internacionales suelos/sedimentos, Chile, 2013 [en línea] <http://www.snifa.sma.gob.cl/> [citado el 25 de septiembre de 2015]

⁵⁷ Ibid.

⁵⁸ CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT – CCME. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Guidance on the Site-Specific Application of Water Quality Guidelines in Canada: Procedures for Deriving Numerical Water Quality Objectives. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999. [En línea] < <http://ceqg-rqce.ccme.ca/en/index.html> > [Consultado 11, septiembre, 2015]

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 55 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

✓ *Calidad del agua y sedimentos marinos*

Con el fin de conocer la calidad del agua y sedimentos marinos en Bahía Colombia, se definieron siete (7) estaciones ubicadas en el área de influencia del proyecto.

Tipo de muestreo aguas marinas

Las muestras tomadas de calidad del agua marina fueron de tipo integrado en la profundidad; las siete (7) estaciones fueron distribuidas en el área de influencia del proyecto donde se tiene planteada la construcción y operación de las obras marítimas del terminal portuario en Bahía Colombia, de la cuales, cinco (5) se distribuyeron en el área de influencia de la plataforma marina y el área del dragado de profundización para las actividades de maniobra y canal de acceso, una (1) estación en el área del botadero propuesto para la disposición final del material dragado y la última estación (1) de control entre el botadero y área de dragado.

Parámetros evaluados

De acuerdo con los términos de referencia establecido por la Resolución 0112 de 2015⁵⁹ para puertos marítimos de gran calado, se consideraron los parámetros presentados en la Tabla No. 2.25 para la caracterización fisicoquímica y bacteriológica del agua marina y en la Tabla No. 2.26 para la caracterización fisicoquímica de los sedimentos marinos, que serán susceptibles de intervención por la construcción y operación del terminal portuario en Bahía Colombia.

La medición de los parámetros fisicoquímicos se efectuó bajo normas técnicas y métodos oficialmente aceptados en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012, en las metodologías oficialmente aceptadas y bajo los criterios establecidos por el Decreto 1076 del 2015⁶⁰ por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

⁵⁹ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0112 (Enero, 28, 2015). Op cit.

⁶⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1076 (mayo, 26, 2015). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Sección 3 Criterios de calidad para destinación del recurso. Bogotá D.C., 2015.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 56 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

Tabla No. 2.25 Relación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos a analizar

Caracterización	Parámetro	Unidad
Física	Temperatura	°C
	Sólidos suspendidos totales	mg/L
	Sólidos disueltos totales	mg/L
	Sólidos sedimentables	mL/L-h
	Conductividad eléctrica	uS/cm
	Potencial de Hidrógeno – pH	Unidades de pH
	Turbiedad	UNT
	Color Real	m ⁻¹
Química	Oxígeno disuelto (OD)	mg/L
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂
	Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco (5) días (DBO5)	mg/L O ₂
	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L NTK
	Fósforo Total	mg/L P
	Grasas y aceites	mg/L
	Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃
	Acidez Total	mg/L CaCO ₃
	Dureza Cálcica	mg/L CaCO ₃
	Dureza Total	mg/L CaCO ₃
	Fenoles Totales	mg/L
	Arsénico	mg/L
	Bario	mg/L
	Cadmio	mg/L
	Cinc	mg/L
	Cromo	mg/L
	Cobre	mg/L
	Mercurio	mg/L
	Níquel	mg/L
	Plata	mg/L
	Plomo	mg/L
	Selenio	mg/L
	Clorofila a	mg/L CHLa
	Clorofila b	mg/L CHLb
	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	mg/L HAP
	Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 57 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Caracterización	Parámetro	Unidad
Bacteriológico	Coliformes totales	NMP/100 mL
	Coliformes fecales	NMP/100 mL

Fuente: Resolución 0112 del 28 de enero de 2015

Tabla No. 2.26 Relación de los parámetros fisicoquímicos a analizar

Caracterización	Parámetro	Unidad
Física	Temperatura	°C
	Potencial de Hidrógeno – pH	Unidades de pH
Química	Grasas y aceites	mg/L
	Arsénico	mg/L
	Bario	mg/L
	Cadmio	mg/L
	Cinc	mg/L
	Cromo	mg/L
	Cobre	mg/L
	Mercurio	mg/L
	Níquel	mg/L
	Plata	mg/L
	Plomo	mg/L
	Selenio	mg/L
	Hidrocarburos Totales	mg/L
	Fenoles	mg/L
	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	mg/L HAP
	Carbono Orgánico Total	mg/L COT
	Sulfuro Ácido Volátil	mg/L S ⁻²
Fósforo Total	mg/L	
Nitrógeno Total	mg/L	

Fuente: Resolución 0112 del 28 de enero de 2015

Metodología de muestreo y transporte

El muestreo realizado fue de tipo manual por medio de una botella Van Dorn vertical, siguiendo las directrices plasmadas en el procedimiento interno ENVI-OPE-P-02 de muestreo de agua a cargo de la empresa SGS Colombia S.A., la cual cuenta con una acreditación por el IDEAM bajo Resolución 2310 del 8 de septiembre de 2014.

Los sedimentos marinos se tomaron en la primera capa del fondo en Bahía Colombia, para la medición de los parámetros se trabajará con la fracción fina del sedimento (< 200 µm, primeros m, en base seca). El análisis de la información contribuirá a la identificación clara del estado ecológico que presenta el área de influencia del componente oceanográfico.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 58 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

El muestreo y transporte de las muestras se realizó de manera que se garantizara su integridad física, química y biológica durante el período transcurrido entre la toma y los análisis de las mismas; aplicando métodos de preservación internacionalmente aceptados entre otros como el control de pH, adición de compuestos químicos y control de temperatura al refrigerar las muestras a 4 °C, utilizando hielo para tal fin.

Análisis de los resultados del laboratorio

Para realizar el análisis de la información proveniente de las estaciones en Bahía Colombia, se efectuó una interpretación de las concentraciones obtenidas y se realizó una comparación con los criterios establecidos en el Decreto Único Ambiental 1076 de 2015⁶¹

Así mismo, según los resultados de la caracterización se realizó la aplicación del Índice de Calidad de las Aguas Marinas y Costeras (ICAM), el cual es un indicador que facilita la interpretación de la calidad del ambiente marino, la evaluación del impacto de las actividades antropogénicas y la toma de medidas de prevención y recuperación para valorar la calidad de las aguas marinas, es decir su capacidad de soportar la vida marina y los procesos biológicos.

La formulación del ICAM utiliza de manera integral (Ecuación No. 2.6) las ocho variables mínimas oxígeno disuelto, nitratos (NO₃), sólidos suspendidos totales (SST), coliformes termotolerantes (CTE), pH, hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y ortofosfatos (PO₄), como determinantes de procesos naturales y antropogénicos en aguas marino-costeras. Cada variable se califica por la concentración medida, según sus valores de aceptación o de rechazo que debe cumplir con los estándares preestablecidos y considerados aptos para proteger el hábitat del ecosistema marino.

$$ICAM = (\prod_{i=1}^n x_t^{wi})^{\sum_i^1 wi}$$

Ecuación No. 2.6 Índice de calidad del agua marina y costera (ICAM)
Fuente: INVEMAR⁶²

Dónde,

ICAM = es la calidad del agua en función de la destinación del recurso y la concentración de cada una de las variables.

61 COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1076 (mayo, 26, 2015). Op Cit.
62 INVEMAR. Op.cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 59 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

X_i = subíndice de calidad de la variable i

W_i = factor de ponderación para cada subíndice i , según su importancia dentro del ICAM, el cual se pondera entre cero y uno (valor de importancia).

El indicador representa la calidad del recurso hídrico marino, en donde la calificación se ajusta a las curvas de calidad con valores entre 0 y 100 de acuerdo con la escala de descriptiva para preservación de flora y fauna (ICAM) en aguas marino-costeras (ver Tabla No. 2.27).

Tabla No. 2.27 Escala de valoración del índice de calidad de aguas marinas – ICAM

Escala de calidad	Color	Categoría	Descripción
Óptima	Azul	100 – 90	Calidad excelente del agua
Adecuada	Verde	90 – 70	Agua con buenas condiciones para la vida acuática
Aceptable	Amarillo	70 – 50	Agua que conserva buenas condiciones pero pocas restricciones de uso
Inadecuada	Naranja	50 – 25	Agua que presenta muchas restricciones de uso
Pésima	Rojo	25 - 0	Aguas con muchas restricciones que no permiten un uso adecuado

Fuente: INVEMAR⁶³

✓ *Calidad de sedimentos marinos en la profundidad*

Para conocer las características del sedimento de profundidad que serán extraídos durante las actividades de dragado de profundización, se realizó el monitoreo de tres (3) puntos en el Golfo de Urabá, ubicados en el lecho marino alrededor del área correspondiente a la zona del terminal marítimo y el viaducto.

Las muestras fueron tomadas el 25 de marzo del 2015 durante la exploración de las características geotécnicas de la zona. Posteriormente, fueron enviadas a Bogotá para la realización de los análisis fisicoquímicos en laboratorios debidamente acreditados ante el IDEAM.

El primer laboratorio contratado fue ANTEK S.A. donde se analizaron los siguientes parámetros: Potencial de Hidrogeno, fosforo total, cobre, cadmio, bario, cromo hexavalente, selenio, hidrocarburos totales (HCT) e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's). Adicionalmente, se contrató con el laboratorio Analquim LTDA los siguientes parámetros: arsénico, carbono orgánico total (COT), cromo, fenoles, grasas y aceites, mercurio, níquel, nitrógeno total, plata, plomo, temperatura y zinc. Por último se contrató el análisis de Sulfuro Acido Volatil (SAV) con SGS S.A., quienes a su vez, subcontrataron el parámetro con el laboratorio

⁶³ INVEMAR. Op. cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 60 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

Dr. Calderon Labs. El análisis de los parámetros se hizo tomando como referencia el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22d Edition 2012 de la EPA (Estados Unidos)

Puntos de toma de muestras

Las muestras de sedimento de profundidad analizadas, fueron extraídas de las perforaciones hechas para la exploración de los subsuelos en el lecho marino en la zona de influencia del proyecto en Bahía Colombia dentro del Golfo de Urabá. La Tabla No. 2.28 presenta las coordenadas planas Magna-Sirgas origen Bogotá de cada una de ellas. En cada punto se tomaron cuatro (4) muestras a diferentes profundidades. La ubicación de los puntos es presentada en la Figura No. 2.8.

Tabla No. 2.28 Coordenadas planas de las perforaciones

Perforación	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS Origen BOGOTÁ	
	ESTE	NORTE
PF-8	703.242,56	1.370.757,58
PF-9	702.766,57	1.370.550,31
PF-10	702.771,47	1.371.303,17

Fuente: PIO S.A.S. (2015)

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 61 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

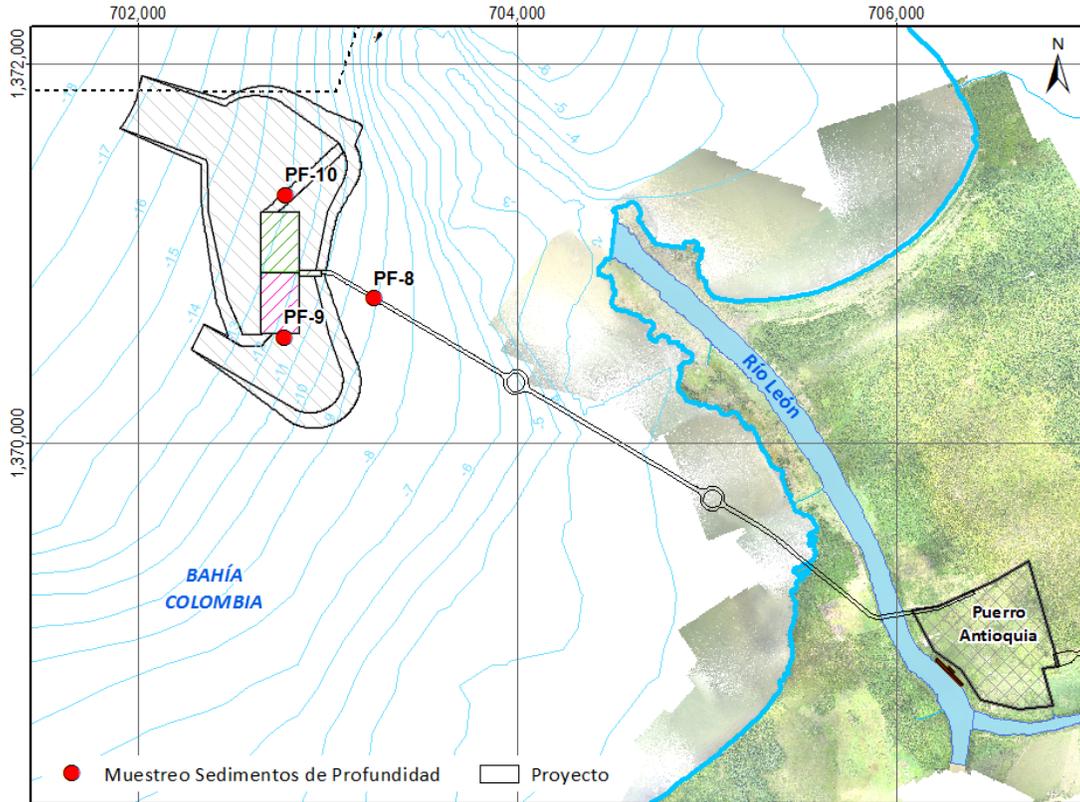


Figura No. 2.8 Ubicación de las perforaciones

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S. (2015)

Muestreo y tipo de muestra:

Para la recolección de las muestras de sedimento se utilizaron tubos Shelby, los cuales son tubos de acero de pared delgada utilizados para la perforación y extracción de muestras de suelo relativamente no perturbadas⁶⁴. Dentro de estos mismos implementos se transportaron las muestras hasta el laboratorio acreditado para analizar los parámetros. En cada punto se tomaron cuatro (4) muestras a diferentes profundidades, tal como se observa en la Tabla No. 2.29. Tabla No. 2.29 Profundidad de toma de muestrasEl objetivo del muestreo era conocer a fondo las características fisicoquímicas del lecho marino en el sector donde se realizará el dragado de profundización en el área que será destinada para maniobras de las embarcaciones y canal de acceso, de tal forma que la

64 HERRERA HERBERT, J., & CASTILLA GÓMEZ, J. (2012). Utilización de técnicas de sondeos en estudios geotécnicos. Madrid, España.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO				
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES			Página 62 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01			Revisión:	

información sirva como insumo para evaluar los impactos ambientales asociados a esa actividad y a la disposición del material dragado en la zona destinada para ese propósito.

Tabla No. 2.29 Profundidad de toma de muestras

Perforación	Rango de profundidad (m)			
	M1	M2	M4	M5
PF-8	9-9,6	12-12,6	18-18,6	20,5-21,1
Muestra	M1	M2	M3	M4
PF-9	12.0-12.6	15.0-15.6	18.0-18.6	21.0-21.6
PF-10	13.0-13.6	15.75-16.35	18.5-19.1	21.25-21.50

Fuente: PIO S.A.S. (2015)

Parámetros evaluados

La medición de los parámetros fisicoquímicos se efectuó bajo normas técnicas y métodos oficialmente aceptados en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012, en las metodologías oficialmente aceptadas y bajo los criterios establecidos por el Decreto 1076 del 2015⁶⁵ emitido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ver Tabla No. 2.30)

Tabla No. 2.30 Parámetros evaluados y métodos de referencia y técnicas analíticas empleados para la determinación

Parámetro		Unidad	Técnica Analítica	Método de Referencia	Laboratorio
Físicos	Temperatura	°C	Termómetro	SM 2550 B	ANALQUIM LTDA
	Potencial de Hidrogeno - pH	Unidades de pH	Electrométrico	SW846	ANTEK
Químicos	Grasas y aceites	mg/kg	Extracción Soxhlet	EPA -9071 B	ANALQUIM LTDA
	Arsénico	mg/kg As	A.A. Generador de Hidruros	SM 3114 C	ANALQUIM LTDA
	Bario	mg/kg	I.C.P	EPA 3050 B - SM 3120B	ANTEK
	Cadmio	mg/kg	E.A.A	EPA 3050 B - SM 3113B	ANTEK
	Zinc	mg/kg Zn	A.A de Llama	SM 3111 B	ANALQUIM LTDA

⁶⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1076 (mayo, 26, 2015). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Sección 3 Criterios de calidad para destinación del recurso. Bogotá D.C., 2015.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 63 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Parámetro	Unidad	Técnica Analítica	Método de Referencia	Laboratorio
Cromo	mg/kg Cr	A.A de Llama	SM 3111 B	ANALQUIM LTDA
Cromo hexavalente	mg/kg	Colorimétrico	SM 3500 Cr B	ANTEK
Cobre	mg/kg	E.A.A	EPA 3050 B - SM 3111B	ANTEK
Mercurio	mg/kg Hg	A.A - Vapor frío	SM 3112 B	ANALQUIM LTDA
Níquel	mg/kg Ni	A.A: de Llama	SM 3111 B	ANALQUIM LTDA
Plata	mg/kg Ag	A.A de Llama	SM 3111 B	ANALQUIM LTDA
Plomo	mg/kg Pb	A.A de Llama	SM 3111 B	ANALQUIM LTDA
Selenio	mg/kg	E.A.A.E	EPA 3050 B - SM 3113B	ANTEK
Hidrocarburos Totales	%	Extracción por Ultrasonido/infrarrojo	NMX-AA-145-SCFI-2008 y SM 5520 CF	ANTEK
Fenoles	mg/kg	Directo (4-aminoantipirina)	SM 5530 D	ANALQUIM LTDA
HAP's	mg/kg	Cromatografía de gases - FID	EPA 3550B-EPA 8100	ANTEK
Carbono Orgánico Total	mg/kg	Colorimetría	NTC 5403	ANALQUIM LTDA
Sulfuro Ácido Volátil	mg/kg	-	LBC 371 Anderson and Wilson	Dr. Calderón Labs
Fósforo Total	mg/kg	Digestión - Colorimétrico	SM 4500 - P B.4 SM 4500-PE	ANTEK
Nitrógeno Total	mg/kg	Titulométrico H2SO4	NTC 5889	ANALQUIM LTDA

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S. (2015)

Análisis de los resultados de laboratorio

A partir de los resultados presentados por el laboratorio, se compararon los valores con referentes internacionales de calidad del sedimento marino, dentro de las cuales se encuentran los reportados en la norma CEDEX de España⁶⁶, específicos para material de dragado (ver Tabla No. 2.31). Con base en esta comparación se podrá establecer si las características de los sedimentos de profundidad en la zona cumplen con los requerimientos para que no exista inferencia directa con la biota acuática en el área de influencia del proyecto.

⁶⁶ MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS TRANSPORTE Y MEDIO AMBIENTE. (1994). Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles. Madrid, España.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 64 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Tabla No. 2.31 Referentes internacionales en calidad de sedimentos marinos

Parámetro		CEDEX (España) ⁴	
		AL1	AL2
Físicos	Temperatura	-	-
	Potencial de Hidrogeno - pH	-	-
Químicos	Grasas y aceites	-	-
	Arsénico	80,00	200,00
	Bario	-	-
	Cadmio	1,00	5,00
	Zinc	500,00	3000,00
	Cromo	200,00	1000,00
	Cromo hexavalente	-	-
	Cobre	100,00	400,00
	Mercurio	0,60	3,00
	Níquel	100,00	400,00
	Plata	-	-
	Plomo	120,00	600,00
	Selenio	-	-
	Hidrocarburos Totales	-	-
	Fenoles	-	-
	HAP's	-	-
	Carbono Orgánico Total	-	-
	Sulfuro Ácido Volátil	-	-
Fósforo Total	-	-	
Nitrógeno Total	-	-	

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S. (2015)

AL1 y AL2: Nivel de acción 1 y 2. Valores utilizados para la clasificación del nivel de contaminación del material dragado, utilizando las siguientes categorías.

- Categoría I: cuando el valor es menor a AL1
- Categoría II: cuando el valor obtenido se encuentra entre AL1 y AL2
- Categoría IIIa: cuando el valor se encuentra entre AL2 y ocho (8) veces el valor de AL2
- Categoría IIIb: cuando el valor es ocho (8) veces mayor a AL2

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 65 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

En la categoría I se ubican aquellos materiales procedentes de dragado cuyos efectos químicos y bioquímicos sobre la flora y la fauna acuática son nulos o insignificantes. En la categoría II se encuentran los materiales con concentraciones moderadas de contaminantes, por lo tanto pueden ser vertidos al mar de forma controlada. Finalmente, a la categoría III pertenecen los materiales con concentraciones elevadas de contaminantes, estos deben recibir algún tratamiento o ser aislados del mar. Dentro de la categoría III encontramos dos subgrupos:

- La categoría IIIa corresponde a materiales que requieren técnicas de gestión de aislamiento blandas tales como el confinamiento subacuático y el vertido en recinto acuático o terrestre.⁶⁷
- La categoría IIIb son aquellos materiales que requieren técnicas de tratamiento duro como el vertido en recintos con características específicas (paredes impermeables, dispositivos de control de lixiviados, entre otros) para el almacenamiento de estos, el tratamiento “on line” antes de realizar los vertimiento en el mar y la solidificación o inertización para la disposición en tierra.

Para el análisis de los parámetros que no cuentan con valores de referencia en la normativa española o que no pudieron ser analizados por las restricciones técnicas del laboratorio (Sulfuro Acido Volátil, Carbono Orgánico Total, Bario, Cadmio, etc.) se consultó información secundaria en bases de datos como Science Direct.

✓ *Información secundaria histórica de calidad del agua continental y marina - REDCAM*

Adicionalmente, para evaluar la calidad del agua continental y marina, se tomó la información de cinco (5) estaciones de monitoreo una sobre el río León y las demás sobre la desembocadura del río León a Bahía Colombia y en Bahía Colombia por la red de calidad de agua marina (REDCAM) del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés - INVEMAR⁶⁸,

⁶⁷ Ibid.

⁶⁸ INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS JOSÉ BENITO VIVES DE ANDARÉIS – INVEMAR. Red de monitoreo de aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. [En línea] <<http://siam.invemar.org.co/siam/redcam/estadisticas/index.jsp>> [citado el 06 de julio de 2015]

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 66 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

donde se extrajo el promedio histórico de las estaciones en las dos temporadas de la época lluviosa y época seca entre los años de 2001 y 2014.

En la Tabla No. 2.32 y en la Figura No. 2.9 se presenta la localización de las estaciones ubicadas en el área de influencia por la Red de monitoreo de aguas marinas y costeras de Colombia REDCAM, las cuales aportan información para el análisis de la calidad del agua.

Tabla No. 2.32 Ubicación estaciones de la REDCAM en el área de estudio

Estación	Descripción	Lugar	Coordenadas Geográficas	
			Latitud	Longitud
C05003001	C05URBAC013	Desembocadura del Río León-DGI013	7° 56' 26.8" N	76° 45' 15.6" W
C05003002	C05URBAC015	(Frente) km después Río León - DGI015	7° 56' 53" N	76° 46' 7.1" W
C05003006	C05URGUR001	Golfo de Urabá-DG001	7° 58' 2.2" N	76° 48' 31.7" W
C05003007	C05URGUR002	Golfo de Urabá-DG002	7° 58' 2.1" N	76° 53' 58.3" W
C05003015	C05URBAC014	km arriba del Río León-DGI014	7° 55' 13.6" N	76° 44' 35.3" W
C05003046	DGI030	Bahía Colombia	7° 59' 44" N	76° 50' 57.3" W

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015 con información de la REDCAM

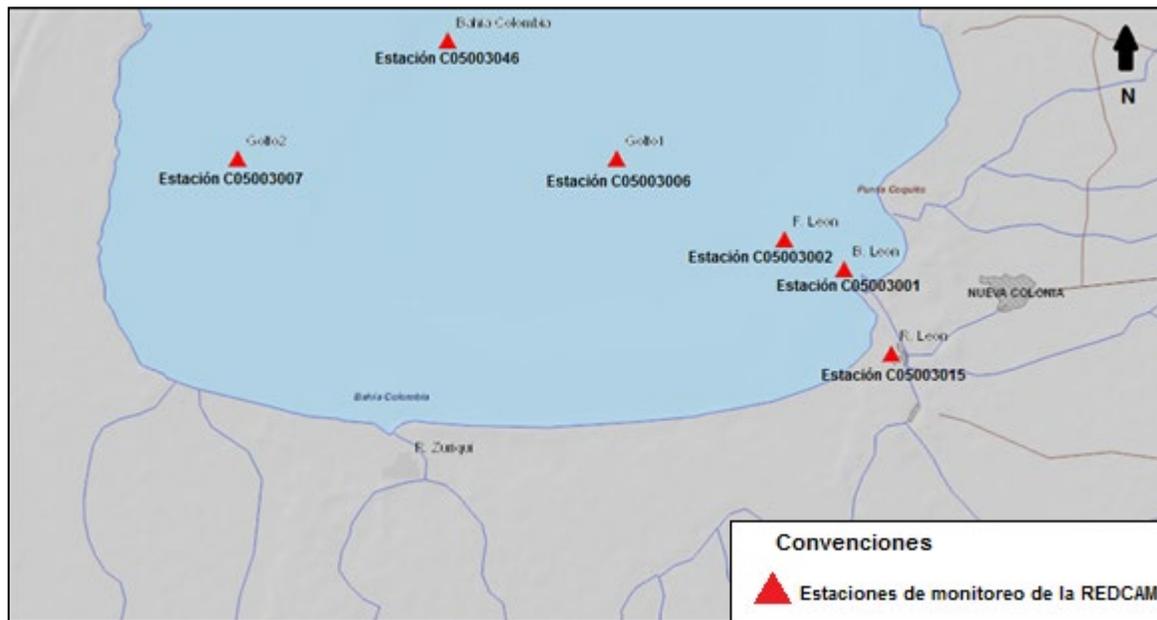


Figura No. 2.9 Localización de las estaciones de la REDCAM- calidad del agua continental y marina
Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015 con información de la REDCAM

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 67 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

2.3.1.7 Usos del agua

Para identificar los usos y usuarios actuales del agua se hizo un inventario con información suministrada por Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABA de las concesiones y vertimientos autorizados ubicados a 5 km a la redonda del área de influencia abiótica del proyecto.

Como información de referencia se tomó el Estudio Nacional del Agua (ENA 2014)⁶⁹ en el que se definen tres niveles de unidades hidrográficas: áreas, zonas y subzonas. A partir de la concepción de los mismos, se describe la oferta hídrica superficial y el desarrollo de los diferentes indicadores hídricos para la subzona del río León.

De los indicadores relacionados por el Estudio Nacional del Agua, se tuvo en cuenta para el presente estudio el Índice de uso del agua (IUA), Índice de retención y regulación hídrica (IRH) y el Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH).

Cabe anotar que para la cuenca del río León no existe a la fecha Plan de Manejo y Ordenación (POMCA) por lo tanto no se lograron definir las metas y objetivos de calidad establecidos por la autoridad ambiental para dicha cuenca.

2.3.1.8 Hidrogeología

Para determinar la conformación de las diferentes unidades litológicas en profundidad para la zona de influencia se emplearon los registros geofísicos de los pozos existentes, la información de prospecciones geofísicas previas, y la información de campañas de exploración relativamente recientes enfocadas a la caracterización del subsuelo para el proyecto portuario que se quiere adelantar en la zona.

Las actividades que se llevaron a cabo para alcanzar el objetivo principal son las siguientes:

⁶⁹ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM, MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL -MAVDT. Estudio Nacional del Agua. Bogotá, 2014. 493 p. ISBN: 978-958-8067-70-4.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 68 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

- Revisión de información secundaria enfocada a la determinación de las características hidrogeológicas del área de influencia, de acuerdo con CORPOURABA⁷⁰, UNAL⁷² y PIO S.A.S⁷³.
- Realización de plano con los pozos con registros en el área de estudio.
- Se seleccionaron los pozos considerados de interés (por su profundidad, localización).
- Interpretación de los registros geofísicos de los pozos de interés.
- Recopilación y elaboración de columnas litoestratigráficas partiendo de la interpretación de los registros geofísicos, y geomecánicos disponibles.
- Se realizó perfiles hidrogeológicos representativos entre las columnas estratigráficas.
- Se definió el modelo hidrogeológico del área de influencia.
- Se definió el diagrama de bloque aplicable para el acuífero en la zona.

2.3.1.9 Oceanografía

A continuación se presentan las diferentes actividades desarrolladas para la caracterización oceanográfica:

✓ *Calidad de agua marina*

Se presentó en el ítem de *Calidad del agua y sedimentos para aguas continentales y marinos*, la ubicación de las estaciones de muestreo y los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos realizados para la caracterización de la columna de agua marina y los sedimentos marinos en Bahía Colombia,

⁷⁰ CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABÁ - CORPOURABÁ. Modelo hidrogeológico conceptual del acuífero del golfo de Urabá elaborado a partir de la interpretación de información geológica y geofísica. 2013.
⁷¹ CORPOURABÁ. Evaluación de la información hidrogeológica derivada de la perforación de pozos profundos y de sondeos eléctricos verticales. 2011.

⁷² CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABÁ - CORPOURABÁ, UNIVERSIDAD NACIONAL - UNAL. Hidrogeología del acuífero del Eje Bananero de Urabá. 2010.

⁷³ PIO S.A.S., EDIFICA COLOMBIA Ltda. Ingeniería básica y de detalle, compras y suministro de materiales, construcción, montaje y puesta en operación de las obras requeridas para la fase 1 del terminal portuario Puerto Antioquia ubicado en la desembocadura del río León, en el golfo de Urabá, departamento de Antioquia. Estudio Geotécnico para Ingeniería Conceptual. 2015.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 69 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

distribuidos en el área de intervención del dragado de profundización para las maniobras de los buques, el canal del acceso, el botadero para la disposición final del material dragado y punto de control entre el botadero y el área de dragado.

✓ *Oleaje*

- Batimetría

Para este estudio se realizaron dos modelos digitales del terreno, uno antes de las obras, es decir, situación actual, y otro después de las obras proyectadas, es decir situación futura. El Modelo de la situación actual tiene en cuenta las condiciones iniciales del área de estudio; para esto se utilizó el Atlas Cartográfico de los Océanos y Costas suministrado por la Dirección General Marítima y elaboradas por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas – CIOH⁷⁴, además de la batimetría de detalle del sectores de dragado y propuesto para el Botadero Las cartas náuticas que contienen la zona de estudio son la 412 y la 625, la cual se muestra en la Figura No. 2.10.

El segundo modelo o condición final, tiene en cuenta el dragado de la dársena de maniobras, el canal de acceso y la cota final del botadero, después del vertido de material; para esto se utilizaron los insumos de la batimetría general y de detalle inicial y se sobrepuso el diseño final del dragado y el vertido que se pretende realizar en la zona de estudio (Figura No. 2.11 y Figura No. 2.12).

⁷⁴ DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA (DIMAR) y CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS (CIOH). Atlas cartográfico de los océanos y costas de Colombia. 2ª edición. Publicación 3007. Bogotá: 2005. 105 p.

	<p align="center">MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANULES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO</p>	
	<p align="center">OBJETIVOS Y GENERALIDADES</p>	<p align="right">Página 70 de 206</p>
	<p align="center">GAT-391-15-CA-AM-PIO-01</p>	<p>Revisión: <table border="1" style="display: inline-table; width: 50px; height: 20px; vertical-align: middle;"><tr><td> </td></tr></table></p>

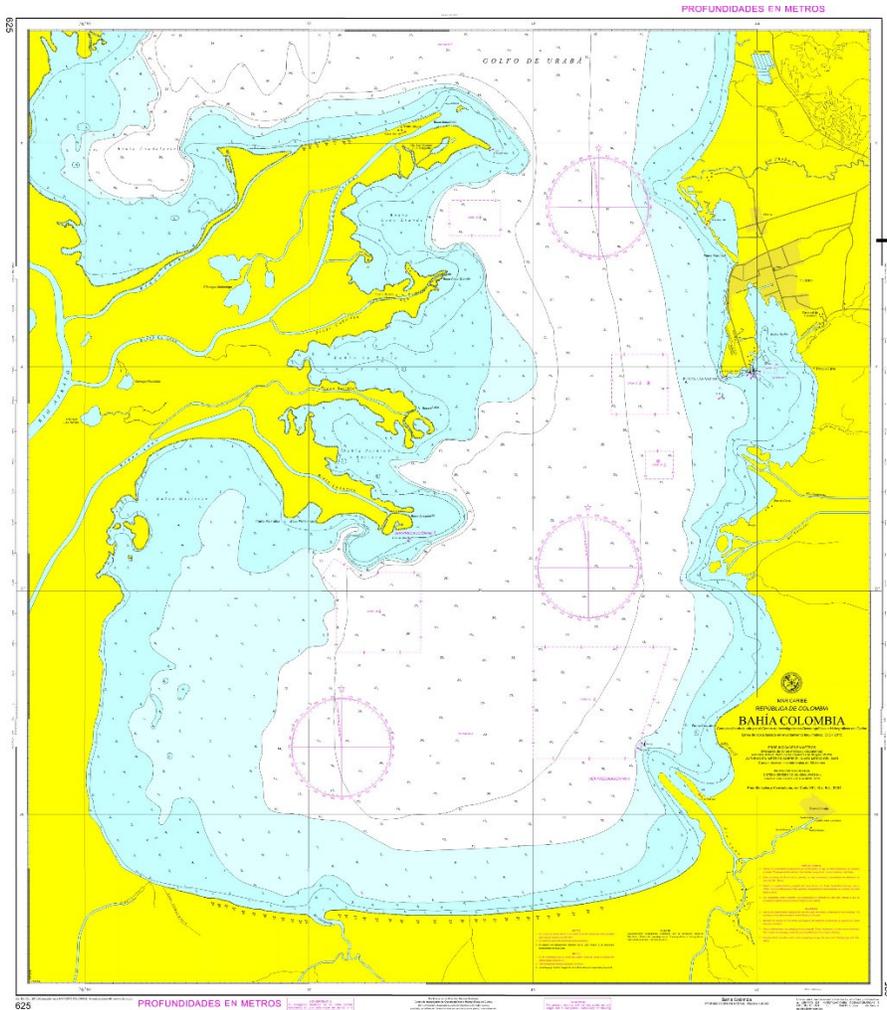


Figura No. 2.10 Carta náutica 625⁷⁵
Fuente: Dirección General Marítima.

⁷⁵ DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA (DIMAR) y CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS (CIOH). Atlas cartográfico de los océanos y costas de Colombia. 2ª edición. Publicación 3007. Bogotá: 2005. 105 p.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 71 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

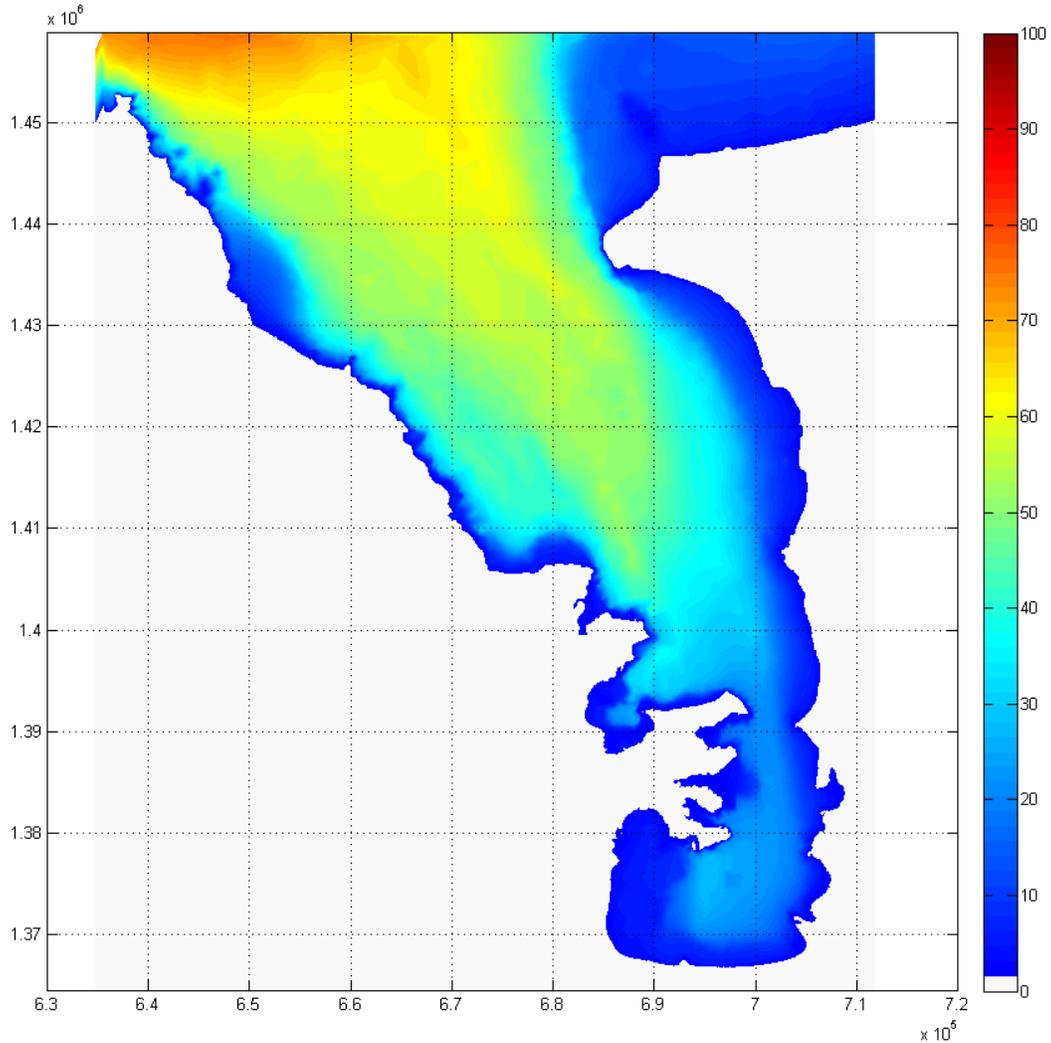


Figura No. 2.11 Batimetría Inicial General interpolada
 Fuente: Elaboró Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANULES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 72 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

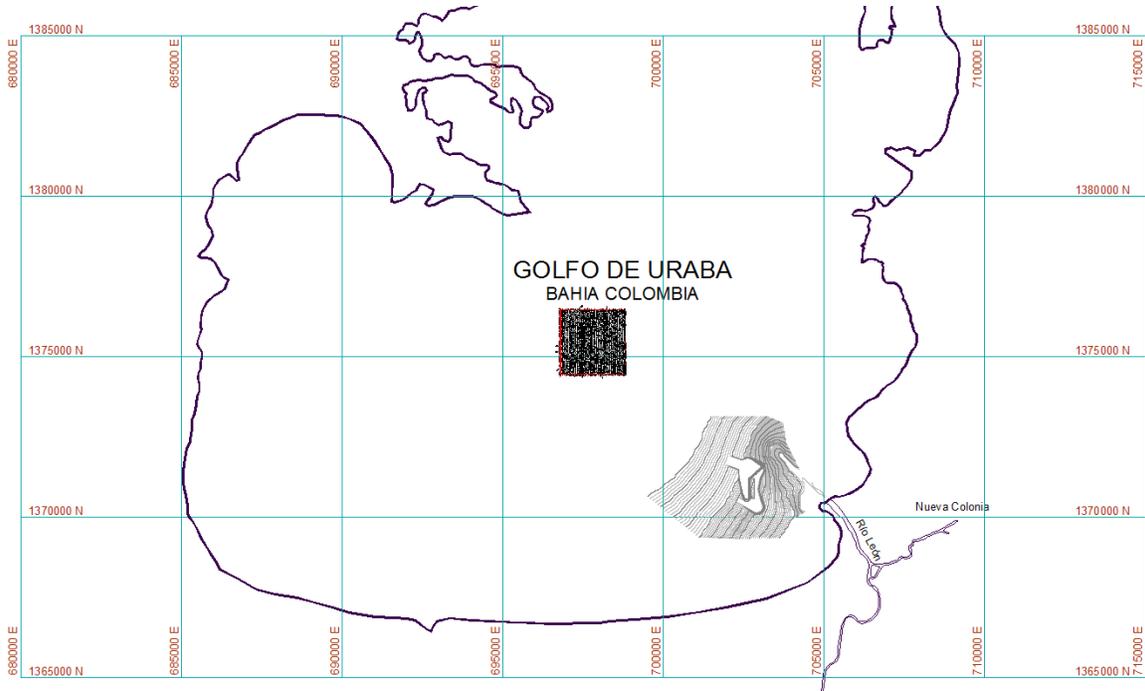


Figura No. 2.12 Batimetría Detalle del diseño del dragado de la dársena y de la zona de Botadero.
Fuente: Aqua&Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015.

El análisis de los datos de oleaje instrumental los cuales fueron obtenidos de la boya de la DIMAR⁷⁶, ubicada en Barranquilla en coordenadas 11°9'41.0"N y 74°44'00"W (928.364,26E; 1.726.165,0N) (Figura No. 2.13). Es importante resaltar la relevancia que tiene para el país un proyecto como el que se viene desarrollando por parte de DIMAR, en conjunto con sus centros de investigación, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) y el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP); gracias al cual se cuenta con información instrumental que permite tener un mejor conocimiento del clima de oleaje a lo largo de las dos costas colombianas, desde hace ya algunos años. Este trabajo ha demandado gran cantidad de recursos y de tiempo, pero todo esto se ve reflejado en la calidad de la información con la que se cuenta actualmente. Esta serie de datos, de resolución temporal horaria, presenta una longitud de registro desde marzo de 2006 y terminando en abril de 2009. Cabe resaltar que, si bien la información que posee la DIMAR va hasta el 2014, Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, solo tiene acceso a los datos que se

⁷⁶ DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA (DIMAR)

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 73 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

mencionan anteriormente. Dicha serie no es continua pues presenta varios registros nulos, los cuales se pueden apreciar en los espacios en blanco de la serie, por lo que es muy difícil extraer un comportamiento de la serie, debido a que no existe un año continuo de medición, lo cual no permite establecer como es la variación de la altura de ola a lo largo del año. Lo que podemos ver de la gráfica es que en los primeros meses del año la magnitud de la altura de ola tiene valores máximos y que los meses de agosto y septiembre se presentan valores mínimos.



Figura No. 2.13 Ubicación de la Boya de Barranquilla.
Fuente: Google Earth™ (2013), modificado Aqua&Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015.

✓ *Modelo WaveWatchIIITM*

Para el estudio de la acción del oleaje sobre la zona de estudio fue necesario analizar el clima marítimo a partir de los resultados de modelos físico-matemáticos de gran escala, debido a que no existe una boya instrumental en las cercanías de la zona de estudio. Es claro que, los datos de la boya de Barranquilla no son suficientes para un análisis adecuado del clima marítimo en la zona de estudio, por su escasa longitud de registros, pero si es importante resaltar que permite calibrar los modelos numéricos que se tienen.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 74 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

El modelo WaveWatchIII™ es un modelo de ondas espectrales de tercera generación que incluye interacciones entre la atmósfera y los campos de oleaje; el modelo muestra excelentes resultados con errores medios cuadráticos típicos del 15% respecto a la altura de ondas observadas, particularmente en regiones tropicales, presentando pobres aproximaciones en regiones de altas latitudes. El modelo resuelve la ecuación de densidad espectral con las propiedades medias como profundidad del agua y corrientes, considerando que el campo de la onda varía en el tiempo y el espacio mucho más que una simple onda. El modelo puede ser aplicado en escalas espaciales desde 1 a 10 km y por fuera de la zona de rompientes del oleaje. La ecuación que gobierna el modelo incluye la refracción y difracción del campo de oleaje, con variaciones espaciales y temporales de la profundidad media del agua y de las corrientes cuando se aplica. Los procesos físicos consideran el crecimiento y decrecimiento de la onda por acción del viento. La propagación del oleaje es considerada con un comportamiento lineal, con efectos no lineales como los ya mencionados. El programa proyecta resultados de la onda tales como altura de ola significativa (H_s), dirección (θ), frecuencias, espectros, entre otros.

Es así como fueron utilizados los datos del modelo WaveWatchIII™. El modelo utilizó inicialmente los datos del programa del Análisis del Clima del Pacífico, el cual pronosticó datos de oleaje mediante la utilización de información de vientos del NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1996), con datos cada 6 horas a 10 m de altura, donde el viento fue utilizado como el forzamiento principal. La serie pronosticada de oleaje fue calibrada con información de las boyas oceanográficas de la NOAA, National Data Buoy Center (NDBC).

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES		Página 75 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01		Revisión:

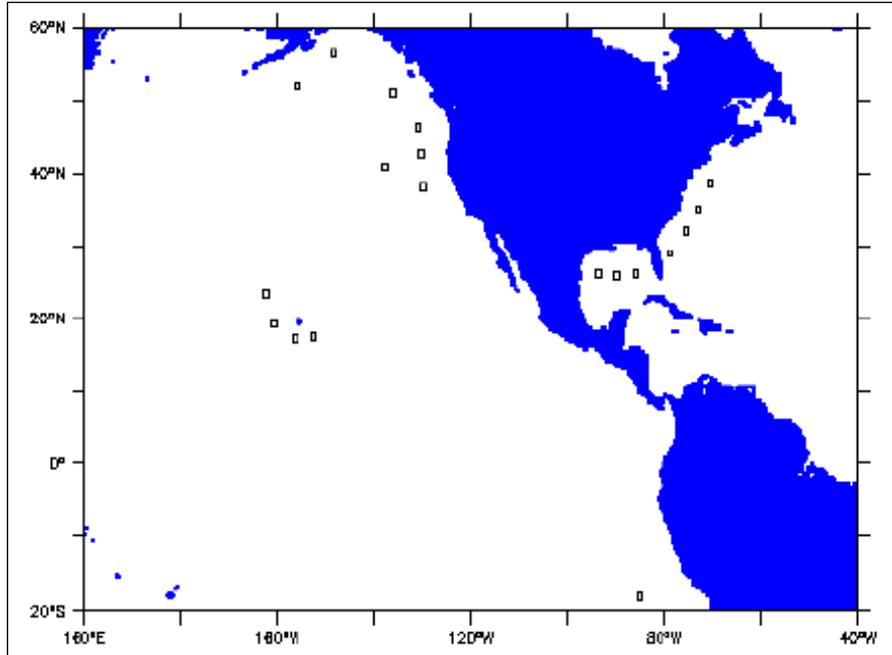


Figura No. 2.14 Ubicación de las boyas de la NOAA, con cuyos datos fue calibrado el modelo
Fuente: WaveWatchIII™. Tomado de Caires et al (2002).

Los datos disponibles del modelo se encuentran distribuidos espacialmente sobre el Caribe Colombiano sobre una malla $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ (ver Figura No. 2.15), el punto WW_Barranquilla corresponden a la serie de WaveWatchIII™ que se utilizó para calibrar los datos del modelo con los datos de la boya de Barranquilla, la serie ubicada en el punto WW_GOLFO es la serie utilizada para obtener el régimen medio en profundidades indefinidas cuya resolución temporal es de una hora y registró variables tales como Hs, Tp y θ comprendidas entre los años 1999 y 2014.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 76 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

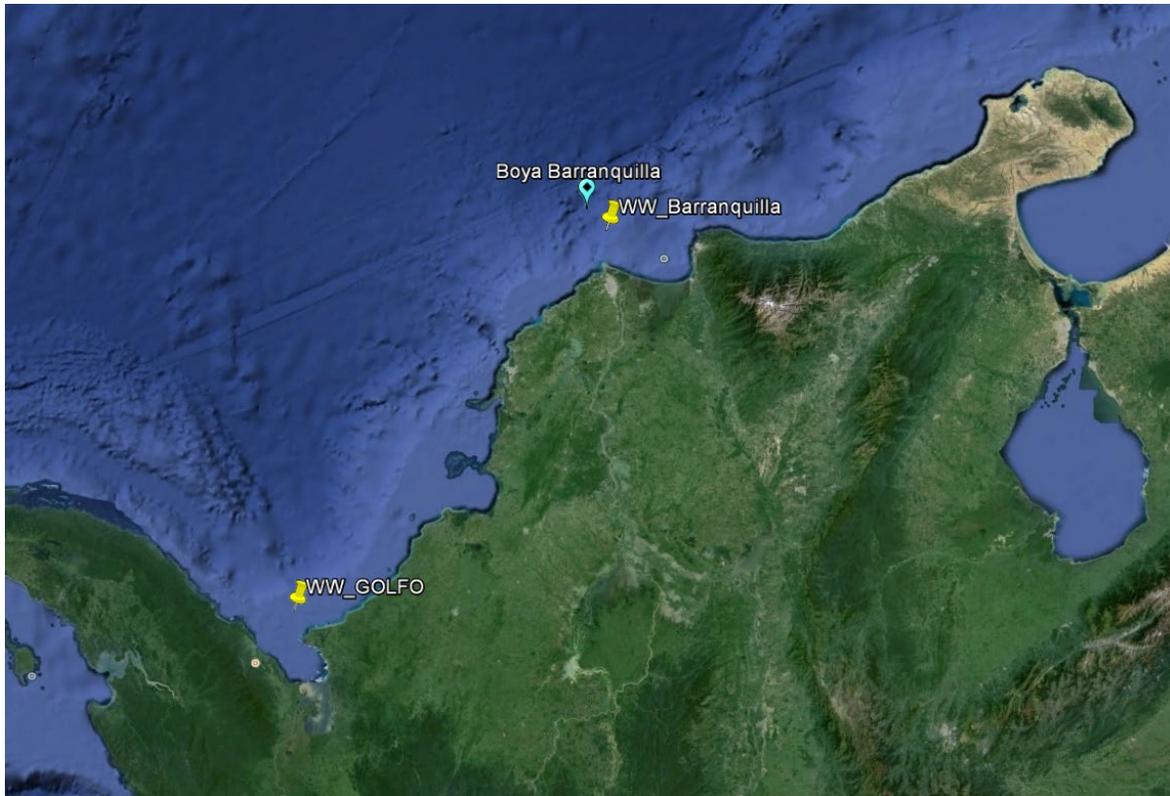


Figura No. 2.15 Sitios con información de oleaje del proyecto WaveWatchIII™. El punto WW_Barranquilla corresponden a la serie de WaveWatchIII™ que se utilizó para calibrar los datos del modelo con los datos de la boya de Barranquilla y el punto WW_GOLFO es la serie utilizada para obtener el régimen medio en profundidades indefinidas.
Fuente: Aqua&Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015

✓ *Calibración del oleaje*

Con el fin de calibrar los datos del modelo WaveWatchIII™ se utilizaron los datos de la boya de Barranquilla. El procedimiento de calibración de la serie consistió en lo siguiente: 1) Se buscó una de la boyas virtuales obtenidas con el modelo WaveWatchIII™ cercano a la ubicación de las boyas, en este caso se trabajó con los datos de la boya virtual ubicada en 11°15'00"N 74°45'00"W (926,566.04E 1,735,971.54N) , 2) Una vez que se tienen los datos del modelo y los datos de la boya, se buscan todos los datos que correspondan a la misma fecha en las dos series, 3) Con los pares de datos se realiza una regresión lineal entre los datos de modelo y los datos de la boya, ambos con igual nivel de probabilidad de no-excedencia, con el fin de obtener los parámetros de calibración de la series de oleaje para la altura de ola significativa y 4) Se le aplican los parámetros de calibración a la serie de WaveWatchIII™ en el Golfo de Urabá.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 77 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

✓ *Vientos estación turbo*

Debido a que en el Golfo de Urabá el oleaje de fondo se puede ver afectado cuando entra a este y su magnitud puede disminuir drásticamente por efectos de refracción y difracción, se consideró modelar a parte el efecto que tiene el oleaje de viento o local al interior del golfo de Urabá. El oleaje de viento o local en geografías como el golfo de Urabá y bahía Colombia, puede tener más relevancia en el oleaje de fondo. Todo va a depender de la configuración del golfo y de la longitud de desarrollo (o FETCH).

Para alimentar un modelo que convierta el viento en oleaje, se utilizaron los datos registrados por la estación Turbo, propiedad del International Station Meteorological Climate Summary (ISMCS), la cual estuvo ubicada en el sector de Punta Las Vacas en el Municipio de Turbo, Antioquia, y tiene registros entre enero de 1949 y mayo de 1984. La información disponible de esta estación no es la serie de tiempo de magnitud y dirección del viento sino los estadísticos de probabilidad ocurrencia del viento durante todo el periodo de registro por intervalos de magnitud para las 16 direcciones principales.

✓ *Propagación del oleaje*

La propagación del oleaje se realizó con la finalidad de obtener una caracterización del oleaje (Altura significativa y dirección), a lo largo de la zona de estudio y con mayor detalle en las inmediación del botadero propuesto, tal que permita establecer el efecto de este en la dinámica litoral de la zona de estudio (ver Figura No. 2.16).

Los casos de propagación permiten obtener una imagen cualitativa y cuantitativa del proceso de propagación desde profundidades indefinidas hasta la zona de estudio, permitiendo detectar zonas de concentración o dispersión del oleaje, conocer el ángulo de incidencia del oleaje y su altura (magnitud) una vez ha pasado por los diferentes procesos que sufre el oleaje al acercarse hacia la costa. Este trabajo se divide en cuatro tipos de propagaciones, la primera y la segunda, consisten en determinar el régimen medio de oleaje, a partir de la información del oleaje de fondo y local, en la zona de estudio sin obras, con esto establecemos las condiciones existentes en la zona de estudio y la segunda es con los mismos casos de propagación, pero con la batimetría modificada por el proyecto. Esto servirá para conocer los impactos que tiene el botadero sobre la dinámica litoral de la zona de estudio.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANULES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 78 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

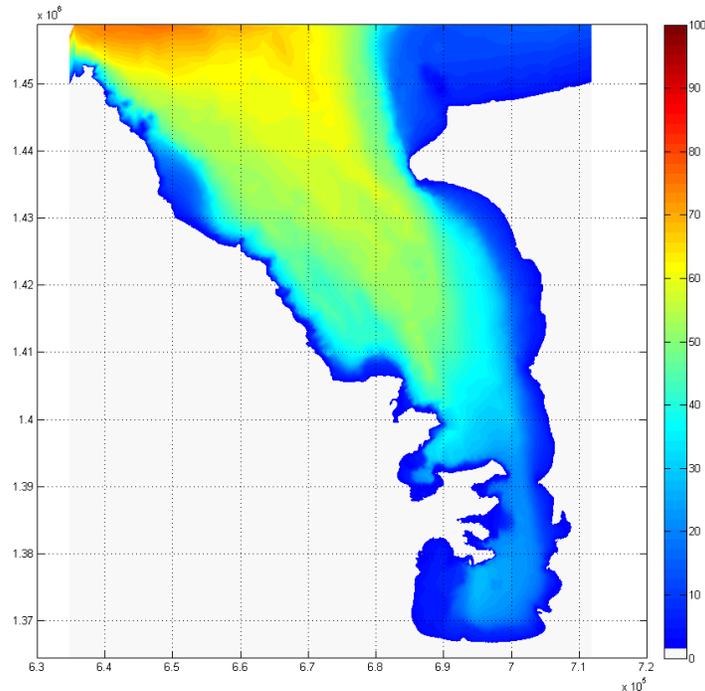


Figura No. 2.16 Zona de estudio (tomada de la unión de las cartas náuticas).
Fuente: Aqua&Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015

Este estudio se realizó con ayuda del modelo SWAN y del Sistema de Modelado Costero de Colombia (SMC-COL), ajustado a las batimetrías de las costas colombianas por el Grupo de Investigaciones Oceanográficas y Costeras de la Universidad de Cantabria (GIOC), con la ayuda de la Dirección General Marítima (DIMAR). El SMC-COL integra una serie de modelos numéricos, que permiten dar un soporte práctico a la correcta aplicación de la metodología de trabajo para la Ingeniería Costera.

✓ *Corrientes por rotura*

Como es conocido, la rotura del oleaje genera corrientes adicionales que se manifiestan a través del tensor de radiación, las cuales se deben estimar para evaluar los efectos que tendría el proyecto sobre el litoral circundante a este. Para conocer su comportamiento, es necesario utilizar un modelo que determine el tensor de radiación del oleaje a partir de los resultados de altura e incidencia del oleaje obtenido en la propagación, calculando el campo de corrientes y niveles debido a dichos tensores de radiación. Para lograr esto se acoplo el modelo SWAN al módulo de flujo del modelo DELFT 3D.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 79 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

✓ Descripción del modelo DELFT 3D

Delft3D es un sistema de modelado integrado de flujo y transporte orientado al medioambiente acuático que resuelve las ecuaciones de Navier-Stokes para aguas someras con la hipótesis de presiones hidrostáticas y la aproximación de Boussinesq. Las formulaciones matemáticas incluidas en el modelo permiten tener en cuenta los siguientes fenómenos físicos.

- Efectos de la rotación de la Tierra (fuerza de Coriolis).
- Efectos baroclínicos.
- Masas de turbulencia inducida y flujos de momentos (modelos de cierre turbulento).
- Transporte de salinidad, temperatura y otras sustancias conservativas.
- Forzamientos de marea en contornos abiertos.
- Variaciones espacial y temporal de la tensión tangencial del viento en la superficie de la masa de agua.
- Variaciones espaciales de la tensión tangencial en el fondo.
- Variaciones espacial y temporal de la presión atmosférica en la superficie.
- Variación temporal de fuentes y sumideros (i.e. descargas en ríos).
- Inundación y secado de bajos mareales.
- Flujos de calor.
- Efecto del oleaje.

✓ Caso de propagación y mallas

Para caracterizar el campo de corrientes de la zona de estudio, se seleccionó el caso de oleaje que es superado doce horas por año, para la dirección predominante en aguas profundas y así estimar el comportamiento de las corrientes en el sector de estudio. A continuación (Tabla No. 2.33 y Figura No. 2.17) se muestran las mallas de propagación utilizadas para estimar corrientes de oleaje.

Tabla No. 2.33 Datos de mallas utilizadas en el módulo de flujo del modelo DELFT 3D.

Nombre	Origen X, Origen Y	Angulo	Tamaño celdas (m)	[Nodos]
M1	696000,1366700	0	25 x 25	Variable

Fuente: Elaborada por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 80 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

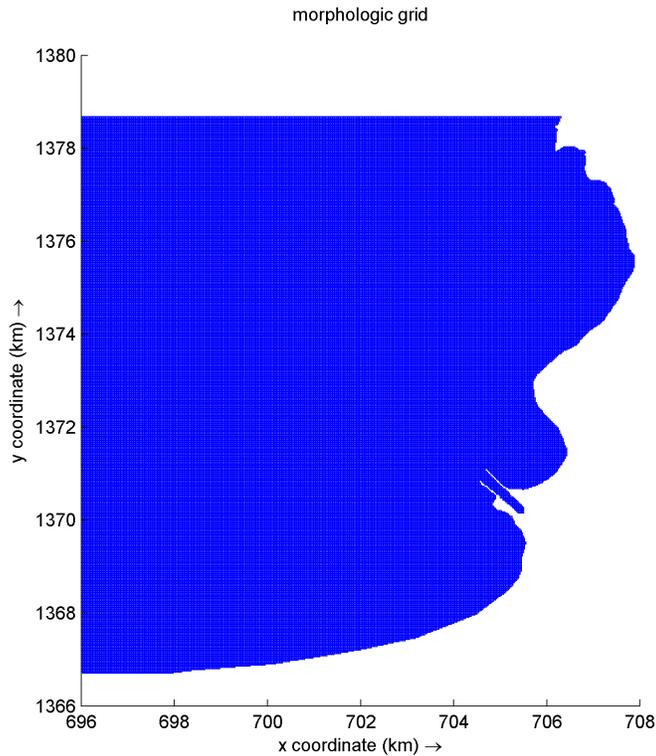


Figura No. 2.17 Mallas para la propagación de corrientes. F1, malla sobre batimetría con la condición actual para oleaje extremal.
Fuente: Elaborada por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015.

✓ *Mareas*

La marea astronómica se define como el conjunto de movimientos regulares de ascenso y descenso del nivel del mar con periodos próximos a las 12 o 24 horas que se producen por los efectos gravitacionales del sistema tierra-luna-sol. Desde el punto de vista práctico, es necesario conocer el comportamiento de las ondas de mareas, especialmente para predecir la amplitud de la misma en un instante y lugar determinado. Es por ello que una forma para abordar el estudio de su comportamiento consten en considerar la marea astronómica como la suma de un numero finito de ondas, cuya amplitud y fase son conocidas debido a que se han asociado con algunos movimiento planetarios.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 81 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

De acuerdo con la hipótesis anterior, varios investigadores han trabajado en el desarrollo de componentes periódicas de la fuerza tractora como forzamiento generado de la marea. Darwin y Doodson consiguieron llevar a efecto esta descomposición realizando un análisis astronómico teniendo en cuenta los movimientos de la tierra, luna y sol, a partir del cual determinaron la frecuencia e importancia relativa de cada una de las componentes.

La descomposición se realiza básicamente asumiendo que las fuerzas generadoras producidas por la luna y el sol en sus trayectorias variables, son generadas por un número finito de planetas ficticios. Cada uno de estos planetas gira alrededor de la tierra con una órbita circular situada en el plano del Ecuador a una velocidad angular constante, y se seleccionan de tal modo que, uno o la combinación de varios de ellos, reproduzcan la frecuencia de una determinada perturbación astronómica.

✓ *Metodología de cálculo*

La descripción y predicción de la marea en una localización dada puede hacerse mediante lo que se denomina análisis armónico de mareas, el cual consiste en descomponer los registros de nivel del mar en un número finito de ondas cuyo periodo y fase han sido perfectamente establecidos, dado que coinciden con los periodos de algunos de los movimientos astronómicos relativos entre la Tierra, La luna y el sol, como ha sido descrito anteriormente. En líneas generales el método de análisis armónico consiste en medir el nivel del mar durante cierto periodo de tiempo y obtener, a partir de dicho registro las amplitudes y fases de las ondas componentes. A estos parámetros se les llama componentes armónicas, debido a la suposición implícita de que las respuestas de mares y océanos a las fuerzas de marea no cambian en el tiempo. En este caso el método que se va a presentar es el elaborado por Dronkers (1964) y basado en los mínimos cuadrados.

La marea astronómica se aproxima, entonces a la suma de esas ondas constituyentes de la siguiente manera:

$$S_{MA}(t) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i + \cos(\bar{\omega}_i t + \varphi_i)$$

Donde:

- a_0 es la amplitud del nivel medio de referencia
- a_i es la amplitud de la onda i
- ω_i es la frecuencia de la onda componente i

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 82 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

- ϕ_i es el desfase de la onda componente i
- t es el instante en que se calcula la marea
- n es el número de componentes consideradas

A continuación se obtendrán las componentes armónicas para predecir los eventos de marea en un periodo que está comprendido entre 01 de enero de 1990 y el 01 de enero de 2000. Las componentes armónicas fueron obtenidas del modelo TPXO, que es uno de los modelos globales de marea más precisos, el cual proporciona cuatro componentes armónicas semidiurnas (M2, S2, N2, K2), cuatro componentes diurnas (K1, O1, P1, Q1), dos de largo periodo (Mf y Mm) y tres de periodo corto (M4, Mn4, Ms4) en una malla con cobertura global de 1440 x 721 puntos con 0.25° de resolución espacial. En este estudio se ha utilizado la base de datos más reciente, TPXO7.2. En la Figura No. 2.18 se muestra la localización del punto TPXO más cercano a la zona de estudio.

Tabla No. 2.34 Componentes armónicos de marea, obtenidos del TPXO

Componente	Frecuencia	Periodo (hr)	Amplitud (m)	Fase (°)
m2	28.984101	12.42	0.0693	151.22
s2	30	12	0.0168	12.35
n2	28.43973	12.66	0.0255	120.74
k2	30.082137	11.97	0.0052	0.04
k1	15.041069	23.94	0.0937	239.45
o1	13.943036	25.8	0.0576	240.29
p1	14.958931	24.07	0.029	244.4
q1	13.398661	26.87	0.0082	236.03
mf	1.098033	328	0.0168	356.53
mm	0.544375	661	0.0081	353.33
m4	57.96821	6.2103	0.0019	151.72
ms4	58.984104	6.1033	0.005	340.28
mn4	57.423	6.2393	0.0018	193.14

Fuente: Aqua&Terra Consultores Asociados S.A.S, 2014

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 83 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

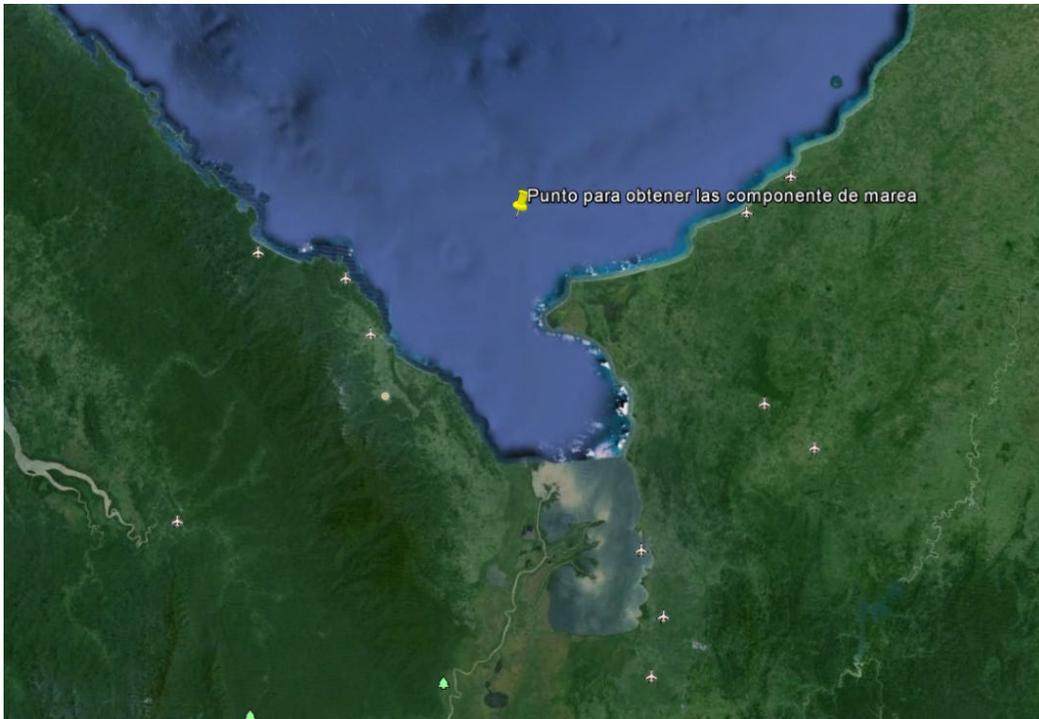


Figura No. 2.18 Localización del punto donde se obtuvieron las componentes armónicas del TPXO.
Fuente: Aqua&Terra Consultores Asociados S.A.S, 2014.

Con las componentes obtenidas del TPXO y la ecuación que relaciona la amplitud y la fase de estas, se construyó la serie de marea astronómica para el punto en las afueras del golfo.

2.3.1.10 Geotecnia

Los estudios geotécnicos para el área de estudio fueron realizados por EDIFICA. A continuación se describe la metodología utilizada durante el desarrollo de estos estudios.

Para la etapa de diseño conceptual se realizaron 10 perforaciones entre 70 m y 100 m de profundidad (siete (7) en agua y tres (3) en tierra) y cuatro (4) piezoconos CPTu (dos (2) en agua y dos (2) en tierra). En la Tabla No. 2.35 y en la Figura No. 2.19 se presenta la localización de los puntos de exploración.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 84 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Tabla No. 2.35 Ubicación de las perforaciones y ensayos de piezocono

TIPO	SONDEO	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS Origen BOGOTÁ	
		ESTE	NORTE
Perforación	PF-1	706,662.69	1,368,775.85
	PF-2	706,510.00	1,369,064.68
	PF-3	706,332.47	1,368,921.89
	PF-4	705,925.06	1,369,079.51
	PF-5	705,364.76	1,369,492.76
	PF-6	704,771.00	1,369,850.88
	PF-7	703,990.25	1,370,309.87
	PF-8	703,242.56	1,370,757.58
	PF-9	702,766.57	1,370,550.31
	PF-10	702,771.47	1,371,303.17
Ensayo de piezocono	CPT-F-1	706,520.54	1,368,987.12
	CPT-F-2	704,419.08	1,370,052.44
	CPT-F-3	702,780.13	1,370,937.74
	CPT-F-4	706,355.40	1,369,054.60

Fuente: EDIFICA, 2015

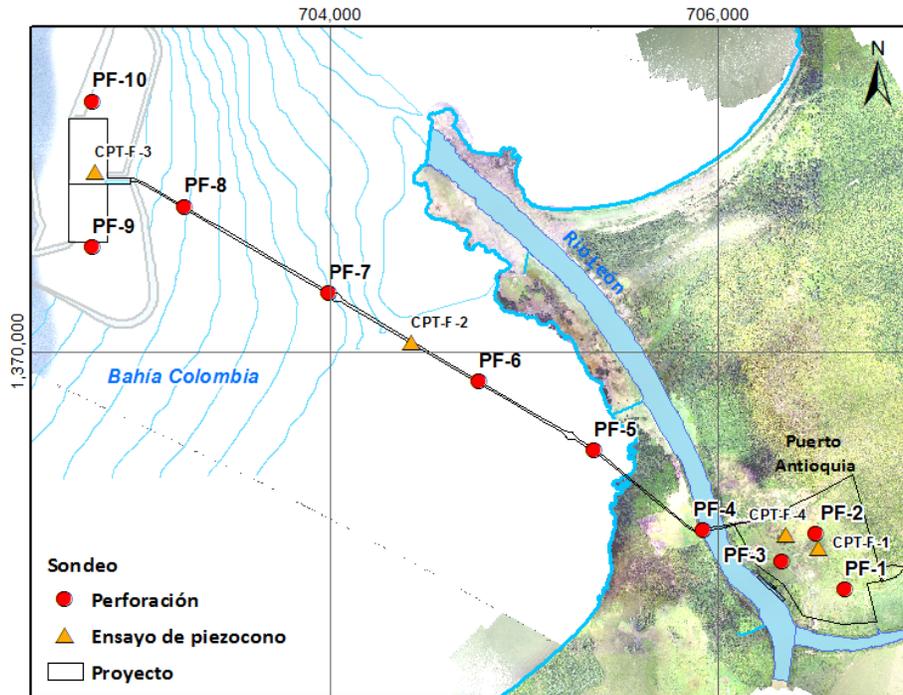


Figura No. 2.19 Localización de los puntos de exploración geotécnica
Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015 con información de EDIFICA

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 85 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Adicionalmente, se realizaron varios tipos de ensayos de laboratorio dentro de los cuales se encuentran ensayos de clasificación geotécnica, resistencia, compresibilidad, ensayos dinámicos, resistividad eléctrica, y hasta caracterización del agua subterránea.

La etapa de investigación del subsuelo incluyó también la instalación de piezómetros de tubo abierto tipo Casagrande. Estos se instalaron en las perforaciones PF-1, PF-2 y PF-3 localizadas en tierra y en la perforación PF-5 localizada en agua.

Se contó con una estación climatológica para los trabajos costa afuera para llevar un registro diario de temperatura, humedad relativa, lluvia y velocidad del viento.

❖ Perforaciones

La exploración del subsuelo se realizó mediante perforaciones utilizando los siguientes equipos (ver Fotografía No. 2.1):

Taladro de perforación hidráulico ST-51 para perforaciones en tierra

Taladro de perforación hidráulico TP-50D para perforaciones en agua

Barcaza de UNIBAN para operación de equipo TP-50D en agua.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 86 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	



Fotografía No. 2.1 Equipos para la exploración del subsuelo en agua
Fuente: EDIFICA, 2015

En las perforaciones se realizaron diferentes tipos de ensayos y toma de muestras (alteradas e inalteradas). Los ensayos consistieron en Ensayo de Penetración Estándar SPT (ASTM D1586), ensayo de penetración California Modificado MC (ASTM D3550), ensayo de veleta de campo (VS) (ASTM D2573), ensayo de veleta de laboratorio (VL) y ensayo de resistencia la penetración medida con el penetrómetro de bolsillo (Rp). Las muestras corresponden a las obtenidas de los ensayos SPT y MC, a muestras con tubos Shelby de pared delgada hincados a presión, muestras con avance del muestreador a rotación con broca en forma de sierra y muestras en tubo metálico para los lodos del fondo del mar.

Los ensayos de penetración SPT y MC se realizaron aplicando golpes al muestreador con una energía estándar. Los equipos que utilizaron cuentan con martillo automático, el cual ofrece la ventaja de mayor uniformidad en la energía transmitida. El ensayo SPT mide la resistencia de penetración mediante el conteo del número de golpes necesario para que el muestreador penetre una distancia de un pie dentro del terreno, y permite obtener muestras alteradas en suelos granulares y en suelos finos. Este tipo de muestra es de 3,5 cm de diámetro y sirve para identificar el tipo de suelo que es perforado y realizar en el laboratorio ensayos de humedad natural y clasificación. Dado su alto grado de alteración, estas muestras no permiten hacer ensayos de resistencia ni de compresibilidad.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 87 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

El ensayo MC también mide la resistencia de forma similar al SPT, pero como el muestreador es de mayor diámetro, se debe realizar una conversión para pasar el número de golpes de MC a SPT equivalente (el número de golpes del MC se multiplica por 0,55 para obtener el SPT equivalente). El número de golpes por pie indicado en los registros de perforación es el conteo realizado en el campo, sin ningún tipo de corrección.



Fotografía No. 2.2 Equipos para la exploración del subsuelo en tierra
Fuente: EDIFICA, 2015

Las muestras obtenidas con el ensayo MC son de 6,35 cm de diámetro. Este ensayo es muy utilizado en la ingeniería práctica, especialmente de la costa oeste de los Estados Unidos. Con el MC se obtienen muestras “relativamente inalteradas”, tanto en suelos granulares como en suelos finos de consistencia firme a dura, que permiten hacer ensayos de compresibilidad y resistencia al corte. Las muestras salen del muestreador encapsuladas en un tubo de plástico o en anillos de bronce que las protege durante la manipulación y el transporte.

Los muestreadores de tubo Shelby se utilizan en suelos de consistencia blanda a media y también salen del muestreador encapsuladas en un tubo plástico que evita su alteración durante la manipulación y el transporte.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 88 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Los muestreadores con broca en forma de sierra permiten tomar muestras inalteradas en suelos de consistencia dura. Durante el muestreo no se utiliza agua para evitar la alteración de la muestra.

❖ Ensayos de piezocono CPTu

El ensayo CPTu se realizó de acuerdo con la norma ASTM D5778. Dicho ensayo consiste en empujar dentro del terreno un penetrómetro electrónico con punta cónica a una velocidad de 2 cm/s. El penetrómetro utilizado en este proyecto tiene un área de sección transversal de 10 cm² y una capacidad de 10 toneladas. El penetrómetro está instrumentado con una serie de sensores que permiten medir al penetrar en el suelo la resistencia por la punta, la resistencia por fricción, la presión del agua en los poros del suelo, la inclinación, la temperatura y cuenta con un acelerómetro que permite medir la velocidad de propagación de ondas normales y de cortante.

Las mediciones del piezocono se registran en el campo con un computador y luego los datos obtenidos se aplican mediante un software (CPeT-IT) a una serie de correlaciones que permite inferir diversos parámetros del suelo tales como compresibilidad y deformación, resistencia, permeabilidad, etc. Los datos de CPTu se utilizan para determinar la capacidad de pilotes y cimentaciones superficiales.

❖ Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio en este proyecto corresponden a los siguientes:

- 1) Ensayos básicos y de clasificación: Humedad natural, peso unitario, límites de Atterberg (o límites de consistencia), gravedad específica, granulometría por tamizado e hidrómetro, lavado por el tamiz No. 200, contenido de carbonatos, contenido de materia orgánica, contenido de sales, pH y corrosión.
- 2) Ensayos de compresibilidad: consolidación, compresión triaxial CU.
- 3) Ensayos de resistencia: compresión inconfiada, compresión triaxial UU (no consolidado, no drenado), triaxial CU (consolidado, no drenado), corte directo.
- 4) Ensayos de caracterización sísmica: columna resonante, bender element en muestras confinadas e inconfiadas.
- 5) Ensayos de caracterización fisicoquímica de agua artesiana: De acuerdo con instrucciones recibidas de la Interventoría, se tomó una muestra del

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 89 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

agua artesiana en la Perforación PF-2 y se sometió a ensayos de caracterización.

- 6) Ensayos de resistividad eléctrica en el suelo determinada en el laboratorio y de resistividad eléctrica en el agua medida en el mar y en el Río León.

❖ Zonificación geotécnica

La zonificación geotécnica, se realizó de acuerdo con los resultados de ensayos de penetración estándar, ensayos de penetración con cono holandés, ensayos de corte con veleta de campo, compresiones inconfiadas, ensayos de corte directo, y triaxiales sobre las muestras recuperadas, basada en características resistentes del material del subsuelo siguiendo las siguientes premisas presentadas en la Tabla No. 2.36. La zonificación geotécnica se representó en una escala de trabajo 1:10.000.

Tabla No. 2.36 Clasificación Geotécnica del material del subsuelo acorde a resistencia a la penetración (Suelos principalmente Granulares) y Resistencia al Corte no drenado (Suelos Principalmente cohesivos)

Nomenclatura	Clasificación Geotécnica del Material (Consistencia/Densidad Relativa)	Resistencia a la Penetración Estandar (Nspt)	Resistencia al Corte no Drenado (Su) (Kg/cm ²)	Código de Colores
1	(Muy Blando/Muy Suelto) - Depósito fluvio-marino principalmente lodolitas, con material arcillo limoso, e intercalaciones de arena. Humedad y plasticidad alta.	Nspt < 2 golpes	Su < 0,25	
2	(Blando/Muy Suelto) - Depósito fluvio-marino arcillo limoso, con intercalaciones de arena. Humedad y plasticidad alta.	2 < Nspt < 4 golpes	0,25 < Su < 0,50	
2	(Poco compacto/Suelto) - Arcilla limosa de alta plasticidad, humedad media a baja.	4 < Nspt < 8 golpes	0,50 < Su < 1,00	
3	(Compacto/Densidad Media) - Arcilla limo arenosa, plasticidad media, humedad media a baja.	8 < Nspt < 15 golpes	1,00 < Su < 2,00	
4	(Muy Compacto/Densidad Media) - Arena limosa, con intercalaciones de arcillas, humedad media.	15 < Nspt < 30 golpes	2,00 < Su < 4,00	
6	Duro/Denso a muy denso - Arenas con matriz arcillosa, humedad media.	Nspt > 30 golpes	Su > 4.00 Kg/cm ²	

Fuente: Elaboró Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANULES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 90 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

2.3.1.11 *Atmosfera*

El componente atmosférico se realizó en tres subcomponentes: clima, calidad del aire y ruido ambiental.

✓ *Clima*

El clima en el área de influencia del proyecto, se realizó con información secundaria del Estudio de Impacto Ambiental⁷⁷ que soporta la licencia ambiental otorgada mediante Resolución 0032 de 2012⁷⁸.y demás información consultada en el Atlas del Golfo de Urabá⁷⁹ y del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

✓ *Calidad del aire*

La calidad del aire en el área de influencia del proyecto se caracterizó con información secundaria del Estudio de Impacto Ambiental⁸⁰ que soporta la licencia ambiental otorgada mediante Resolución 0032 de 2012⁸¹. Cabe mencionar, que no se realizó monitoreo de calidad del aire de los contaminantes criterio, puesto que las condiciones en las que se realizó la caracterización del estudio ambiental mencionado anteriormente, no presenta variaciones significativas en cuanto a la infraestructura, industrias, flujo vehicular y fuente de emisión que puedan causar variaciones en la contaminación al medio ambiente, por lo tanto, se consideró que no era representativo realizar monitoreo nuevamente de calidad del aire para la modificación de licencia ambiental.

- Ubicación de los puntos de monitoreo:

Los registros tomados de las estaciones del monitoreo de calidad del aire realizado por la empresa Air Clean Systems S.A. (ACS S.A.), se localizaron de la siguiente forma, ver Tabla No. 2.37y la Figura No. 2.20:

⁷⁷ PUERTO BAHÍA COLOMBIA DE URABÁ S.A. y ARAUJO IBARRA & ASOCIADOS S.A, 2010. Op Cit.

⁷⁸ COLOMBIA. AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES – ANLA. Resolución 0032 (25, enero, 2012. Op cit.

⁷⁹ INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS JOSÉ BENITO DE ANDREÍS (INVEMAR) y GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA. Atlas del golfo de Urabá: una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó. Series de publicaciones especiales N° 12. Santa Marta: 2007. 180 páginas. ISBN 978-958-98104-3-9.

⁸⁰ PUERTO BAHÍA COLOMBIA DE URABÁ S.A. y ARAUJO IBARRA & ASOCIADOS S.A, 2010. Op Cit.

⁸¹ COLOMBIA. AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES – ANLA. Resolución 0032 (25, enero, 2012. Op cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 91 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Tabla No. 2.37 Ubicación de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire

Estaciones	ID	NOMBRE	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS Origen BOGOTÁ	
			ESTE	NORTE
1 (PST) y 4 (PM ₁₀)	A 1-4	Sector Norte	706516.54	1369224.56
2 (PST) y 5 (PM ₁₀)	A 2-5	Sector Sur	706430.13	1368659.23
3 (PST) y 6 (PM ₁₀)	A 3-6	Centro	706490.39	1368972.54

Fuente: Aqua & Terra consultores Asocioas S.A.S., 2015 con datos de ARAÚJO IBARRA, 2009.

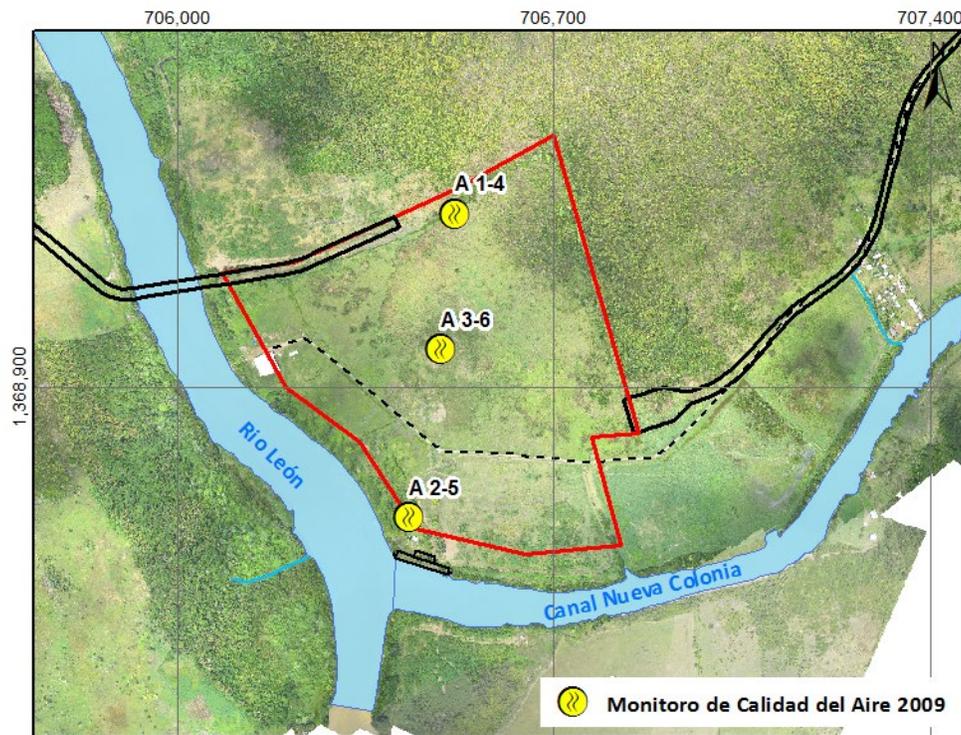


Figura No. 2.20 Ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de aire
Fuente: Aqua & Terra consultores Asocioas S.A.S., 2015 con datos de ARAÚJO IBARRA.

Es importante explicar que las estaciones de monitoreo fueron situadas de acuerdo con los criterios técnicos establecidos en el protocolo de calidad del aire del IDEAM para garantizar representatividad y homogeneidad durante el muestreo y de esta forma asegurar que los resultados obtenidos sean afines a las condiciones del lugar evaluado. En particular se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- La distancia entre la estación y el obstáculo más cercano debe ser dos veces la altura del obstáculo.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 92 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

- Los equipos de muestreo pueden estar ubicados desde el nivel del suelo.
- No deben existir cerca (menos de 20 m) fuentes fijas puntuales de emisión.
- La distancia a los árboles debe ser mayor de 10 m.
- Tener un radio de 270° libre de restricciones de flujo alrededor del muestreador.

También se tomaron en cuenta las condiciones climáticas del sitio en el momento del muestreo, a fin de ubicar las tres (3) estaciones en línea, de acuerdo con la dirección del viento predominante al iniciar el trabajo de campo. En este caso la dirección predominante de los vientos fue sur, conforme a lo esperado para esta época del año.

- Parámetros y métodos de muestreo y análisis:

Se determinaron los niveles de partículas suspendidas totales, partículas respirables, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y monóxido de carbono expresados como PST, PM₁₀, NO₂, SO₂ y CO.

Los monitoreos fueron realizados según las técnicas de muestreo y análisis normalizados de los Métodos EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos), 40 CFR parte 50 Apéndices A (SO₂), B (PST), F (NO₂) y J (PM₁₀), establecidos por el IDEAM en el Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire.

Es así como se emplearon tres (3) estaciones tipo HI-VOL para evaluar partículas suspendidas totales (PST), tres (3) estaciones tipo HI-VOL para valorar las partículas respirables (PM₁₀), tres (3) trenes de gases para evaluar las concentraciones en aire ambiente de óxidos de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO₂) y un equipo de infrarrojo no dispersivo para la medición directa de monóxido de carbono (CO). Para la calibración de los equipos de monitoreo de partículas (TSP y PM₁₀), se utilizó además un calibrador de flujo variable como se presenta en la Fotografía No. 2.3 (ver Anexo 5.1.4 Calidad del aire y ruido, los datos de calibración y certificados de calibración).

Como consta en los certificados anexados (ver Anexo 5.1.4 Calidad del aire y ruido), las empresas Air Clean System S.A. y Quimicontrol Ltda (encargada del análisis de las muestras en laboratorio), se encuentran acreditadas por el IDEAM conforme a la norma ISO 17025.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 93 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

	
Equipo HI-VOL para TSP y equipo HI-VOL con cabezote para PM ₁₀ , ambos con medición continua de tiempo efectivo de monitoreo y dispositivo de medición y control de flujo.	Calibrador de flujo variable para equipos HI-VOL bien sea para PST o con cabezote para PM ₁₀ .
	
Tren de muestreo para medición de gases (NO ₂ , SO ₂) mediante absorción en soluciones especiales (rack de gases).	Se aprecia el montaje de una de las estaciones de calidad del aire situada en el predio.

Fotografía No. 2.3 Equipos utilizados en el muestreo de calidad del aire
Fuente: ACS. Op. Cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 94 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

- Métodos de análisis

En la Tabla No. 2.38 se presentan los métodos de análisis que fueron empleados para el análisis de los contaminantes criterios.

Tabla No. 2.38 Resumen de los métodos de muestreo y análisis utilizados para el monitoreo de la calidad del aire

Parámetro	Muestreo	Método de análisis	Referencia
Partículas suspendidas (PST)	Estaciones Hi-Vol PST marca TISCH (seriales: 7422, 7423 y 7424).	Gravimétrico.	US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice B.
Partículas suspendidas (PM ₁₀)	Estaciones Hi-Vol PM-10 marca TISCH (seriales: 7414, 7414 y 7416).	Gravimétrico.	US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice J.
Dióxido de azufre (SO ₂)	Tren de absorción Andersen.	Colorimétrico (pararosanilina).	US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice A.
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Tren de absorción Andersen.	Colorimétrico (NEDA).	US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice F.
Monóxido de carbono (CO)	Equipo de absorción en infrarrojo para análisis de CO.	Absorción infrarrojo. en	Analizador de Monóxido de carbono CO12Module.

Fuente: Ibíd., modificado por Araújo Ibarra.

	
Equipos de medición de flujo y tiempo en los equipos de alto volumen para determinación de PST	Calibración de equipos de alto volumen con patrón de orificios con cabezote PST

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 95 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

	
Equipos de medición de flujo y tiempo en los equipos de alto volumen con cabezote para determinación de PM ₁₀	Calibración de equipos de alto volumen con cabezote PM ₁₀ con patrón de orificios
	
Tren de gases, bomba de vacío y burbujeadores para determinación de NO ₂ y SO ₂	Tren de gases y burbujeadores (vista superior)

Fotografía No. 2.4 Equipos utilizados para el análisis de calidad del aire
Fuente: ACS. Op. Cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 96 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

- Límites permisibles:

La Resolución 601 de 2006, modificada desde entonces por la Resolución 610 de 2010⁸², del Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial establece los límites permisibles para concentraciones de contaminantes en el aire (ver Tabla No. 2.39), establecidos a condiciones de referencia 25°C y 101,325 kPa:

Tabla No. 2.39 Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio en aire de inmisión

Contaminante	Límite máximo permisible en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (a 25°C y 101,325 kPa)	Tiempo de promediación
PST	100	Anual
	300	24 horas
PM ₁₀	50	Anual
	100	24 horas
SO ₂	80	Anual
	250	24 horas
	750	3 horas
NO ₂	100	Anual
	150	24 horas
	200	1 hora
CO	10.000	8 horas
	40.000	1 hora

Fuente: Resolución 610 de 2010 del MAVDT⁸³.

- Modelación calidad del aire durante la operación del viaducto

Se recopiló la información del Estudio de Modelación calidad del Aire Puerto Bahía Colombia de Urabá⁸⁴ presentada en el giro ordinario mediante el radicado ANLA 2015008528-1-000 del 20 de febrero de 2015 para la operación del viaducto del Proyecto, como una actividad licenciada en la Resolución No. 0032 de enero de 2012. Expediente LAM 5060.

Modelo Utilizado

Para determinar hacia donde se dirigen los contaminantes y el tipo de concentración que alcanzan, se utilizó un modelo de dispersión que permite localizar los puntos de concentración máxima. Es en dichos puntos donde teóricamente deben localizarse las estaciones de calidad de aire para registrar las

⁸² COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIENDA, AMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL ahora, MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 610 (marzo, 24, 2010). Por el cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006. Bogotá D.C., 2010

⁸³ Ibid.

⁸⁴ AG CONSULTORES AMBIENTALES S.A.S; PUERTO BAHÍA COLOMBIA DE URABÁ S.A. Estudio de Modelación Calidad de Aire Puerto Bahía Colombia de Urabá. Buenaventura, Valle del Cauca. 2015

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 97 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

concentraciones máximas de la zona, así como determinar los receptores que podrían ser afectados.

Se utilizó el modelo del software AERMOD view, versión 8.8.9, el cual es desarrollado por el gobierno de los Estados Unidos, conjuntamente con la Environmental Protection Agency (EPA) y la Sociedad Meteorológica Estadounidense.

Descripción del Software Aermod View

AERMOD View es una interfaz, en ambiente Windows®, desarrollada por Lakes Environmental (www.weblakes.com). Incluye los tres módulos originales del modelo: AERMET para pre-procesar la información meteorológica, AERMAP para procesar la información del terreno y AERMOD el modelo de dispersión.

Este modelo Gaussiano en estado estacionario, permite modelar la dispersión de material particulado, gases, vapores y olores a una distancia de hasta 50 Km a partir de la fuentes de emisión como chimeneas, fuentes de línea, fuentes de área y de volumen así como mecheros o quemadores elevados.

La interfaz es completamente gráfica, de uso intuitivo y muy amigable para usuarios con experiencia o sin ella, quienes son guiados paso a paso en el uso del modelo y que cuentan con ayuda interactiva en cada pantalla del software.

Los resultados del modelamiento se muestran en forma de gráficas de contornos coloreados de iso-concentración las cuales pueden ser sobrepuestas a mapas abstractos o a imágenes de Google Earth®.

AERMOD es un modelo Gaussiano de pluma en estado estacionario que simula la dispersión de los contaminantes en el aire y su deposición; realiza sus cálculos tomando en cuenta las características del terreno y la presencia de edificios cercanos a la fuente de emisión, los cuales pueden afectar la dispersión de la pluma; usa datos del clima de la capa superior atmosférica. Es un modelo regulatorio de la EPA de Estados Unidos y es considerado como el modelo de última generación.

✓ Ruido ambiental

Con el fin de complementar el estado actual del Proyecto en cuanto al ruido ambiental en el área de influencia del tramo de vía de acceso a la terminal en

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 98 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

tierra objeto de modificación, se realizaron los muestreos de los niveles de presión sonora de acuerdo con los protocolos de medición y evaluación de ruido establecidos en la Resolución 627 de 2006⁸⁵ y se acogerá la recomendación realizada en el giro ordinario mediante el radicado ANLA 2015008528-1-000 del 20 de febrero de 2015, donde se proponen tres (3) estaciones y adicionalmente, se propone un (1) punto adicional de control en el extremo del corregimiento Nueva Colonia.

❖ Estaciones de muestreo

Para determinar la línea base en la vía de acceso a la terminal en tierra, se plantearon muestreos de ruido ambiental en cuatro (4) estaciones, las cuales estarán distribuidas en extremos y norte del corregimiento Nueva Colonia y al final del tramo, como se presenta en la Tabla No. 2.40 y en la Figura No. 2.21.

Tabla No. 2.40 Ubicación de las estaciones de muestreo ruido ambiental

ID	Nombre Estación	Coordenadas Planas -MAGNA SIRGAS Origen BOGOTÁ	
		ESTE	NORTE
R1	Este de Nueva Colonia	709.518,96	1.369.996,53
R2	Oeste de Nueva Colonia	708.833,52	1.369.842,90
R3	Norte de Nueva Colonia	708.553,10	1.370.542,73
R4	Acceso al Terminal Terrestre	706.969,86	1.368.841,19

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015

⁸⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 627 (abril, 07, 2006). Por el cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. . Bogotá D.C., 2006.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 99 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

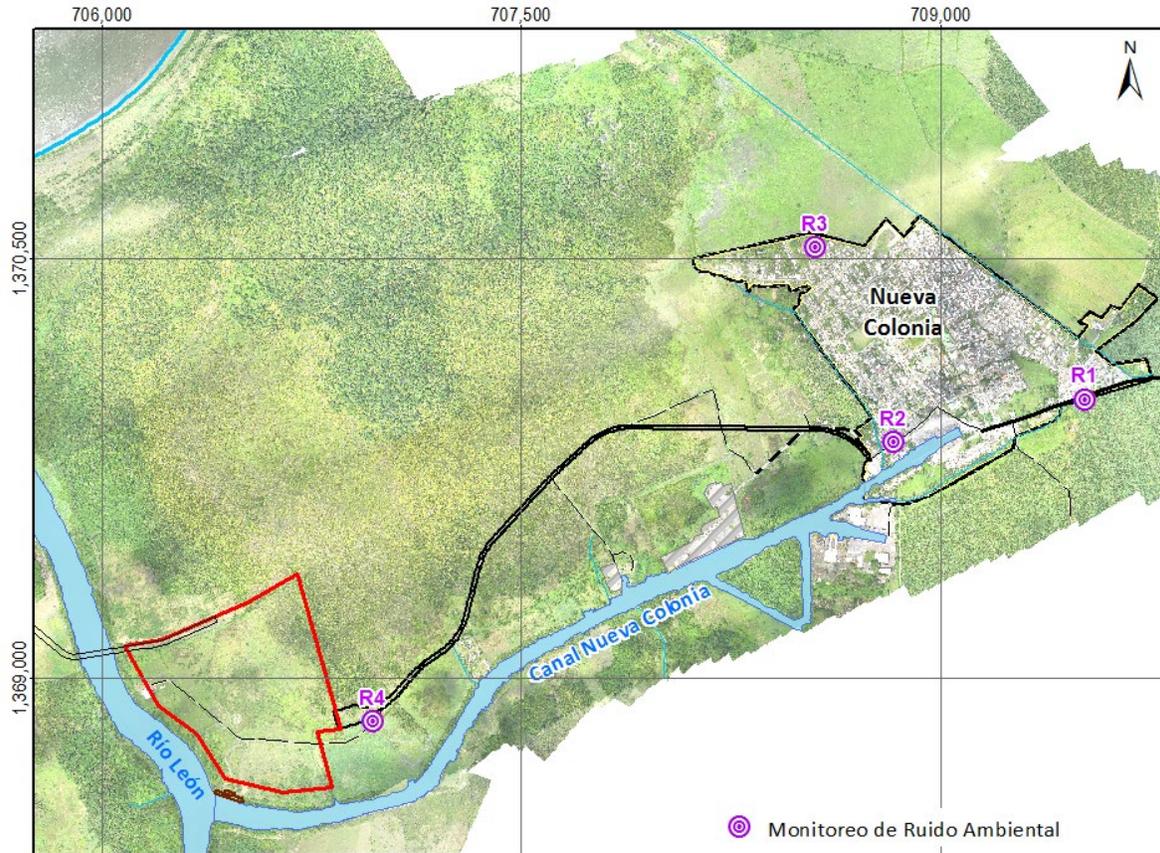


Figura No. 2.21 Localización de las estaciones de muestreo ruido ambiental
Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015

❖ Parámetros de muestreo

De acuerdo con lo establecido en la Resolución 627 de 2006⁸⁶ las mediciones del nivel de ruido ambiental, se efectuaron de acuerdo con los procedimientos estipulados en la resolución antes mencionada para los días:

- 1) Día hábil: Diurno y nocturno
- 2) No hábil: Diurno y nocturno

⁸⁶ Ibid.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 100 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

En cada estación se medirán los parámetros principales para ruido como son:

- 1) Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, LAeq, T y ponderado lento (S).
- 2) Ruido Residual, medido como nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, LAeq, T, Residual
- 3) Nivel percentil L90

A partir de los resultados, se verificará el cumplimiento con la normatividad ambiental colombiana vigente (Resolución 627 de 2006⁸⁷) en el Artículo 17 en el cual establece los estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido ambiental, expresados en decibeles ponderados A (dBA) para diferentes sectores, de acuerdo con el uso actual del suelo urbano y rural del área de estudio.

❖ Cálculo del ruido ambiental

El ruido ambiental, se calculó por la expresión presentada en la Ecuación No. 2.7 :

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \left(\left(\frac{1}{5} \right) \cdot \left(10^{L_N/10} + 10^{L_O/10} + 10^{L_S/10} + 10^{L_E/10} + 10^{L_V/10} \right) \right)$$

Ecuación No. 2.7 Nivel equivalente resultante de la medición
Fuente: Resolución 627 de 2006

Dónde:

LAeq = Nivel equivalente resultante de la medición.

LN = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido norte

LO = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido oeste

LS = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido sur

⁸⁷ Ibid.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 101 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

LE = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido este

LV = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido vertical

❖ Consideraciones para la ejecución de las mediciones

Las mediciones de los niveles de ruido ambiental deben efectuarse en tiempo seco, por tal razón, no se deben desarrollar mediciones en:

Condiciones de lluvias, lloviznas, truenos o caída de granizo.

Velocidad del viento superior a 3 m/s.

Pavimentos húmedos.

El monitoreo quedará aplazado hasta que se presenten las condiciones óptimas para su desarrollo.

❖ Ajustes de los niveles de presión sonora

Los niveles de presión sonora continuo equivalente ponderados A, $L_{Aeq,T}$, $L_{Aeq,T}$, Residual y nivel percentil L90, se corrigen por impulsividad, tonalidad, condiciones meteorológicas, horarios, tipos de fuentes y receptores, para obtener niveles corregidos de presión sonora continuo equivalente ponderados A, $LRA_{eq,T}$, $LRA_{eq,T}$, Residual y nivel percentil L90, respectivamente. La Ecuación No. 2.8 servirá como base para efectuar dichas correcciones:

$$L_{RA(X)T} = L_{A(X)T} + (K_I, K_T, K_R, K_S)$$

Ecuación No. 2.8 Correcciones del nivel equivalente resultante de la medición
Fuente: Resolución 627 de 2006

Dónde:

KI= es un ajuste por impulsos (dB(A))

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 102 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

KT =es un ajuste por tono y contenido de información (dB(A))

KR =es un ajuste por la hora del día (dB(A))

KS =es un ajuste (positivo o negativo) para ciertas fuentes y situaciones, por ejemplo bajas frecuencias (dB(A))

(X) =corresponde a cualquiera de los parámetros de medida de que trata el artículo 4 la resolución 627 de 2006 MVADT

El nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, LAeq, T, solo se corrige por un solo factor K, el de mayor valor en dB(A).

❖ Equipos de muestreo

Los equipos utilizados para la medición de emisión de ruido fueron sonómetros integradores automáticos Marca CASELLA, las mediciones se efectuaron aplicando un filtro de ponderación frecuencial dB (A) y un filtro de ponderación temporal S (Slow, respuesta, lenta), con micrófono desmontable y pantalla de viento. Adicionalmente, para verificar la velocidad del viento la cual no debe superar los 3 m/s se utilizó una estación meteorológica.

Para la verificación del correcto funcionamiento del sonómetro, se utilizó un Calibrador acústico con precisión tipo 1 para sonómetros con una frecuencia de salida de 1000 Hz y 114 dB.

En la Figura No. 2.22 y en la Tabla No. 2.41 se presentan los equipos utilizados

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 103 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	



Figura No. 2.22 Sonómetro Utilizado y Pistófono de Verificación Marca CASELLA
Fuente: SGS Colombia S.A., 2015

Tabla No. 2.41 Referencia Sonómetro

Instrumento	Número de serie
Sonómetro CASELLA	CEL 63X
Pisto fono CASELLA	AC 300003971

Fuente: SGS Colombia, Julio 2015

- Modelación predicción de niveles de presión sonora durante la operación del viaducto

Se recopiló la información del Estudio de Modelación Emisión de Ruido Viaducto Puerto Bahía Colombia de Urabá⁸⁸ presentada en el giro ordinario mediante el radicado ANLA 2015008528-1-000 del 20 de febrero de 2015 para la operación del

⁸⁸ AG CONSULTORES AMBIENTALES S.A.S; PUERTO BAHÍA COLOMBIA DE URABÁ S.A. Estudio de Modelación Emisión de Ruido Viaducto Puerto Bahía Colombia de Urabá. Buenaventura, Valle del Cauca. 2015

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 104 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

viaducto del Proyecto, como una actividad licenciada en la Resolución No. 0032 de enero de 2012. Expediente LAM 5060.

Calculo de emisión de ruido –viaducto

Para la modelación de ruido se implementó el procedimiento de cálculo de ruido del tráfico de carretera (Calculation of Road Traffic Noise (CRTN - ISBN 0 11 550847 3) del Departamento de Transporte del Reino Unido.

El objetivo del CoRTN es proporcionar una plataforma básica para el cálculo de los niveles de ruido de tráfico para situaciones no complejas. El modelo está limitado cuando, por ejemplo, es necesario un cálculo separado para tener en cuenta arreglos complejos de superficies reflectantes, ya que el modelo solo implementa una corrección reflexiva sencilla.

El método utiliza una serie de gráficos y ecuaciones para aplicar correcciones a un nivel de emisión de ruido de base, para diferentes situaciones. El modelo CoRTN ha sido aceptado por muchas autoridades reguladoras de Australia, como el modelo básico que se utilizará para la predicción del ruido del tráfico y para el diseño de barreras acústicas, con correcciones generalmente aplicadas para “condiciones de Australia” aceptadas por la industria⁸⁹.

CoRTN implementa un método de cálculo, segmento por segmento, para cada tramo de carretera de entrada. El cálculo de la propagación se lleva a cabo mediante la aplicación de las siguientes correcciones en el nivel de emisión de ruido:

- *Corrección de distancia
- *Atenuación del terreno
- *Corrección del ángulo
- *Proyección
- *Corrección por Reflexión.

⁸⁹ MOORE, S., STEAD, M., Y COOPER, J. Directivity of the CoRTN road traffic noise model, Proceedings of 20th International Congress on Acoustics, ICA 2010. Sydney, 2010. Vol. 28, 43-50 p.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 105 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Parámetros de Modelación

El cálculo CoRTN predice los niveles de ruido en función de la Leq, 1hr descriptor ruido estadístico para carreteras operacionales. Los datos de entrada al modelo fueron los siguientes:

Periodo de tiempo:	1h Leq
Flujo Total del Vehículo:	50 veh/ hora
Velocidad:	40 km /hr
Vehículos pesados:	100 %
Gradiente:	1%
Superficie carretera:	Impermeable

Bajo Volumen de tráfico

El algoritmo de cálculo del CoRTN implementa una corrección para carreteras con escaso volumen de tráfico (es decir, por debajo de 200 vehículos / hora) con el fin de dar cuenta del efecto que el tráfico intermitente tiene en el descriptor estadístico Leq, 1hr. Este factor de corrección no se aplica a los cálculos de descriptores LAeq basados en energía (AECOM, 2011). Para el estudio en cuestión se tiene en cuenta la aplicación de este factor de corrección.

Modelación de ruido con altura de la fuente modificada

El algoritmo de cálculo del CoRTN asume una altura de emisión de ruido del tráfico de 0,5 m sobre la superficie de la carretera para todas las clases de vehículos. Esta suposición puede sobreestimar el efecto de las barreras de ruido, sobre todo en rutas de vehículos pesados, ya que las fuentes de ruido de vehículos pesados (es decir, motor y escape) tienen una emisión de ruido ubicada a una altura significativamente mayor.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 106 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

Interpolación de Kriging.

De acuerdo con *Cano (2009)*⁹⁰ la interpolación Kriging (en mención a su creador) es un método geoestadístico, el cual se fundamenta en las variables regionalizadas y autocorrelacionadas en el espacio.

Esta autocorrelación se determina a partir de la elaboración de semivariogramas, con los cuales se logra definir el modelo de mejor ajuste, para proceder luego a la interpolación y en el cual se define la distancia máxima o “rango” en donde finaliza la autocorrelación.

Para efectos prácticos, es imposible conseguir valores de datos en cada punto deseado, debido a la imprecisión originada en la práctica. Así, la interpolación es importante y fundamental en la representación gráfica y en el análisis y entendimiento de los datos.

El Kriging es un método de interpolación que predice valores desconocidos de los datos observados en las localizaciones conocidas, por consiguiente surge entonces la necesidad en este estudio de recurrir a dicho método de interpolación,, que entregue resultados coherentes con la dinámica de la variable a interpolar, respetando, en la medida de lo posible, la información real suministrada; es por esta razón que este método de interpolación es considerado como el mejor de los estimadores insesgados lineales existentes en la actualidad.

Este método tiene en cuenta tanto el espaciamiento de los puntos en los cuales se tiene información, como su distribución en el dominio a interpolar. Además, considera la variabilidad espacial de los datos, que lo hace mediante el uso del semivariograma (que será explicado más adelante), el cual se construye a partir de la covarianza entre cada par de puntos ubicados a distintas distancias; a éste se ajusta un variograma teórico que represente lo más fielmente la variabilidad de los datos.

Cada modelo teórico está asociado a un conjunto de parámetros como son el efecto pepita, la meseta y el rango que son determinados a partir de las características de los datos y que posteriormente son usados por Kriging durante

90 CANO J. A. Metodología para el análisis de la dispersión del ruido en aeropuertos, estudio de caso: Aeropuerto Olaya Herrera de la ciudad de Medellín. Tesis de grado Maestría en medio ambiente y desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 2009. 111 p.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 107 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

la interpolación. El semivariograma establece una distancia efectiva de influencia a partir de la cual se supone que no existe correlación entre los datos⁹¹.

En general el propósito del método de Kriging, es estimar el valor desconocido de una variable en un punto con coordenadas específicas usando, en la mayoría de los casos, un estimador lineal de n valores conocidos de la variable a interpolar, minimizando la varianza del error cuadrático medio del campo espacial interpolado. Se busca representar los valores que puede tomar la variable dentro del área de estudio mediante una función aleatoria.

Este estimador involucra una matriz de pesos, la cual fue construida a partir de cada uno de los datos y su relación con los demás en función de su separación. El valor estimado por esta metodología fue aquel que minimiza la varianza del error de la estimación y un estimador insesgado. Es de gran importancia conocer que la superficie de interpolación obtenida con Kriging mantiene los datos puntuales con los cuales se hace la estimación⁹².

- Modelación de predicción de niveles de presión sonora en la vía de acceso

Esta modelación se hizo con el propósito de predecir el impacto acústico de las actividades de operación de tramos vehiculares entre el corregimiento Nueva Colonia y el proyecto de Construcción y Operación de una Terminal Portuaria de Graneles Sólidos de Gran Calado en Bahía Colombia, por medio del software de predicción acústica CadnaA V4.5, el cual adopta diferentes normas internacionales para realizar el cálculo de niveles de presión sonora en un punto receptor determinado. Se adoptó el método recomendado por el giro ordinario mediante el radicado ANLA 2015008528-1-000 del 20 de febrero de 2015 es la francesa NMPB Routes 96: “*Nouvelle Méthode de Prévision du Bruit des Routes*” (Nuevo Método de Predicción de Ruido en Carreteras) y adicionalmente se compararon los resultados obtenidos con la Resolución 627 de 2006⁹³.

Escenarios para la modelación

Escenario I: Operación de vías existentes, “Corregimiento Nueva Colonia - Predio Puerto Bahía Colombia de Urabá”.

⁹¹ GALLEGO, L. y TORO, E. *Análisis del ruido en el centro de Medellín mediante la aplicación de herramientas estadísticas*. Tesis de Grado Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 2006. 98 p

⁹² CANO J. A, 2009. Op Cit.

⁹³ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 627 (abril, 07, 2006). Por el cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. . Bogotá D.C., 2006.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANULES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 108 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

Escenario II: Operación de vías proyectadas, desde el corregimiento de Nueva Colonia hasta el predio del proyecto Puerto Bahía Colombia de Urabá.

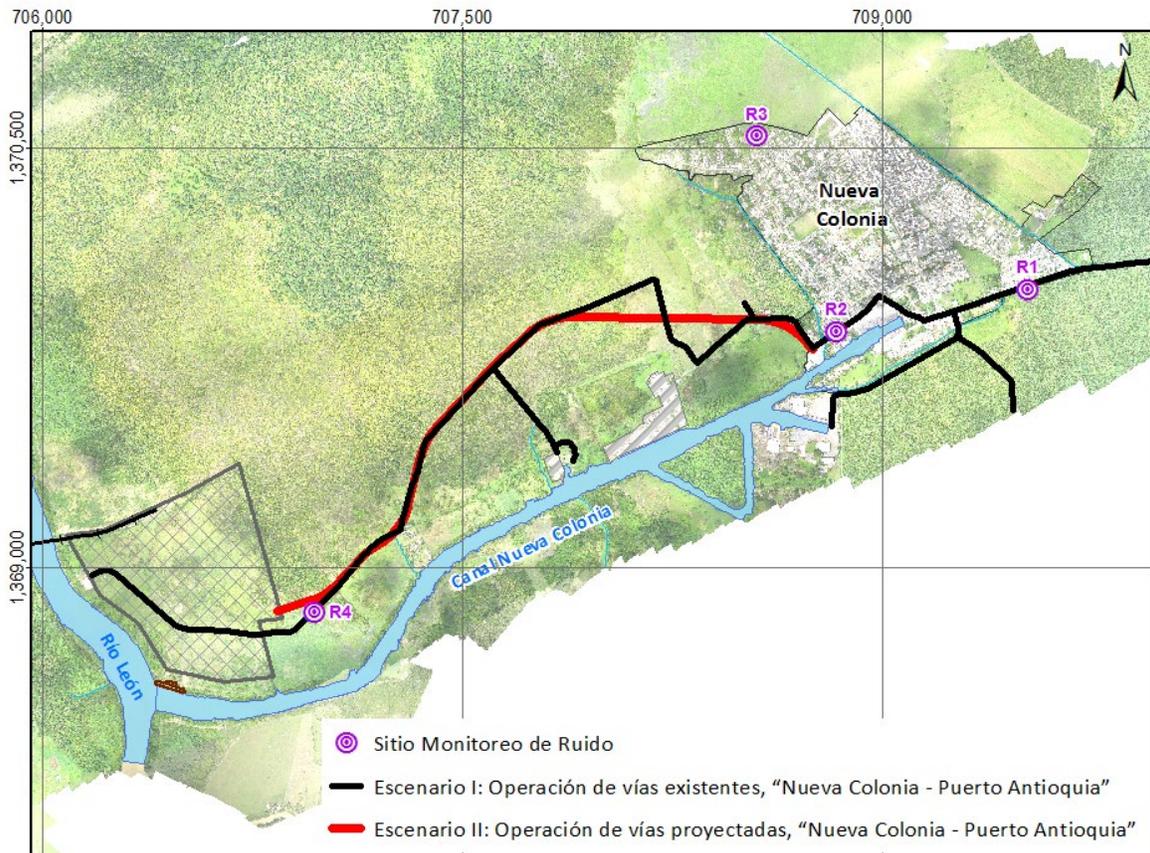


Figura No. 2.23 Escenarios
Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015

Fuentes de información

La información del flujo vehicular se tomó del estudio de tránsito⁹⁴ de la vía "Río Grande-Nueva Colonia". Para el escenario I que corresponde a las vías existentes se tuvo en cuenta el año 2015 y para el escenario II que son las vías proyectadas el año 2025, debido a que el proyecto para este año se espera esté en funcionamiento total.

⁹⁴ PIO SAS y GRUPO VIAL. Ingeniería básica y de detalle, compras y suministro de materiales, construcción, montaje y puesta en operación de las obras requeridas para la fase 1 del Terminal Portuario Puerto Antioquia ubicado en la desembocadura del Río León, en el Golfo de Urabá - Estudio de Tránsito, Departamento de Antioquia. Cali, 2015. 203 p.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 109 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Cálculo de la propagación sonora

Las vías que se modelaron, se consideraron como fuentes de ruido, y se configuraron bajo el parámetro “carreteras” dentro del modelo CadnaA, donde se especificaron datos como el aforo de vehículos, horarios de aforo, límites de velocidad, tipo de carretera y porcentaje de vehículos ligeros y pesados, entre otros.

Basándose en la información suministrada se realizó una simulación del flujo vehicular para cada uno de los escenarios a través de todas las carreteras especificadas, teniendo en cuenta si eran vías existentes (Escenario I) o vías proyectadas (Escenario II).

De acuerdo con la norma francesa usada para esta modelación (NMPB Routes 96) el parámetro de emisión es el nivel de potencia sonora ponderado-A por banda de octava LAW,i de una sub-fuente en forma de punto Si en dB(A) y es calculado por medio de la siguiente ecuación:

$$L_{Aw,i} = 101g \left(10^{(E_{VL} + 101g Q_{VL})/10} + 10^{(E_{PL} + 101g Q_{PL})/10} \right) + 20 dB + 101g l_i + R(i)$$

Ecuación No. 2.9 Nivel de potencia sonora según NMPB-Router 96
Fuente: CadnaA V4.5

Donde:

E_{VL} : Nivel de potencia sonora de los vehículos livianos, en dB (A).

Q_{VL} : Número de tráfico de vehículos livianos (masa máxima $m < 3500\text{kg}$), en veh/h

E_{PL} : Nivel de potencia sonora de los vehículos pesados, en dB (A).

Q_{PL} : Número de tráfico de vehículos livianos (masa máxima $m > 3500\text{kg}$), en veh/h

l_i : Longitud de la sub-fuente S_i , en m

$R_{(i)}$: Valores de octava del espectro de referencia para ruido en carreteras, en dB(A)

l : Número consecutivo de octava

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 110 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Ubicación y creación de fuentes de emisión

Para este proceso se acudió a los datos del informe de tránsito⁹⁵ que corresponden a cada escenario, los cuales aportaron información acerca del aforo vehicular en porcentaje de vehículos pesados y livianos. Con esta información se configuró dentro de CadnaA cada vía a simular como una fuente de ruido vehicular y se le ingresaron los datos en términos de vehículos por día, vehículos por hora en jornadas diurna y nocturna, porcentaje de vehículos pesados y límites de velocidad. De manera automática CadnaA calcula los niveles de potencia sonora (PWL) correspondientes a cada tramo en específico.

De igual manera se crearon cuatro (4) receptores en las mismas coordenadas de los puntos de monitoreo de ruido ambiental (ver Figura No. 2.21), con el fin de comparar los resultados en tales puntos.

Configuración del software

El software se configuró dentro de los tiempos de referencia CadnaA y los horarios establecidos por la Resolución 627 de 2006⁹⁶, con el fin de evaluar los periodos de operación en horario diurno (07:01 – 21:00) y nocturno (21:01 – 07:00).

Allocation Hours - Periods Day, Evening, Night:																							
00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	00
N	N	N	N	N	N	N	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	N	N	N

Figura No. 2.24 Periodos de referencia CadnaA
Fuente: Software CadnaA

Dentro de las propiedades de la malla de cálculo se asignó una separación entre receptores de 10 m con el fin de contar con un amplio muestreo de datos a lo largo del área de cálculo.

En el Software CadnaA se configuró la rosa de los vientos con las estadísticas de los vientos del año 2014 y se ingresaron los datos de temperatura, humedad relativa y las curvas de nivel con el fin de simular los contornos del terreno real.

⁹⁵ PIO SAS y GRUPO VIAL. Ingeniería básica y de detalle, compras y suministro de materiales, construcción, montaje y puesta en operación de las obras requeridas para la fase 1 del Terminal Portuario Puerto Antioquia ubicado en la desembocadura del Río León, en el Golfo de Urabá - Estudio de Tránsito, Departamento de Antioquia. Cali, 2015. 203 p
⁹⁶ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 627 (abril, 07, 2006). Op Cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 111 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Se procedió a verificar las propiedades topográficas de los shapes de curvas de nivel realizando un modelado en 3D a través de CadnaA y se ubicaron las viviendas circundantes al área del proyecto a las cuales se les asignó una altura determinada, con el fin de simular los efectos de apantallamiento sonoro que se creó a causa de las fachadas de las mismas. Por último se importó una imagen satelital del área como herramienta de reconocimiento de los alrededores y las áreas sensibles del proyecto.

Para ingresar los datos correspondientes a las fuentes de ruido vehicular, se seleccionó la ventana “Route” dentro del Software CadnaA y se procedió a configurar las especificaciones de cada tramo. A continuación en la Figura No. 2.25 se muestra un ejemplo de esta ventana correspondiente al primer tramo que ingresa a Nueva Colonia, proveniente de la Ruta Nacional 62 en el cruce con el corregimiento de Rio Grande.

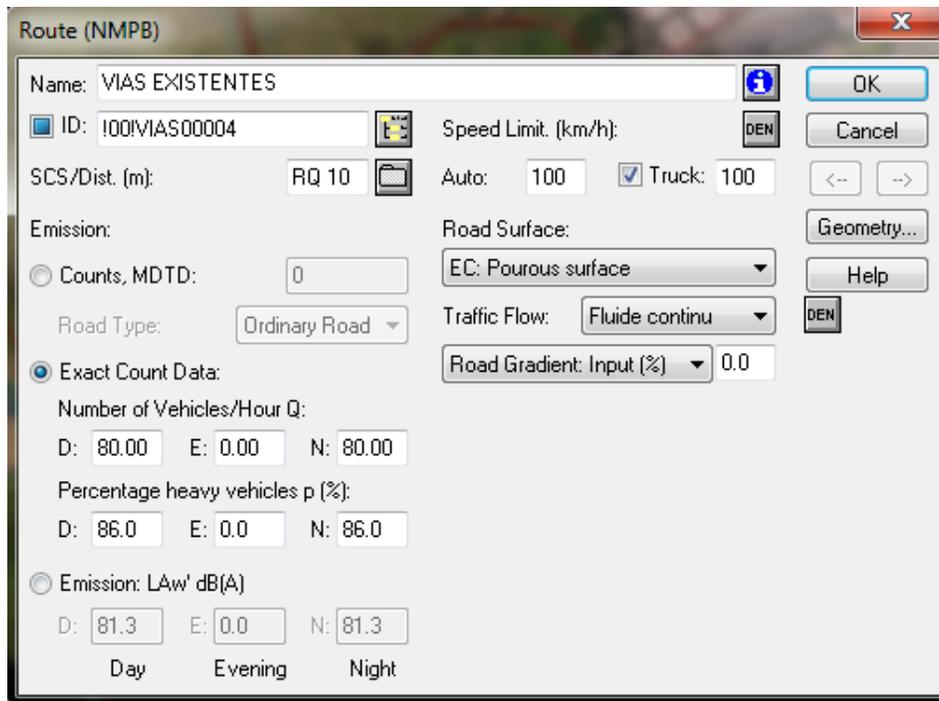


Figura No. 2.25 Ventana “Route”, ejemplo de configuración para un tramo en el escenario I.
Fuente: Software CadnaA

Una vez realizado este proceso para todos los tramos de los diferentes escenarios se consolidó la clasificación de los mismos, y se calculó el nivel de potencia sonora (Law) correspondiente a cada sub-fuente de ruido representada por su vía correspondiente.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO											
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES								Página 112 de 206			
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01								Revisión:			

Análisis de resultados obtenidos

Los resultados arrojados por el modelo de predicción acústica CadnaA se plasmaron en mapas de ruido que representan el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A (Leq(A)) dentro de una grilla previamente configurada, con puntos receptores separados por 10m entre sí. Dichos niveles de presión sonora son representados por colores que dividen lo mismo en rangos de 5 y 1 dB(A) dependiendo del formato en que sean expuestos.

Se hizo una comparación entre los niveles de presión sonora calculados por CadnaA en las manzanas catastrales del corregimiento de Nueva Colonia y el valor límite permisible de la Resolución 627 de 2006⁹⁷ para los dos escenarios (E1 y E2), ver Tabla No. 2.42.

Tabla No. 2.42 Comparación de nivel sonora en horario diurno y nocturno

Nombre manzana catastral	ID	Nivel sonoro calculado por el Software CadnaA				Resolución 627/2006		Diferencia entre Nivel medido por Software CadnaA y Res 627/2006				Coordenadas (m)		Altura (m)
		E1		E2		Nivel Límite (dBA)	E1		E2					
		Nivel Leq(dBA)		Nivel Leq(dBA)			Nivel de Exceso (dB)	Nivel de Exceso (dB)		Nivel de Exceso (dB)				
		Día	Noche	Día	Noche	Día		Noche	Día	Noche	Día	Noche	Este	Norte

Fuente: SGS Colombia S.A, 2015

A partir de los resultados obtenidos en la Tabla No. 2.42 se clasificaron las celdas con tres colores de acuerdo con el nivel de exceso, el cual es la diferencia entre el nivel sonoro calculado por CadnaA y el nivel límite de la norma (Resolución 627 de 2006), ver Tabla No. 2.43.

Tabla No. 2.43 Clasificación por colores de los niveles de exceso de presión sonora

	Indica una diferencia negativa de más de 10 dBA, es decir que no existe riesgo alguno para la vivienda en cuestión.
	Indica que las viviendas que registran una diferencia entre -10 y -0,1 dBA. Son puntos receptores que no exceden los niveles límite pero que pueden requerir atención.
	Indica las viviendas que presentan exceso de los niveles límites establecidos por la norma.

Fuente: SGS Colombia S.A, 2015

Los valores se tomaron 10 dB por debajo de la norma debido a que en todo proceso matemático existe un rango de incertidumbre, que en el presente caso se debe a la precisión de los datos de entrada en general. En consecuencia, el

⁹⁷ Ibid.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 113 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

fabricante recomienda un rango de 10 dB por debajo de la normativa a aplicar para poder afirmar que no existe ni existirá alguna afectación por contaminación.

Con los resultados obtenidos, (i) se puede evaluar el impacto acústico de los dos escenarios sobre el corregimiento de Nueva Colonia, (ii) comparar los niveles de presión sonora con los estándares máximos permisibles por la normativa vigente y (iii) estimar el aporte a la energía sonora global a la zona de interés una vez el proyecto esté en total funcionamiento.

2.3.2 Medio biótico

Para la caracterización del medio biótico se siguió lo estipulado en los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA en proyectos de construcción o ampliación y operación de puertos marítimos de gran calado (M-M-INA-05)⁹⁸, así como la metodología para la presentación de estudios ambientales⁹⁹ y la documentación específica para cada uno de sus componentes.

Es de resaltar que, para los diferentes componentes del medio biótico el tipo de muestreo realizado fue el muestreo sistemático, el cual consiste en ubicar las muestras o unidades muestrales en un patrón regular en cada una de las coberturas vegetales y/o hábitats identificados¹⁰⁰. A continuación se muestran los métodos empleados para dicha caracterización.

2.3.2.1 Ecosistemas

Con el fin de identificar el gran bioma, bioma y ecosistemas terrestres, costeros y marinos presentes en el área de influencia se siguieron los lineamientos del mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia elaborado por el IDEAM *et al*¹⁰¹. Con los ecosistemas presentes en el área, se describieron las coberturas de la tierra de estos ecosistemas empleando los lineamientos de la

⁹⁸ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución no. 0112 (28, enero, 2015). Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de los proyectos de construcción o ampliación y operación de puertos marítimos de gran calado y se toma otras determinaciones. Bogotá D.C., 2015. 103 p.

⁹⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Metodología general para la presentación de estudios ambientales. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT-. República de Colombia. Bogotá, 2010. 72p.

¹⁰⁰ MOSTACEDO, Bonifacio y FREDERICKSEN, Todd. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible – BOLFOR. 2000. 87 p

¹⁰¹ IDEAM, IGAC, IAvH, Invemar, I. Sinchi e IIAP. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D.C. 2007. p. 276 + 37 hojas cartográficas.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 114 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia¹⁰². Adicionalmente, la identificación de las zonas de vida a la que pertenece el área de influencia del proyecto se realizó siguiendo el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge¹⁰³.

Con el fin de generar el mapa de ecosistemas presentes en el área de influencia a escala 1:10.000 se realizó la superposición de capas de los siguientes componentes: clima, coberturas de la tierra y geomorfológico, siguiendo lo planteado en la metodología para la elaboración del mapa de ecosistemas a escala 1:100.000¹⁰⁴.

2.3.2.2 *Ecosistemas terrestres*

A continuación se muestran los métodos que se emplearon para realizar la caracterización florística y faunística de los ecosistemas terrestres presentes en el área de influencia de acuerdo a lo estipulado en los términos de referencias M-M-INA-05.

- Flora

Composición florística y análisis estructural

Para la caracterización florística se determinó a partir de una probabilidad del 95% y error de muestreo no mayor del 15%¹⁰⁵, lo que equivale a 2 parcelas por unidad de cobertura muestreada. Para realizar este muestreo se adaptó la metodología propuesta por Pinelo¹⁰⁶, se instalaron dos parcelas de 0,25 ha (50 m de largo x 50 m de ancho) por unidad de cobertura de bosque como se muestra en la Figura No. 2.26 (Mapa MOD_LA_PTO_ANT_38_Flora). Cada parcela se delimitó con tubos de PVC y fue georreferenciada.

¹⁰² IDEAM. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia. Escala 1:100.000. Bogotá: IDEAM, 2010. 72 p. ISBN: 978-958-806729-2.

¹⁰³ HOLDRIDGE, Leslie. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: IICA. 1978. 216 p.

¹⁰⁴ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA – IDEAM. Metodología para la elaboración del Mapa de ecosistemas escala 1:100.000. IDEAM. Bogotá. 2011. 42 p.

¹⁰⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución no. 0112 (28, enero, 2015). Op. Cit., p. 50.

¹⁰⁶ PINELO, Gustavo Israel. Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo. WWF Centroamérica. 2004. 49 p.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 115 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

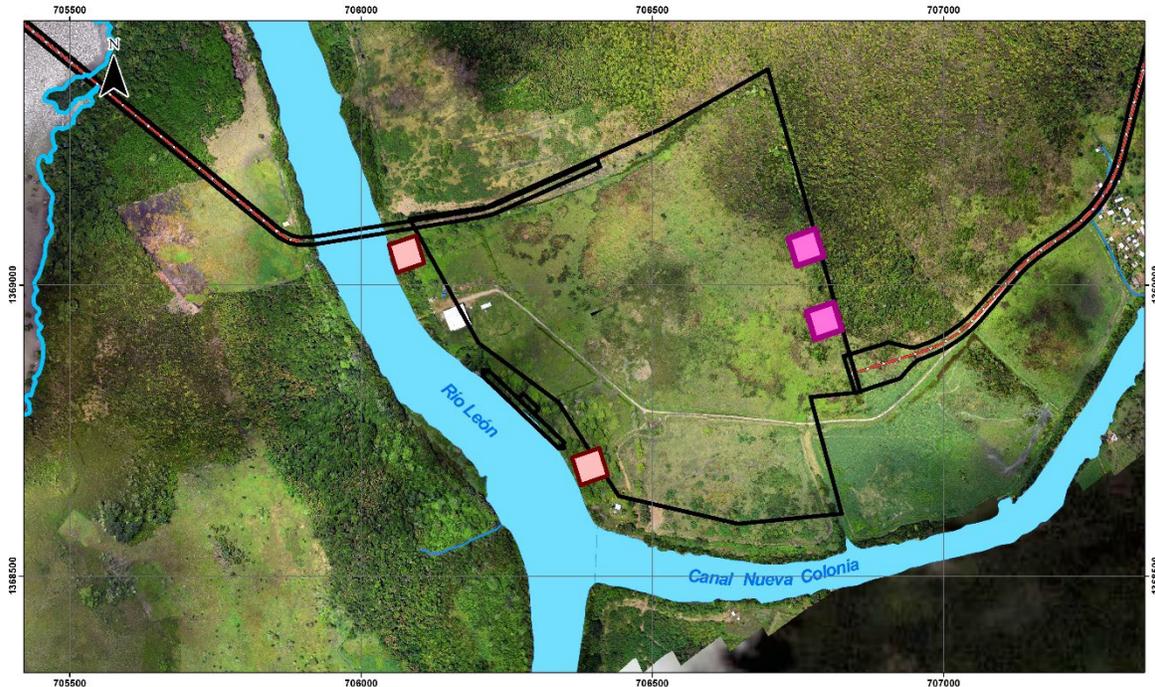


Figura No. 2.26 Ubicación de las parcelas de muestreo en las coberturas boscosas
Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015.

La caracterización florística de las coberturas vegetales identificadas en campo se realizó mediante el análisis del índice de valor de importancia, el cociente del mezcla (CM), la distribución diamétrica y altimétrica (composición sociológica), los índices ecológicos, análisis de regeneración natural y análisis de fragmentación.

Por último se consultaron las Resolución 0192 de 2014¹⁰⁷, libro rojo de plantas de Colombia, especies maderables¹⁰⁸, la lista de especies amenazadas de UICN¹⁰⁹ y

¹⁰⁷ COLOMBIA. . MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0192 (10, febrero, 2014). Op. cit., p. 28-32.

¹⁰⁸ CÁRDENAS, Dairon y SALINAS, Nelson. Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2007. 232 p. ISBN: 978-958-8317-19-9

¹⁰⁹ UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA – UICN. La lista roja de especies amenazadas de la UICN. Op. cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 116 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

los Apéndices I, II y III de CITES¹¹⁰. A continuación se muestra en detalle cada uno de los ítems nombrados para el análisis.

- Índice de valor de importancia (IVI)

Con el fin de realizar el análisis estructural del bosque, se calculó el índice de valor de importancia (IVI), formulado por Curtis & Mc Intosh¹¹¹, que es posiblemente el más conocido, éste se calcula para cada especie a partir de la suma de la abundancia relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa.

Este análisis permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque a través de la ocurrencia de las especies y su importancia ecológica dentro del ecosistema.

Este índice permite determinar las especies más relevantes dentro de la estructura de un bosque, a través de los parámetros de abundancia, frecuencia y dominancia. Las especies relevantes determinadas por este índice son las que presentan mejor adaptación a las condiciones medioambientales de la cobertura boscosa en estudio. En la Ecuación No. 2.10 se expresa la forma en que se halla este índice.

$$IVI = Ar + Fr + Dr$$

Ecuación No. 2.10 Ecuación para hallar el índice de valor de importancia (IVI)

Dónde:

IVI: Índice de Valor de Importancia

Ar: abundancia relativa: Porcentaje de cada especie en relación con el número total de individuos de todas las especies encontradas en la muestra. En la Ecuación No. 2.11 se muestra la forma en que se calcula la abundancia relativa.

$$Ar = \left(\frac{Aabs}{\sum AabsTotal} \right) * 100\%$$

Ecuación No. 2.11 Ecuación para hallar la abundancia relativa (Ar)

¹¹⁰ CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRE – CITES. Lista de especies CITES. Op. cit.

¹¹¹ LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos. GTZ. República Federal Alemana. Pp. 64 - 92.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 117 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

Fr: frecuencia relativa: Es la frecuencia absoluta de una especie en relación con la suma de frecuencias absolutas de todas las especies presentes en la muestra. En la Ecuación No. 2.12 se muestra la forma en que halla la frecuencia relativa.

$$Fr = \left(\frac{Fabs}{\sum FabsTotal} \right) * 100\%$$

Ecuación No. 2.12 Ecuación para hallar la frecuencia relativa (Fr)

Dr: dominancia relativa. Es el porcentaje de la dominancia absoluta de una especie con respecto a la suma de las dominancias absolutas de todas las especies presentes en la muestra. En la Ecuación No. 2.13 se muestra la forma en que se calcula la dominancia relativa:

$$Dr = \left(\frac{Dabs}{\sum DabsTotal} \right) * 100\%$$

Ecuación No. 2.13 Ecuación para halla la dominancia relativa (Dr)

- Cociente de mezcla (CM)

El cociente de mezcla expresa la relación entre el número de especies y el número de individuos totales. Este cociente proporciona una idea de la intensidad de mezcla así como una aproximación de la heterogeneidad del bosque (Ecuación No. 2.14).

$$CM = N/S$$

Ecuación No. 2.14 Ecuación para halla el cociente de mezcla (CM)

Dónde,

S = Número total de especies en el muestreo

N = Número total de individuos en el muestreo

- Distribución diamétrica y altimétrica

Para realizar el análisis por distribución diamétrica dentro del área de influencia, se agruparon los árboles muestreados dentro de clases diamétricas. Los cuales se determinaron a partir de la diferencia entre el diámetro mayor menos el diámetro

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANULES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 118 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

menor y dividiéndose en el número de intervalos. Al determinar el número de árboles por clase diamétrica se obtuvo la frecuencia absoluta, acumulada y relativa. Para visualizar la presencia de estratos en el bosque, Ogawa¹¹², propuso la construcción del diagrama de dispersión de copas¹¹³, el cual corresponde a una gráfica cartesiana, en donde los árboles se representan por coordenadas generadas por los valores de la altura total para eje de las ordenadas y las alturas de reiteración en el eje de las abscisas. Por ejemplo, la coordenada (25,5; 19,5) corresponde a un individuo cuya altura total es de 25,5 m y su altura de reiteración 19,5 m.

Una vez construido el diagrama, se pueden presentar varias tendencias, si se observa conglomerados o conjuntos más o menos aislados de puntos, éstos indican el virtual vacío de las copas en los niveles intermedios. El número de estratos es equivalente a número de conglomerados. Igualmente, el diagrama permite la visualización de los árboles emergentes, los cuales aparecen como puntos aislados en la parte superior - derecha de la gráfica, sin constituir un estrato propiamente dicho.

- Índices ecológicos

La diversidad de especies es un atributo de las comunidades medido por la heterogeneidad y la uniformidad de éstas. La diversidad se compone de dos elementos: el primero es la variación de especies y el segundo es la abundancia relativa de estas¹¹⁴. Se evaluaron los principales índices reportados en la literatura: riqueza y diversidad de especies, dominancia y equidad.

Índice de riqueza de Margalef

El índice de Margalef relaciona el número de especies de acuerdo con el número total de individuos y se expresa con la Ecuación No. 2.15:

$$D_{Mg} = (S - 1)/\ln N$$

Ecuación No. 2.15 Ecuación para hallar el índice de Margalef

Donde:

¹¹² Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino & T. Kira. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand II Plant biomass. Nature and Life Southeast Asia 1965. 4: 49-80

¹¹³ MELO CRUZ, O. A. Y R. VARGAS RIOS. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima, CRQ, Corpocaldas y Cortolima, Ibagué. 2002. 207 p.

¹¹⁴ MAGURRAN, Anne. E. Ecological Diversity and its Measurement. Londres: Croom Helm. 1988. 179 p. ISBN 0632056339.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 119 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

S: número de especies

N: número total de individuos

Índice de Menhinick

El Índice de diversidad de Menhinick se basa en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, el cual aumenta al incrementar el tamaño de la muestra; se calcula con la Ecuación No. 2.16.

$$D_{mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Ecuación No. 2.16 Ecuación para calcular el índice de Menhinick

Donde,

S: número de especies

N: número de individuos

Índice de diversidad de Shannon-Weiner

Este índice indica qué tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas y se expresa con la Ecuación No. 2.17:

$$H' = \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Ecuación No. 2.17 Ecuación para calcular el índice de Shannon-Weiner

Donde:

S: número de especies

p_i : proporción de individuos encontrada en la i -ésima especie. En una muestra se desconoce el verdadero valor de p_i , pero puede estimarse como se muestra en la Ecuación No. 2.18:

$$p_i = p_i / N$$

Ecuación No. 2.18 Ecuación para hallar la proporción de individuos

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 120 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

El valor de este índice varía entre 1 y 5, aunque pueden presentarse excepciones en algunos ecosistemas que pueden superar el valor máximo.

Índice de dominancia de Simpson

Este índice se refiere a la probabilidad de que dos individuos de una comunidad infinitamente grande, tomados al azar, pertenezcan a la misma especie. Para comunidades finitas el índice se expresa mediante la expresión (Ecuación No. 2.19):

$$D = \sum \frac{n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Ecuación No. 2.19 Ecuación calcular el índice de dominancia de Simpson

Donde,

n_i : número de individuos de la i -ésima especie

N : total de individuos.

A medida que D incrementa, la diversidad decrece. Por ello el índice se expresa usualmente como $1-D$, lo que asegura que el valor del índice se incremente con el aumento de la diversidad.

Índice de Berger Parker

El índice de Berger Parker es una medida de dominancia que expresa la abundancia proporcional de la especie más abundante, este índice es independiente de las especies pero es fuertemente influenciado por el tamaño de la muestra; se calcula con la Ecuación No. 2.20.

$$d = N_{\max} / N$$

Ecuación No. 2.20 Ecuación para calcular el índice de Berger Parker

Donde,

N_{\max} = La mayor abundancia de las especies evaluadas N = Número de individuos totales

Para la interpretación de los índices de Simpson y de Berger Parker, los valores numéricos se expresan en forma recíproca ($1/D$ y $1/d$), de esta manera son directamente proporcionales a la diversidad.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 121 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

- Regeneración natural

Para el análisis de la regeneración natural se establecieron dentro de las parcelas cuadrantes y subcuadrantes para el muestreo de latizales y brinzales. A continuación se muestran las dimensiones, características y variables medidas:

- **Latizales:** El conteo de latizales se hace en cuadrantes de 100 m² (10 m x 10 m). Donde se toman las variables de circunferencia a la altura del pecho (CAP) y altura total para todas aquellas especies arbóreas que presentaron entre 1,5 y 3 cm de CAP. Al igual que en las parcelas el cuadrante fue georreferenciado y los individuos marcados. Para el análisis de los latizales se estableció el IVI (Ecuación No. 2.10) y el CM (Ecuación No. 2.14) por cobertura vegetal.
- **Brinzales:** El conteo de brinzales se hace en un subcuadrante de 25 m² (5 m x 5 m) donde se registró la abundancia de las especies arbóreas que tuvieran una altura inferior a 1,30 cm y se georreferenció el subcuadrante. Se analizó su abundancia y frecuencia dentro de las coberturas vegetales identificadas.

- Dinámica temporal y análisis de fragmentación de las coberturas boscosas

Los procesos de fragmentación típicos ocurren cuando las coberturas naturales son modificadas y reemplazadas por nuevos elementos a razón de actividades productivas, industriales o de infraestructura, cuya naturaleza determina el grado de impacto sobre las dinámicas naturales del ecosistema.

Para realizar el análisis de fragmentación de las coberturas naturales se realizó en oficina, previo al muestreo en campo, la digitalización e interpretación visual de las coberturas boscosas y áreas seminaturales empleando los niveles de clasificación según la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, para una escala de detalle 1:10.000, a partir de una ortofotografía del año 2014.

Durante la etapa de campo se realizó la verificación y la captura de puntos de control para cada cobertura interpretada. Esta información se procesó en oficina con la finalidad de establecer el índice de contexto paisajístico para cada fragmento de ecosistema natural.

Una vez elaborado el estado actual de las coberturas boscosas para el año 2015, se realizó un análisis multitemporal a partir de fotografías aéreas como se muestra en la Tabla No. 2.44, con esta interpretación se estimó la pérdida anual de los bosques presentes en el área de influencia del proyecto.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 122 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

Tabla No. 2.44 Recurso fotográfico para el área de estudio

Vuelo	Foto	Fecha	Escala
R – 1148	308	22/03/1989	1:12.000
R – 1148	446	22/03/1989	1:12.000
R – 973	293	09/08/1983	1:30.000

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015.

Una vez identificados los fragmentos boscosos para los años 2015, 1989 y 1983, se describió la forma de cada fragmento a través de tres índices: a) el Índice de Diversidad de Patton, (Di), b) el Factor Forma (Ff), y c) la Dimensión Fractal (D). Los primeros dos se fundamentan en la geometría euclidiana (líneas "lisas", cuadrados, círculos, esferas, cubos), el tercero en la geometría fractal (líneas "aserradas", formas irregulares)¹¹⁵.

En la Tabla No. 2.45 se muestra la información empleada para el análisis de métricas del paisaje dentro del área de influencia del proyecto. Dicho análisis fue realizado para cada una de las coberturas boscosas del área de influencia del proyecto.

Tabla No. 2.45 Métricas utilizadas en el análisis de fragmentación de coberturas boscosas para el área de influencia del proyecto

MÉTRICAS DE CLASE		
Métrica	Descripción	Formula
Área total del núcleo CA	<i>Indica el estado de conservación de los parches del paisaje, ya que expresa el área interna que no se ve afectada por el efecto de borde, lo que permite identificar de manera general el área potencialmente viable para el mantenimiento de la fauna de un paisaje en particular. La magnitud del borde del parche se ha estandarizado una longitud de borde de 100 metros, aunque puede variar de acuerdo a condiciones específicas y particulares del paisaje analizado. El resultado de esta métrica se da en metros, y se analiza teniendo en cuenta que entre más alejado este el resultado de cero (0), el área de parche afectada por efecto de borde es menor, por lo cual hay menor fragmentación. De igual forma, cuando el resultado de la métrica es cero (0), el área central del parche está sobre el buffer, siendo el parche más vulnerable a los efectos externos y por ende a la fragmentación.</i>	$CA = \sum a_{ij}$ Donde: a _{ij} : Área central del parche

¹¹⁵ SUGIHARA G. & MAY R. Applications of fractal in ecology. Trends in Ecology and Evolution. Vol 5, 1990.79 p.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 123 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

MÉTRICAS DE CLASE		
Métrica	Descripción	Formula
Número de parches NP	<i>Determina el número de parches del mismo tipo o cobertura (abundancia), permitiendo tener una aproximación a la representatividad de cada tipo de parche o cobertura del paisaje estudiado.</i>	NP = ni Dónde: ni: número de parches del mismo tipo o cobertura
Densidad de Parches PD	<i>Esta métrica calcula el número total de parches de un mismo tipo, sobre el área total del paisaje (en metros cuadrados), y es multiplicada por 10.000 para ser expresada en hectáreas, resultando en un valor de número de parches de un mismo tipo por 100 hectáreas. Cuando la densidad se acerca a cero (0), no hay representatividad del tipo de parches en el total del área analizada, y entre mayor sea el mayor, hay más parches de un mismo tipo sobre el área analizada.</i>	PD = N / A (10000) (100) Dónde: N: Número total de parches de un mismo tipo en el paisaje analizado A: Área total del paisaje del paisaje analizado en metros cuadrados
tamaño medio de parche MPS	<i>Esta métrica calcula el tamaño medio de los parches de un mismo tipo, se calcula sumando las áreas totales y dividiéndose por el número de parches.</i>	MPS = (a _{ij} + b _{ij} + c _{ij} ...x _{ij}) / N Donde: a _{ij} , b _{ij} , c _{ij} ...x _{ij} : áreas totales de cada parche de un mismo tipo n: Número total de parches de un mismo tipo en el paisaje analizado

Fuente: Ogawa¹¹⁶

Índice de Diversidad de Patton

El índice de Diversidad de Patton expresa la forma de los fragmentos y se calcula utilizando la Ecuación No. 2.21.

$$Di = \frac{P}{2\sqrt{A\pi}}$$

Ecuación No. 2.21 Ecuación para calcular el índice de Diversidad de Patton

Dónde,

Di: índice de diversidad de Patton de cada fragmento

P: perímetro en (m)

¹¹⁶ Ogawa, H., K. et al. Op. cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 124 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

A: área en (m²)

Di varía entre 1 y 2, cuando Di es 1, la forma del fragmento semeja un círculo, a medida que éste va aumentando la forma se va tornando más compleja. Para cada período analizado, el Di fue agrupado en cinco (5) rangos de acuerdo con la metodología establecida por Henao (1988)¹¹⁷, quien los clasifica en: redondo (Di < 1,25), oval redondo (1,25 > Di < 1,5), oval oblongo (1,5 > Di < 1,7), rectangular oblongo (1,7 > Di < 2) y amorfo (Di > 2).

El Di promedio para cada año (± error estándar), se obtuvo como el valor medio de todos los Di por período.

Dimensión Fractal

La dimensión fractal (D), es una medida cuantitativa de complejidad paisajística, es considerada el descriptor más ad hoc para cuantificar la fragmentación de diferentes paisajes¹¹⁸.

La dimensión fractal, D, para el conjunto total de fragmentos en cada año, se obtuvo siguiendo el método de cálculo propuesto por Lovejoy (1982)¹¹⁹. La dimensión fractal usualmente es aplicada a grandes paisajes mediante el uso de la relación área-perímetro y se calcula con la Ecuación No. 2.22.

$$D = \frac{2 \log P}{\log A}$$

Ecuación No. 2.22 Ecuación para calcular la Dimensión Fractal

Dónde,

D: Dimensión Fractal

P: perímetro en (m)

A: área en (m²)

¹¹⁷ HENAO S. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad de Santo Tomas. Centro de Enseñanza Desescolarizada. Ediciones Usta. Bogotá, Colombia. 395 p. Instituto Nacional de Estadísticas INE. 1997. VI Censo Nacional Agropecuario, Resultados preliminares 1997. INE. 443 p.

¹¹⁸ TURNER M.G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. Annu. Rev. Ecol. Syst. Año 1989. P.171-197.

¹¹⁹ LOVEJOY TE. Area-perimeter relation for rain and cloud arcas. Science Vol 216. Año 1982. P. 185 -187

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 125 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

La dimensión fractal expresa el grado de complejidad de los fragmentos, así, en ambas fórmulas, D oscila entre 1 (formas euclidianas simples) y 2 (formas complejas, amorfas y elongadas)¹²⁰

Factor forma

El Factor forma (FF) relaciona el perímetro de un círculo de igual área que el fragmento vs el perímetro del fragmento, mediante la Ecuación No. 2.23:

$$Ff = P_c / P$$

Ecuación No. 2.23 Ecuación para calcular el factor de forma

Dónde,

Ff: Factor de forma

P_c: es el perímetro de un círculo de igual área que el fragmento

P: es el perímetro del fragmento en (m)

El factor forma varía entre 0 (formas lejanas de la circularidad) y 1 (formas circulares)¹²¹. El valor promedio por año se obtuvo como el valor medio de todos los Ff por período.

Por otro lado, las especies arbóreas identificadas durante la fase de campo, se analizaron de acuerdo con su uso principal en la zona, tales como usos maderables, medicinales y alimentación, entre otros. Para ello se utilizó información secundaria, especialmente en las especies forestales de interés maderable, tomando como referencia estudios de investigación y proyectos productivos, entre otros.

- Fauna

A continuación se menciona la metodología empleada en el muestreo de cada uno de los componentes faunísticos terrestres, con el fin de establecer la abundancia, riqueza, índices ecológicos y estado de amenaza, entre otros aspectos, de las especies encontradas por unidad de cobertura presente en el área. La información

¹²⁰ KRUMMEL J.R.; R.H GARDNER; G. SUGIHARA; R.V O'NEILL & P.R. COLEMAN. Landscape patterns in a disturbed environment. Oikos. Año 1987. 321 - 324. P.

¹²¹ Ibid

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 126 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

recolectada en campo para cada grupo faunístico se consignó en plantillas de campo, las cuales se encuentran en el Anexo 5.2.3 de la caracterización biótica.

Herpetofauna

Para la caracterización de la herpetofauna en el área de influencia del proyecto, se utilizaron técnicas de muestreo de observación directa, siguiendo las metodologías y procedimientos descritos por Manzanilla y Péfaur¹²² y Angulo y editores¹²³ (Método VES – Visual Encounter Survey). Se realizó un recorrido inicial del área con el fin de verificar las coberturas vegetales y realizar un muestreo sistemático en hábitats. Luego de la verificación se instalaron 12 polígonos en hábitats acuáticos y semiacuáticos para el muestreo, el cual se realizó durante el día y la noche (Figura No. 2.27, Tabla No. 2.46; Mapa MOD_LA_PTO_ANT_35_Fauna). Estos polígonos fueron muestreados en cuatro (4) días con un esfuerzo de muestreo de 8 horas / día. Adicionalmente se levantaron troncos secos y piedras para registrar en los reptiles en el área, especialmente serpientes.

¹²² MANZANILLA, Jesús & PÉFAUR, Jaime E. Consideraciones sobre métodos y técnicas de campo para el estudio de anfibios y reptiles. En: Revista de Ecología Latinoamericana. Agosto, 2000. vol. 7. no. 1-2 art. 3, p. 17 – 30.

¹²³ ANGULO, Ariadne., RUEDA-ALMONACID, José Vicente., RODRÍGUEZ-MAHECHA, José Vicente & LA MARCA, Enrique (eds). Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región Tropical Andina. Bogotá, D.C. – Colombia.: Panamericana formas e impresos S.A, 2006. 150 p. (Serie manuales de Campo No. 2). ISBN 978-958-97690-5-8.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 127 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

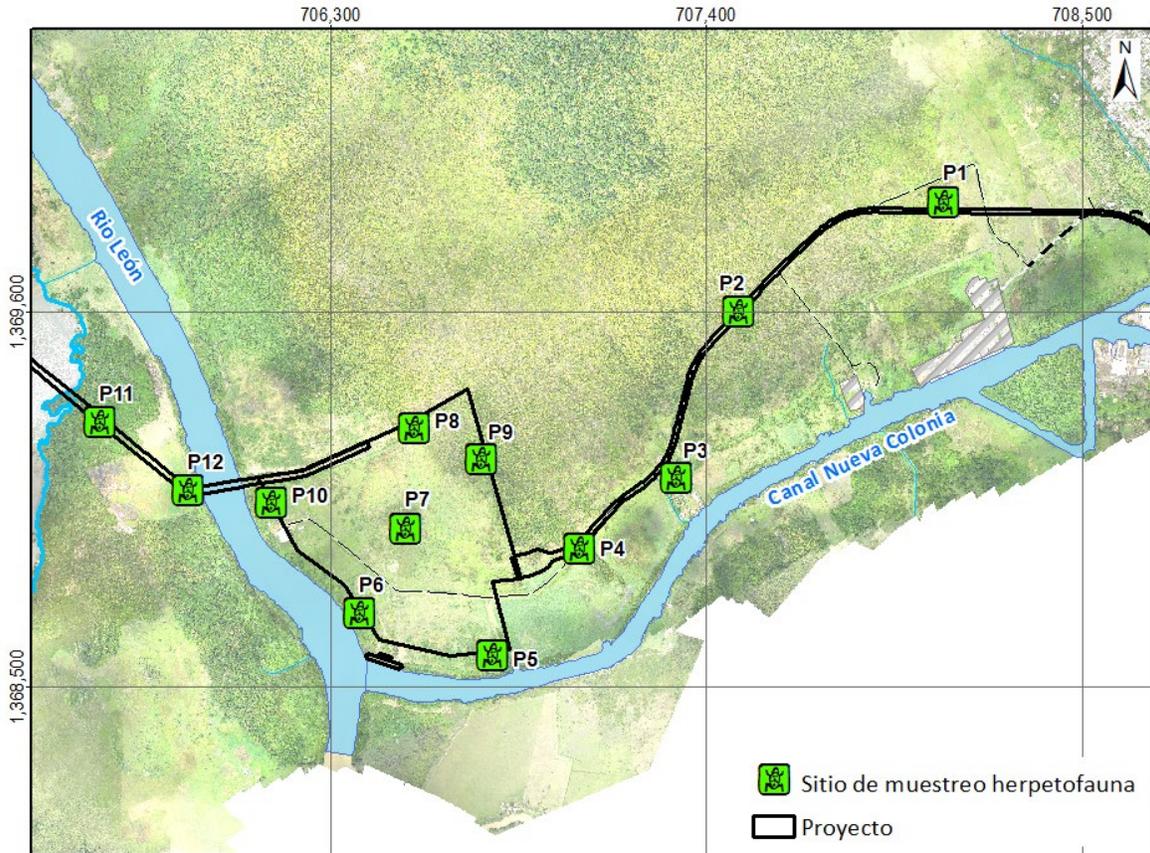


Figura No. 2.27 Localización de polígonos para el muestreo de la herpetofauna en el área de influencia
Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

Tabla No. 2.46 Ubicación geográfica de los polígonos para el muestreo de la herpetofauna en el área de influencia

Sitio	Coordenadas planas magna sirgas origen Bogotá		Área (m ²)
	Este	Norte	
P1	708.093,25	1.369.919,54	8.571
P2	707.492,96	1.369.598,30	11.205
P3	707.309,69	1.369.110,63	23.932
P4	707.026,68	1.368.903,97	10.737
P5	706.773,52	1.368.588,61	11.840
P6	706.384,91	1.368.714,50	14.406
P7	706.516,91	1.368.963,03	12.615
P8	706.544,48	1.369.257,85	6.345
P9	706.738,40	1.369.164,21	9.114
P10	706.124,41	1.369.036,91	17.354
P11	705.621,36	1.369.274,65	11.462
P12	705.880,89	1.369.073,65	5.681

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 128 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

La identificación de especies se realizó *in situ* o con fotografías tomadas en campo y con la ayuda de las guías de Palacio *et al.*¹²⁴, Renjifo y Lundberg¹²⁵, Castro¹²⁶, Páez *et al.*¹²⁷ se llegó hasta el mínimo nivel taxonómico posible. Las especies colectadas para la toma de fotografías facilitando su identificación fueron liberadas en el medio en donde se colectaron. Para el procesamiento de la información y debido a que los anfibios han experimentado en los últimos años constantes reasignaciones en su clasificación, se verificó su taxonomía siguiendo la clasificación propuesta por Frost¹²⁸.

Los análisis de la comunidad de herpetos presente en el área se realizaron por unidad de cobertura muestreada. Para cada cobertura se calculó la riqueza y abundancia de especies y con esta información se construyó un mapa a escala 1:10.000 mostrando la distribución de las especies sobre las coberturas vegetales y el uso actual de su suelo. Así mismo, se encontraron los índices ecológicos de riqueza de Margalef (Ecuación No. 2.15), diversidad de Shannon-Weiner (Ecuación No. 2.17), dominancia de Simpson (Ecuación No. 2.19) y equitabilidad de Pielou. Este último índice muestra la distribución de la abundancia de las especies dentro de la comunidad y sus valores fluctúan entre 0 y 1, donde los cercanos a cero indican que las especies no son igualmente abundantes y si los valores se acercan a uno expresa que las especies son igualmente abundantes. En la Ecuación No. 2.24 se expresa la forma en que se calcula este índice.

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Ecuación No. 2.24 Ecuación para calcular el índice de equitabilidad de Pielou

Dónde,

$$H'_{\max} = \ln S$$

¹²⁴ PALACIO BAENA, Jaime Alberto., MUÑOZ ESCOBAR, Eliana María., GALLO DELGADO, Sandra Milena., RIVERA CORREA, Mauricio. Anfibios y reptiles del Valle de Aburrá. Medellín.: Editorial Zuluaga Ltda, 2006. 92 p. ISBN 958-33-9901-9.

¹²⁵ RENJIFO, Juan Manuel y LUNDBERG, Mikael. Guía de campo Anfibios y reptiles de Urrá. Medellín Colombia.: Editorial Colina, 1999. 51 p. ISBN 958-33-1200-2.

¹²⁶ CASTRO-HERRERA, Fernando. Taxonomía de grupos mayores de anfibios y reptiles colombianos (escrito en preparación y revisión). Cali Colombia.: Editorial Universidad del Valle, 2008. 88p.

¹²⁷ PÁEZ Vivian, BOCK BC, ESTRADA JJ, ORTEGA AM, DAZA JM y GUTIÉRREZ Paul David. Guía de Campo de Algunas Especies de Anfibios y Reptiles de Antioquia. Medellín.: Editorial Universidad de Antioquia, 2002. 136 p.

¹²⁸ FROST, Darrel R. Amphibian Species of the World: an Online Reference Version 6.0. American Museum of Natural History. Electronic Database. New York, USA. 2014. (Date of access 2015-30-07). Accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 129 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

S = número de especies

Adicionalmente se identificaron y mapificaron a escala 1:10.000 las posibles rutas de desplazamiento de la herpetofauna dentro del área de influencia del proyecto. Por último, se consultó si las especies registradas eran endémicas o casi endémicas en el país¹²⁹ y se verificó su estado de amenaza consultando la Resolución 0192 de 2014¹³⁰, el libro rojo de anfibios¹³¹ y reptiles¹³² de Colombia, la lista de especies amenazadas de UICN¹³³ y los Apéndices I, II y III de CITES¹³⁴. A su vez, para dichas especies con información secundaria existente se describieron sus características ecológicas, entre ellas sus potenciales áreas de cría, reproducción y alimentación.

Aves

Para la caracterización de la avifauna se siguió la metodología propuesta por Villareal *et al.*¹³⁵, la cual consta de la detección visual de la fauna mediante la realización de recorridos aleatorios, por lo cual no se colectaron especímenes. Para esto recorridos se realizaron 16 transectos a lo largo del área de influencia cubriendo así las coberturas vegetales presentes (Figura No. 2.28, Tabla No. 2.47, Mapa MOD_LA_PTO_ANT_35_Fauna). Los muestreos se realizaron por dos (2) días en las horas de la mañana y la tarde con el fin de registrar las aves en sus horas de mayor actividad, para un esfuerzo de muestreo de 8 horas / día. Adicionalmente se instaló una cámara de video con trípode en 16 puntos fijos donde se registró mayor actividad de aves (Figura No. 2.29, Tabla No. 2.48, Mapa MOD_LA_PTO_ANT_35_Fauna).

¹²⁹ THE REPTILE DATABASE. . [en línea] <http://reptile-database.reptarium.cz/> [citado el 30 de julio de 2015]

¹³⁰ COLOMBIA. . MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0192 (10, febrero, 2014). Op. cit., p. 27-28, 34-35.

¹³¹ RUEDA-ALMONACID, José Vicente., LYNCH, John., AMÉZQUITA, Adolfo. Libro rojo de los anfibios de Colombia. Bogotá.: Conservación Internacional Colombiana, Universidad Nacional, Instituto de Ciencias Naturales, Ministerio del Medio Ambiente. 2004. 384 p. (Serie de libros rojos de especies amenazadas de Colombia).

¹³² CASTAÑO-MORA, Olga Victoria. Libro rojo de reptiles de Colombia. Bogotá.: Instituto Humboldt Colombia, Universidad Nacional de Colombia, 2002. 160 p. (Serie de libros rojos de especies amenazadas de Colombia). ISBN 9587011872.

¹³³ UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA – UICN. La lista roja de especies amenazadas de la UICN. Op. cit.

¹³⁴ CONVENCION SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRE – CITES. Lista de especies CITES. [en línea] <http://checklist.cites.org/#/es> [citado el 30 de julio de 2015].

¹³⁵ VILLARREAL *et al.* Op. cit., 91 – 105.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 130 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

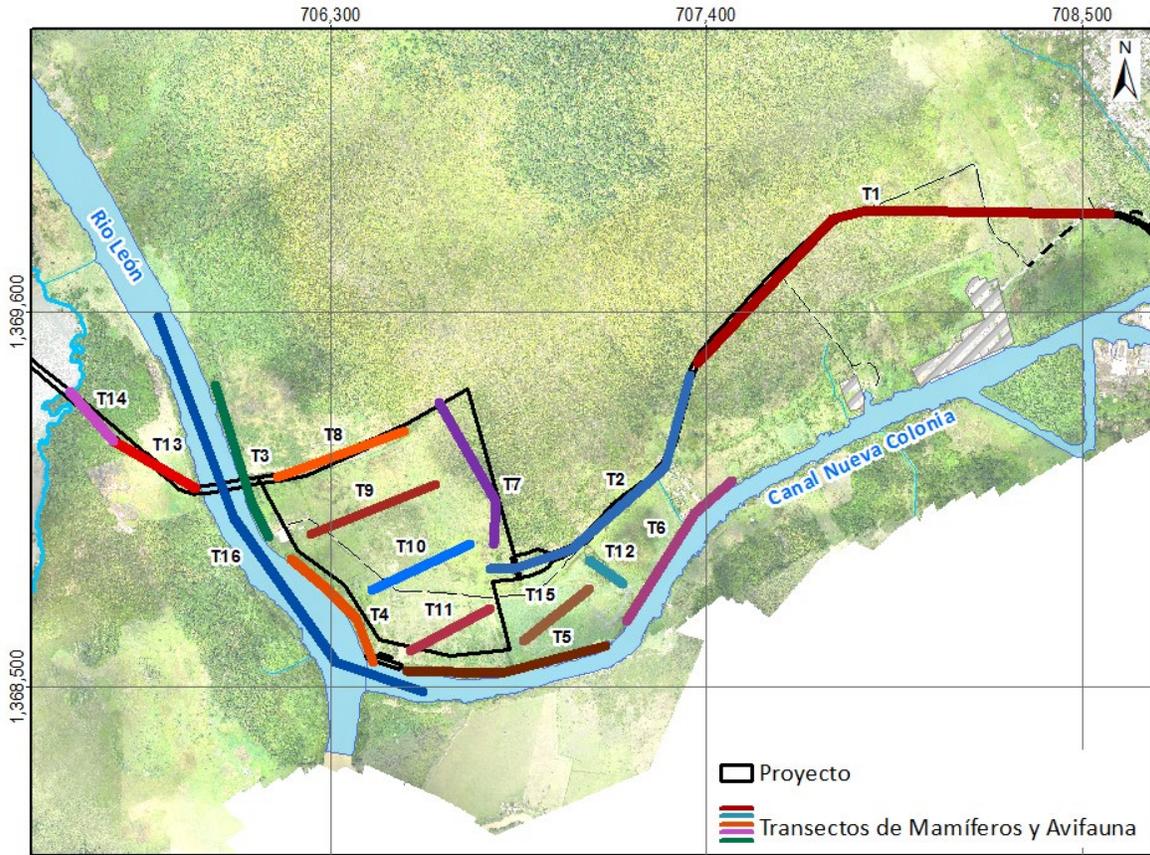


Figura No. 2.28 Localización de transectos para el muestreo de aves y mamíferos en el área de influencia
Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

Tabla No. 2.47 Ubicación geográfica de los transectos para el muestreo de aves y mamíferos en el área de influencia

Transecto	Coordenadas planas magna sirgas origen Bogotá				Longitud (m)	Azimut
	Este inicial	Norte inicial	Este final	Norte final		
T1	708.580,90	1.369.883,93	707.372,88	1.369.448,91	1.398,54	250
T2	707.350,21	1.369.412,42	706.766,40	1.368.846,77	888,39	226
T3	705.960,91	1.369.383,09	706.118,60	1.368.940,28	471,13	160
T4	706.182,78	1.368.875,08	706.421,62	1.368.571,16	397,21	142
T5	706.521,31	1.368.546,96	707.103,18	1.368.617,85	591,97	83
T6	707.166,30	1.368.692,06	707.476,26	1.369.102,42	519,15	37
T7	706.615,74	1.369.332,42	706.776,66	1.368.919,49	458,55	159
T8	706.514,28	1.369.249,29	706.144,52	1.369.115,52	393,21	250
T9	706.603,75	1.369.091,64	706.240,89	1.368.947,35	390,50	248
T10	706.707,04	1.368.916,44	706.420,80	1.368.782,14	316,18	245
T11	706.764,99	1.368.727,57	706.531,02	1.368.603,41	264,88	243
T12	707.054,75	1.368.868,84	707.155,25	1.368.801,87	120,77	124
T13	705.904,17	1.369.082,16	705.671,86	1.369.216,30	268,26	301

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

Transecto	Coordenadas planas magna sirgas origen Bogotá				Longitud (m)	Azimut
	Este inicial	Norte inicial	Este final	Norte final		
T14	705.661,44	1.369.219,86	705.537,08	1.369.363,78	190,21	320
T15	707.057,72	1.368.788,53	706.861,83	1.368.632,70	250,31	232
T16	706.568,54	1.368.484,48	705.792,53	1.369.582,05	1.414,85	325

Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

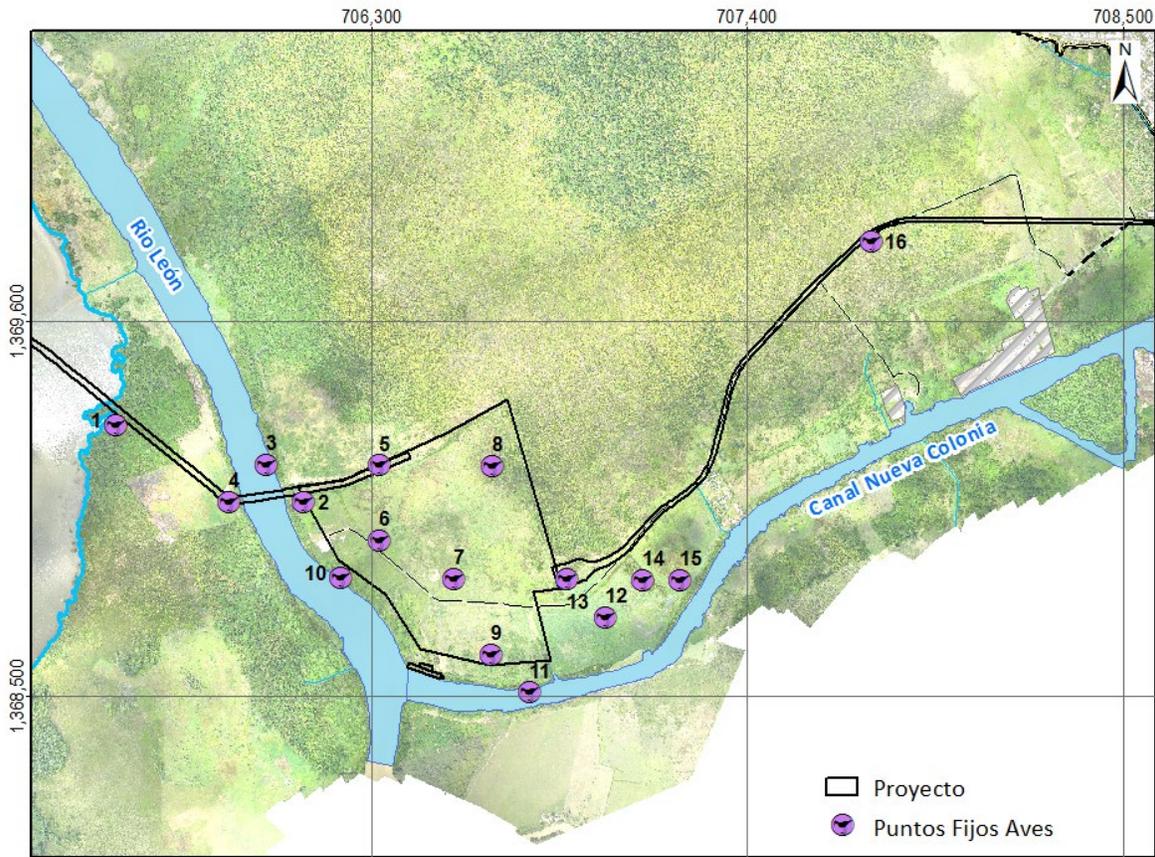


Figura No. 2.29 Localización de los puntos fijos para la detección de aves en el área de influencia
Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

Tabla No. 2.48 Ubicación geográfica de los puntos fijos para la detección de aves en el área de influencia

Punto fijo aves	Coordenadas planas magna sirgas origen Bogotá	
	Este	Norte
1	705.551,13	1.369.292,27
2	706.101,60	1.369.067,30
3	705.991,93	1.369.178,72
4	705.880,84	1.369.068,72
5	706.323,07	1.369.176,60
6	706.321,65	1.368.955,18
7	706.541,69	1.368.843,05

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANULES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 132 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

Punto fijo aves	Coordenadas planas magna sirgas origen Bogotá	
	Este	Norte
8	706.654,20	1.369.174,48
9	706.650,66	1.368.620,92
10	706.210,56	1.368.845,17
11	706.760,33	1.368.509,50
12	706.982,50	1.368.729,51
13	706.872,83	1.368.840,93
14	707.093,59	1.368.839,52
15	707.203,97	1.368.838,81
16	707.762,22	1.369.831,68

Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

La identificación de especies se realizó *in situ* o con fotografías tomadas en campo llegando hasta el mínimo nivel taxonómico posible. Para el procesamiento y verificación de la taxonomía de este grupo se siguió la establecida en AviBase¹³⁶. Los análisis de la comunidad de aves presente en el área se realizaron por unidad de cobertura muestreada.

Para cada cobertura se calculó la riqueza y abundancia de especies y con esta información se construyó un mapa a escala 1:10.000 mostrando la distribución de las especies sobre las coberturas vegetales y el uso actual de su suelo. Así mismo, se encontraron los índices ecológicos de riqueza de Margalef (Ecuación No. 2.15), diversidad de Shannon-Weiner (Ecuación No. 2.17), dominancia de Simpson (Ecuación No. 2.19) y equitabilidad de Pielou (Ecuación No. 2.24). Adicionalmente se identificaron y mapificaron a escala 1:10.000 las posibles rutas de desplazamiento de la herpetofauna dentro del área de influencia del proyecto.

Por otra parte, se establecieron los gremios tróficos a los que pertenecen las especies registradas así como el principal uso que se les da a las mismas¹³⁷. También se establecieron cuáles de las especies registradas son especies migratorias¹³⁸ y cuales están clasificadas como endémicas, casi endémicas y de interés en el país^{139 140}. Finalmente, se verificó el estado de amenaza de las

¹³⁶ AVIBASE. The world bird database. [en línea] <http://avibase.bsc-eoc.org/avibase.jsp> [citado el 30 de julio de 2015]

¹³⁷ BirdLife International. Species factsheets. [en línea]. <http://www.birdlife.org> [citado el 30 de julio de 2015]

¹³⁸ COLOMBIA. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia – Aves. Volumen 1. WWF Colombia. Bogotá, Eds: NARANJO, Luis German, AMAYA, Juan David, EUSSE-GONZÁLEZ, Diana y CIFUENTES SARMIENTO, Yanira. 2012. 708 p. ISBN 978-958-8353-43-2

¹³⁹ SALAMAN, Paul, DONEGAN, Thomas y CARO, David. Listado de Aves de Colombia. En: Conservación Colombiana. Mayo, 2009. no. 8, p. 3-79

¹⁴⁰ CHAPARRO-HERRERA, Sergio, ECHEVERRY-GALVIS, María Ángela, CÓRDOBA-CÓRDOBA, Sergio y SUABECERRA, Adriana. Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. En: Biota Colombiana. 2013. vol. 14. No. 2. 235-272

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 133 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

especies reportadas consultando la Resolución 0192 de 2014¹⁴¹, el libro rojo de aves de Colombia¹⁴² de Colombia, la lista de especies amenazadas de UICN¹⁴³ y los Apéndices I, II y III de CITES¹⁴⁴. A su vez, para dichas especies con información secundaria existente se describieron sus características ecológicas, entre ellas sus potenciales áreas de cría, reproducción, alimentación y anidación.

3. Mamíferos

Para llevar a cabo la caracterización de los mamíferos pequeños, medianos y grandes y los voladores en el área de influencia, se emplearon métodos de observación directa y de detección indirecta¹⁴⁵. Los métodos de observación directa constaron en recorrer 16 transectos para la registro de mamíferos, en los cuales se realizaron búsquedas de rastros como heces, marcas en árboles y madrigueras, entre otros. Dichos transectos fueron los mismos que se emplearon para el registro de aves (Figura No. 2.28, Tabla No. 2.47, Mapa MOD_LA_PTO_ANT_35_Fauna). Los muestreos se realizaron por dos (2) días para un esfuerzo de muestreo de 8 horas / día. Como métodos de detección indirecta, se implementaron 16 trampas de huella y 16 cámaras trampa para la identificación de mamíferos medianos y grandes (Fotografía No. 2.5, Figura No. 2.30, Tabla No. 2.49, Mapa MOD_LA_PTO_ANT_35_Fauna). El esfuerzo de muestreo para las trampas huella fue de 8 trampas / día para un total de 16 trampas / 2 días y para las cámaras trampas fue de 2 cámaras / día para un total de 16 cámaras instaladas / 8 días. Para las trampas de huella se retiró el material vegetal del suelo, se preparó el terreno con azadón y luego se aplanó.

¹⁴¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0192 (10, febrero, 2014). Op. cit., p. 28-32.

¹⁴² RENJIFO, Luis Miguel, FRANCO-MAYA, Ana María, AMAYA-ESPINEL, Juan David, KATTAN, Gustavo y LÓPEZ-LANÚS, Bernabé. Libro rojo de aves de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Ministerio de Medio Ambiente. Serie de libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá. 2002. p. 554. ISBN: 958-8151-08-2

¹⁴³ UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA – UICN. La lista roja de especies amenazadas de la UICN. Op. cit.

¹⁴⁴ CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRE – CITES. Lista de especies CITES. Op. cit.

¹⁴⁵ SÁNCHEZ, Francisco, SÁNCHEZ-PALOMINO, Pedro y CADENA, Alberto. Inventario de mamíferos en un bosque de los Andes centrales de Colombia. En: Caldasia. 2004. vol. 26. no. 1. p. 291-309.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANULES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 134 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:



Fotografía No. 2.5 Trampas de huella (izquierda) y cámaras trampa (derecha) instaladas para el muestreo indirecto de mamíferos

Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

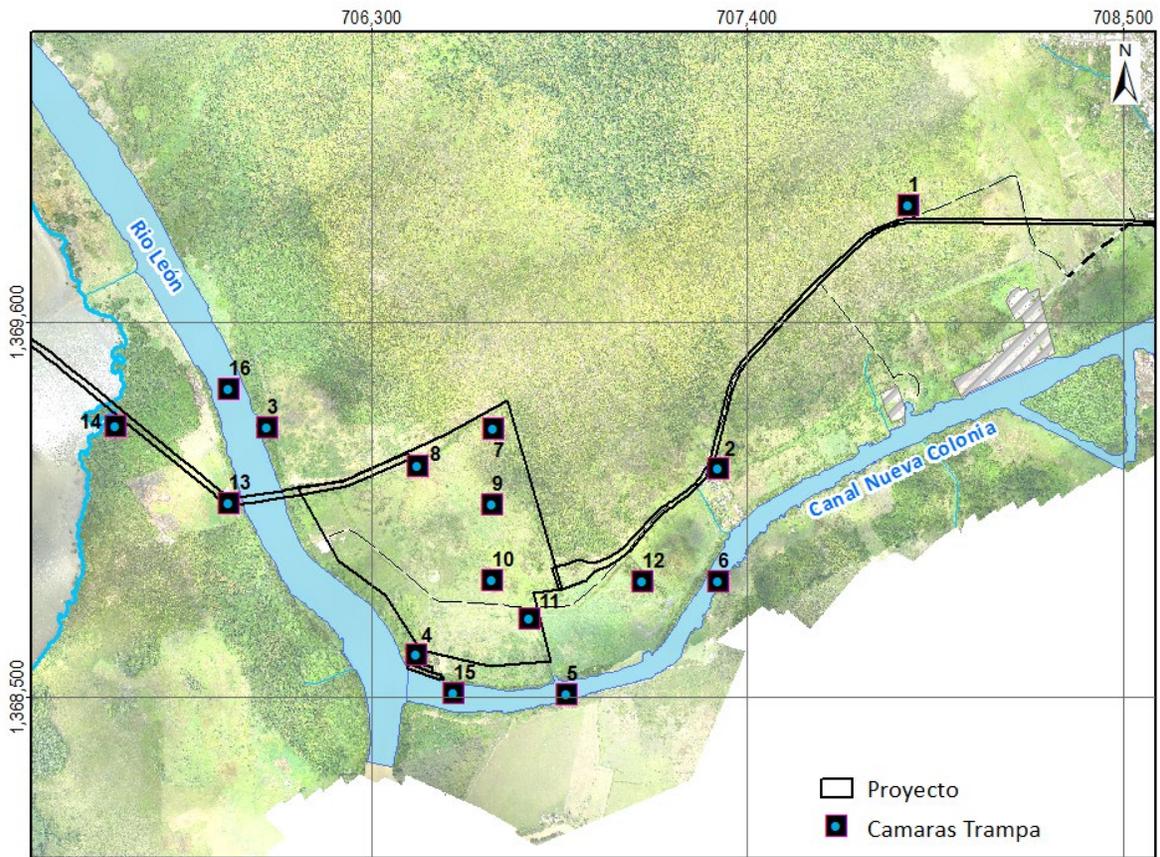


Figura No. 2.30 Localización de las cámaras trampa instaladas para la detección de mamíferos en el área de influencia
Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 135 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Tabla No. 2.49 Ubicación geográfica de las cámaras trampa instaladas para la detección de mamíferos en el área de influencia

Cámara	Coordenadas planas magna sirgas origen Bogotá	
	Este	Norte
1	707.873,30	1.369.941,68
2	707.316,47	1.369.170,24
3	705.992,64	1.369.289,43
4	706.429,90	1.368.622,34
5	706.870,71	1.368.508,80
6	707.314,35	1.368.838,11
7	706.654,91	1.369.285,19
8	706.433,44	1.369.175,89
9	706.653,49	1.369.063,77
10	706.652,07	1.368.842,34
11	706.761,74	1.368.730,93
12	707.093,59	1.368.839,52
13	705.880,84	1.369.068,72
14	705.551,13	1.369.292,27
15	706.539,57	1.368.510,92
16	705.882,97	1.369.400,85

Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

Para la captura de pequeños mamíferos no voladores (PMNV) se emplearon 60 trampas tipo Sherman, 30 de éstas se ubicaron en seis (6) puntos estratégicos (Tabla No. 2.50, Mapa MOD_LA_PTO_ANT_35_Fauna) en bosques de galería y densos durante todos los días del muestreo y las otras 30 se distribuyeron en las demás coberturas vegetales (arracachal, pastos y herbazales) dos noches por cada cobertura, con el fin de intensificar el muestreo en los hábitats de bosques donde hay mayor probabilidad de encontrar y/o capturar individuos de PMNV, para un total de 2.160 horas trampa en las coberturas evaluadas. Las trampas se ubicaron en el suelo, con una separación aproximada de 10-15 m entre cada una, procurando cubrir los diferentes estratos del sitio de muestreo.

Debido a que los pequeños mamíferos se muestran esquivos ante la presencia de elementos extraños en su entorno, es necesario dejar las trampas, como mínimo, por dos noches en cada cobertura. Estas se situaron en sitios estratégicos y microhábitats como troncos caídos, base de árboles, ramas de árboles, follaje de ramas, cavidades formadas por las raíces, cerca de cuevas, en bordes de piedras, bordes de cuerpos de agua y en sendas. Para este muestreo se siguió la metodología de diferentes autores^{146 147 148 149}. Estas trampas son útiles para

¹⁴⁶ SMITH, G.C., D.W. KAUFMAN, R.M. JONES, J.B. GENTRY, AND M.H. SMITH. 1971. The relative effectiveness of two types of snap traps. *Acta Theriologica*, 16 : 284 - 288.

¹⁴⁷ KALKO, E.K.V. AND C.O. HANDLEY, JR. 1992. Comparative studies of small mammal populations with transects of snap traps and pitfall arrays in southwest Virginia. *Virginia Journal of Science* 44 : 3 - 18 pp.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 136 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

capturar pequeños mamíferos terrestres y arborícolas, tales como cricétidos y marsupiales pequeños (ratones, marmosas, chuchitas, entre otros)¹⁵⁰.

Todas las trampas fueron revisadas diariamente en horas de la mañana para verificar las capturas y cambiar cebos. Para las trampas Sherman se utilizó como cebo una mezcla de maní, avena y esencia de vainilla.

El ejemplar capturado en las trampas se extrajo manualmente utilizando guantes de cuero y se depositó, en una bolsa de tela. Posteriormente en una libreta de campo, se registró la fecha, hora, el nombre científico, el número de individuos, características morfométricas, sexo, peso, localidad, el hábitat donde fue colectado y otras características de interés. Al ejemplar se le tomó fotografías y posteriormente se liberó en el mismo sitio de captura.

Tabla No. 2.50 Ubicación geográfica de los puntos de muestreo donde se instalaron las trampas Sherman

Punto	Coordenadas planas magna sirgas origen Bogotá	
	Este	Norte
M1	705.664,23	1.369.239,26
M2	705.652,11	1.369.260,87
M3	706.079,78	1.369.012,09
M4	706.809,80	1.368.573,77
M5	706.375,30	1.368.714,95
M6	705.630,65	1.369.261,01

Fuente: SAG S.A., 2015

Para los mamíferos voladores (murciélagos - orden Chiroptera), se emplearon redes de niebla. Se instalaron dos (2) redes de niebla de 12 m de largo por 2,40 m de alto y 32 mm de ojo de malla, para un total de 24 metros/red por cobertura seleccionada. Estas fueron ubicadas en las diferentes unidades de vegetación detectadas en la zona de influencia del proyecto y en sitios estratégicos de cada cobertura. Las redes fueron activadas a partir de las 18:00 horas hasta la 20:00 horas por día de muestreo para un total de 504 horas/red por cobertura evaluada. Los individuos capturados se depositaron en bolsas de tela para su identificación, toma de medidas, peso, sexo, registró fotográfico y posterior liberación.

¹⁴⁸ WILSON D. E., F.R. COLE, J.D. NICHOLS, R. RUDRAN Y M.S. FOSTER. 1996. Measuring and monitoring biological diversity. Standard Methods for Mammals. Smithsonian Institution Press, Washington and London, 1-409 pp.

¹⁴⁹ ARANDA-SÁNCHEZ, J. M. 1981. Rastros de mamíferos silvestres de México. Instituto Nacional de Investigaciones sobre recursos bióticos, Xalapa, Veracruz, México.

¹⁵⁰ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. 2010. Metodología general para la presentación de estudios ambientales. Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 72 p.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 137 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

La identificación de especies con métodos directos e indirectos se realizó *in situ* o con fotografías tomadas en campo llegando hasta el mínimo nivel taxonómico posible, en el caso de las especies de murciélagos se emplearon listas de murciélagos de Colombia¹⁵¹ ¹⁵² y claves de identificación taxonómica¹⁵³ ¹⁵⁴.

Los análisis de la comunidad de mamíferos presente en el área se realizaron por unidad de cobertura muestreada. Para cada cobertura se calculó la riqueza y abundancia de especies y con esta información se construyó un mapa a escala 1:10.000 mostrando la distribución de las especies sobre las coberturas vegetales y el uso actual de su suelo. Así mismo, se encontraron los índices ecológicos de riqueza de Margalef (Ecuación No. 2.15), diversidad de Shannon-Weiner (Ecuación No. 2.17), dominancia de Simpson (Ecuación No. 2.19) y equitabilidad de Pielou (Ecuación No. 2.24). Adicionalmente, se identificaron las rutas de desplazamiento de los mamíferos dentro del área de influencia del proyecto. Adicionalmente se identificaron y mapificaron a escala 1:10.000 las posibles rutas de desplazamiento de la herpetofauna dentro del área de influencia del proyecto.

Finalmente, se consultó si las especies registradas eran endémicas o casi endémicas en el país¹⁵⁵ y se verificó su estado de amenaza consultando la Resolución 0192 de 2014¹⁵⁶, libro rojo de mamíferos¹⁵⁷ de Colombia, la lista de especies amenazadas de UICN¹⁵⁸ y los Apéndices I, II y III de CITES¹⁵⁹. A su vez, para dichas especies con información secundaria existente se describieron sus características ecológicas, entre ellas sus potenciales áreas de cría, reproducción, alimentación y anidación.

¹⁵¹ FERRER PÉREZ, A. M. BELTRÁN, A. P. DÍAZ-PULIDO, F. TRUJILLO, H. MANTILLA-MELUK, O. HERRERA, A. F. ALFONSO, ESTEBAN PAYÁN. 2010. Lista de los mamíferos de la cuenca del río Orinoco. *Biota Colombiana*, 10: 179 – 207.

¹⁵² ESTRADA-VILLEGAS, S & B. H., RAMÍREZ. 2013. Bats of Casanare, Colombia. *Chiroptera Neotropical* 19(3) Special Volume: 1-13. *Boletín SAO*, 15(2): 105-111.

¹⁵³ AGUIRRE L.F.; VARGAS A. AND SOLARI S. 2009. Clave de campo para la identificación de los murciélagos de Bolivia. Centro de Estudios en Biología Teórica y Aplicada, Cochabamba, Bolivia.

¹⁵⁴ MUÑOZ, J. 2001. Los murciélagos de Colombia. Sistemática, distribución, descripción, historia natural y ecología Universidad de Antioquia, Medellín. Colombia. Pp 390.

¹⁵⁵ SOLARI, Sergio, MUÑOZ-SABA, Yaneth, RODRÍGUEZ-MAHECHA, José V., DEFLER, Thomas R., RAMÍREZ-CHAVES, Héctor E. y TRUJILLO, Fernando. Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. *En: Mastozoología Neotropical*. 2013. vol. 20. no. 20. p. 301-365

¹⁵⁶ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0192 (10, febrero, 2014). Op. cit., p. 27-28, 34-35.

¹⁵⁷ RODRÍGUEZ-MAHECHA, José Vicente, ALBERICO, Michael, TRUJILLO, Fernando y JORGENSON, Jeff. Libro rojo de mamíferos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Ministerio de Medio Ambiente. Seri de libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá. 2006. p. 430. ISBN: 978-958-97690-7-2

¹⁵⁸ UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA – UICN. La lista roja de especies amenazadas de la UICN. Op. cit.

¹⁵⁹ CONVENCION SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRE – CITES. Lista de especies CITES. [en línea] <http://checklist.cites.org/#/es> [citado el 30 de julio de 2015].

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 138 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

2.3.2.3 Ecosistemas acuáticos continentales y marino-costeros

A continuación se muestran los métodos que se emplearon para realizar la caracterización florística y faunística de los ecosistemas acuáticos continentales y marino-costeros presentes en el área de influencia de acuerdo a lo estipulado en los términos de referencia M-M-INA-05. Las estaciones de muestreos para flora y fauna (hidrobiológicos) corresponden a las coordenadas de las estaciones de calidad del agua y sedimentos (Figura No. 2.31, Tabla No. 2.51, Mapa MOD_LA_PTO_ANT_35_Fauna) y su muestreo se realizó en época de transición o verano.

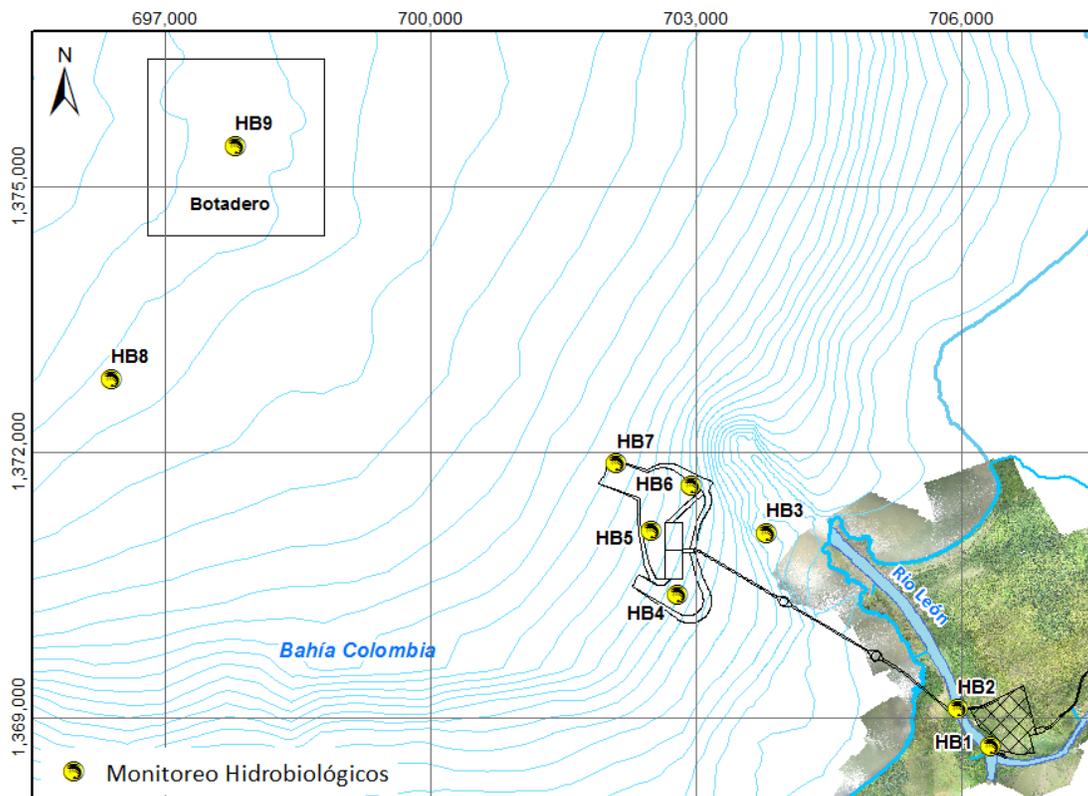


Figura No. 2.31 Puntos de muestreo hidrobiológicos fluviales y marinos
Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 139 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Tabla No. 2.51 Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo de flora y fauna en el ecosistema acuático continental

ECOSISTEMAS	ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS Origen BOGOTÁ	
		Este	Norte
Acuáticos continentales	HB1	706,327.33	1,368,671.49
	HB2	705,956.74	1,369,095.03
Marino-costeros	HB3	703,792.94	1,371,083.51
	HB4	702,783.75	1,370,390.87
	HB5	702,487.86	1,371,110.59
	HB6	702,943.68	1,371,628.00
	HB7	702,099.85	1,371,870.99
	HB8	696,387.84	1,372,825.31
	HB9	697,792.41	1,375,464.03

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

- Flora

La caracterización del fitoplancton y el perifiton se realizó siguiendo la metodología propuesta por el laboratorio certificado que realizó el muestreo (SGS Colombia S.A.), la cual está de acuerdo con los lineamientos establecidos por el IDEAM y el INVEMAR. A continuación se muestra la metodología empleada. Para las dos estaciones ubicadas en el ecosistema lótico del río León, se consideró solamente el perifiton.

1. Fitoplancton

El fitoplancton se recolectó con una red cónica de 50 cm de diámetro de boca y 80 µm de abertura de malla, equipada con un flujómetro mecánico previamente calibrado. Los arrastres fueron horizontales y superficiales (Fotografía No. 2.6). Antes de realizar cada arrastre se registró la lectura inicial del flujómetro y la hora de inicio (Ti). Los arrastres tuvieron una duración de 2 minutos a una velocidad constante y fueron realizados en círculos. Al término del arrastre se consignó la hora (Tf) y la lectura final del flujómetro. Una vez depositada la muestra en la botella colectora posteriormente se envasó en frascos de 250 ml y se procedió a fijarlas con solución Transeau (agua destilada, alcohol, formol) proporción 1:1:1.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 140 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	



Fotografía No. 2.6 Procedimiento de muestreo de la comunidad planctónica
Fuente SGS Environmental Services, 2015

Para realizar el procesamiento de las muestras colectadas, cada una fue homogenizada por medio de burbujeo utilizando una pipeta Pasteur siguiendo la metodología propuesta por Semina¹⁶⁰. Esta metodología permitió un mejor manejo de los datos para la aplicación de la técnica de análisis de una alícuota. Para este análisis se utilizó una micropipeta transferpette de 10 - 100 μ L estableciendo un volumen de 50 μ L para cada alícuota. Una vez se ubicó la muestra bajo el microscopio óptico compuesto se realizó un barrido en zigzag en el aumento de 40x de manera que abarcara la mayor área posible de la alícuota, analizando 10 alícuotas, donde la curva de riqueza acumulada se estabilizó. Para la identificación de las muestras se utilizó literatura especializada^{161 162 163 164 165} y para la clasificación taxonómica de cada especie se tuvo en cuenta la base de datos taxonómica Integrated Taxonomic Information System (ITIS)¹⁶⁶ y Algaebase¹⁶⁷.

¹⁶⁰ SEMINA H.J. Treatment of an aliquot simple. En: Phytoplankton manual. SOURNIA A. (ed.) Muséum National d'Histoire Naturelle. Paris. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization – UNESCO. 1978. 335 p. ISBN: 92-3-101572-9

¹⁶¹ RAMÍREZ, J. Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios, Medellín. Editorial Universidad de Antioquia. 2000. 207 p.

¹⁶² STREBLE, HEINZ y KRAUTER, DIETER. Atlas de los microorganismos de agua dulce. Ediciones Omega S.A.. Barcelona. 1987. 372 p. ISBN: 84-282-0800-X

¹⁶³ WHITFORD, L. A. y SHUMACHER, A. A manual of the fresh-water algae in North Carolina. North Carolina Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin. 1969. no. 188. 313 p

¹⁶⁴ VIDAL-VELASQUEZ Luis Alfonso. Manual del Fitoplancton hallado en la Ciénaga Grande de Santa Marta y Cuerpos de agua aledaños. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. 2010. 348 p.

¹⁶⁵ AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION Y WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION (APHA-AWWA-WEF). Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington D.C. Edition 22th. 2012

¹⁶⁶ INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM – ITIS. [en línea] <http://www.itis.gov/> [citado el 11 de agosto de 2015]

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 141 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Los análisis de la comunidad fitoplanctónica se realizaron en función de la riqueza de especie y densidad (ind/L) de individuos por estación de muestreo. Con el fin de hallar la densidad de individuos se utilizó la ecuación de Badillo¹⁶⁸ para determinar el volumen filtrado (Ecuación No. 2.25):

$$V_f = (3,14 * D_r^2 / 4)(N_r * C_r)$$

Ecuación No. 2.25 Ecuación para determina el volumen filtrado

Donde:

V_f: Volumen de agua filtrada por la red (m³)

D_r: Diámetro de la boca de la red, m

N_r: Número de revoluciones en el flujómetro (El número de revoluciones en el flujómetro se obtiene restando la lectura inicial de la lectura final).

C_r: Constante del rotor (0,3 m).

Una vez obtenido este valor para cada uno de las estaciones muestreadas se procedió al cálculo de la densidad para cada taxón siguiendo la metodología de Paggi y Paggi¹⁶⁹ (Ecuación No. 2.26):

$$\text{Ind/ml} = (\# \text{ Ind/V}_1) * (V_2/V_3)$$

Ecuación No. 2.26 Calculo de la densidad para los diferentes organismos para la comunidad planctónica

Donde:

Ind: número de individuos identificados por taxón

V₁: volumen observado (# de alícuotas * Volumen de alícuota)

V₂: volumen de la muestra

V₃: volumen filtrado

¹⁶⁷ GUIRY, M.D & GUIRY, G.M. 2015. AlgaeBase. World-wide electronic publication, Natonal University Of Ireland, Galway. [en línea] <http://www.algaebase.org/> [citado el 11 de agosto de 2015]

¹⁶⁸ BADILLO, M., GALINDO M., GALLARDO A., LIZAMA, G., PALOMINO, G., ARENA, M., y CHIAPPA, J. Manual de prácticas de ecología acuática. Universidad Nacional Autónoma de México. 2010. 98 p.

¹⁶⁹ PAGGI, S.J. y J.C. PAGGI. Determinación de la abundancia y biomasa zooplanctónica. En: Ecosistemas de aguas Continentales. Metodología para su estudio. Lopretto, E.C y G. Tell (eds) Ediciones Sur, La Plata, Argentina. 1995.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 142 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

Nota: de acuerdo con la Ecuación No. 2.26 se transformaron las unidades volumétricas a litro realizando una conversión dividiendo por 1.000 cada volumen en particular.

Adicionalmente se calcularon los índices ecológicos de diversidad de Margalef (Ecuación No. 2.15), Shannon-Weiner (Ecuación No. 2.17), dominancia de Simpson (Ecuación No. 2.19) y equitabilidad de Pielou (Ecuación No. 2.24). Para evaluar que tan similares fueron las comunidades fitoplanctónicas en términos de composición, densidad y estaciones de muestreo se realizó un análisis cuantitativo utilizando el índice de similitud de Bray – Curtis, calculado a partir de la matriz de densidad.

Posteriormente a esta matriz triangular se le realizó un análisis de agrupamiento utilizando el método de agrupación por promedios no ponderados y se obtuvo un resultado gráfico (CLUSTER) que permitió ver el grado de similitud de las comunidades. Por último, se correlacionó mediante la prueba estadística paramétrica de Pearson ($\alpha: 0,05$) y no paramétrica de Spearman ($\alpha: 0,05$), la densidad obtenida para el fitoplancton con los siguientes parámetros fisicoquímicos: Temperatura, oxígeno disuelto, pH, demanda bioquímica de oxígenos, demanda química de oxígeno, nitrógenos totales y turbidez.

2. Perifiton

Para esta comunidad y de acuerdo con su origen, se procedió a la selección de varios sustratos como lo fueron rocas, hojas y troncos. A partir de estos sustratos se realizó un raspado con un cepillo de dientes de la biopelícula que se encontraba adherida a los mismos, el área de raspado fue de 45 cm² (Fotografía No. 2.7). Posteriormente la muestra se almacenó en envases ámbar de 60 mL, en donde fue teñida con lugol y fijada con solución Transeau (agua destilada, alcohol, formol) proporción 1:1:1.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 143 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	



Fotografía No. 2.7 Procedimiento de muestreo de la comunidad perifítica
Fuente: SGS Environmental Services, 2015

Las muestras fueron homogenizadas por medio del burbujeo, utilizando una pipeta Pasteur siguiendo el manual *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*¹⁷⁰, el cual permitió el mejor manejo de datos para la aplicación de las técnicas de análisis de una alícuota.

Para este análisis se utilizó una micropipeta transferpette de 10 - 100 μL estableciendo un volumen de 50 μL para cada alícuota. Una vez ubicada la muestra bajo el microscopio óptico compuesto se realizó un barrido en zigzag en el aumento de 40x de manera que abarcara la mayor área posible de la alícuota, analizando 10 alícuotas hasta que la curva de riqueza acumulada se estabilizó.

Para la identificación de las muestras se utilizó literatura especializada^{171 172 173 174} y para la clasificación taxonómica de cada especie se tuvo en cuenta la base de datos taxonómica Integrated Taxonomic Information System (ITIS)¹⁷⁵.

Los análisis de la comunidad perifítica se realizaron en función de la riqueza de especie y densidad (ind/cm^2) de individuos por estación de muestreo.

¹⁷⁰ AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION Y WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION (APHA-AWWA-WEF). Op. cit

¹⁷¹ RAMÍREZ, J. Op cit.

¹⁷² STREBLE, HEINZ y KRAUTER, DIETER. Op. cit

¹⁷³ WHITFORD, L. A. y SHUMACHER, A. Op. cit

¹⁷⁴ AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION Y WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION (APHA-AWWA-WEF). Op. cit

¹⁷⁵ INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM – ITIS. [en línea] <http://www.itis.gov/> [citado el 11 de agosto de 2015]

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 144 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Adicionalmente se calcularon los índices ecológicos de diversidad de Margalef (Ecuación No. 2.15), Shannon-Weiner (Ecuación No. 2.17), dominancia de Simpson (Ecuación No. 2.19) y equitabilidad de Pielou (Ecuación No. 2.24).

Para evaluar que tan similares fueron las comunidades de perifiton en términos de composición, densidad y estaciones de muestreo se realizó un análisis cuantitativo utilizando el índice de similitud de Bray – Curtis, calculado a partir de la matriz de densidad. Posteriormente a esta matriz triangular se le realizó un análisis de agrupamiento utilizando el método de agrupación por promedios no ponderados y se obtuvo un resultado grafico (CLUSTER) que permitió ver el grado de similitud de las comunidades. En el ecosistema acuático continental no se realizó correlación con los parámetros fisicoquímicos, debido a que el muestreo se hizo en dos puntos, lo cual no son representativos para este tipo de análisis.

3. Manglar

Para realizar la caracterización del manglar presente en el área de influencia del proyecto, se agruparon las coberturas de manglar denso alto y a la vegetación secundaria alta correspondientes a la regeneración natural del mangle. Allí se realizó el inventario forestal al 100 % en una franja de 30 metros a cada lado por donde se construirá el viaducto del proyecto y la cual fue considerada como área de intervención directa, como se muestra en la Figura No. 2.32 (Mapa MOD_LA_PTO_ANT_38_Flora). Allí se realizó el censo de todos aquellos individuos que tuvieran CAP mayor o igual a 31,4 cm.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 145 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	



Figura No. 2.32 inventario forestal en la zona de manglar, área de afectación directa del proyecto
Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

La caracterización florística de estas coberturas se determinó a partir de una probabilidad del 95% y error de muestreo no mayor del 15%¹⁷⁶, lo que equivale a 1 parcelas por unidad de cobertura muestreada. Para realizar este muestreo se adaptó la metodología propuesta por Pinelo¹⁷⁷, se instalaron dos parcelas de 0,25 ha (50 m de largo x 50 m de ancho) una en la cobertura de manglar denso alto y otra en la vegetación secundaria del manglar, como se muestra en la Figura No. 2.33.

¹⁷⁶ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución no. 0112 (28, enero, 2015). Op. Cit., p. 50.

¹⁷⁷ PINELO, Gustavo Israel. Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo. WWF Centroamérica. 2004. 49 p.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 146 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	



Figura No. 2.33 Ubicación de las parcelas de muestreo en la cobertura de manglar
Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015.

Las variables que se tomaron durante el inventario forestal fueron: Identificación de la especie, circunferencia a la altura del pecho (considerando las excepciones presentadas en la Figura No. 2.34), ángulo de inclinación a la altura del pecho, ángulo de inclinación a la primera ramificación y ángulo de inclinación al ápice del árbol, ancho de copa, calidad del fuste y las coordenadas de ubicación de cada árbol; se midieron todos los individuos con CAP igual o mayor a 31,4 cm.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 147 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

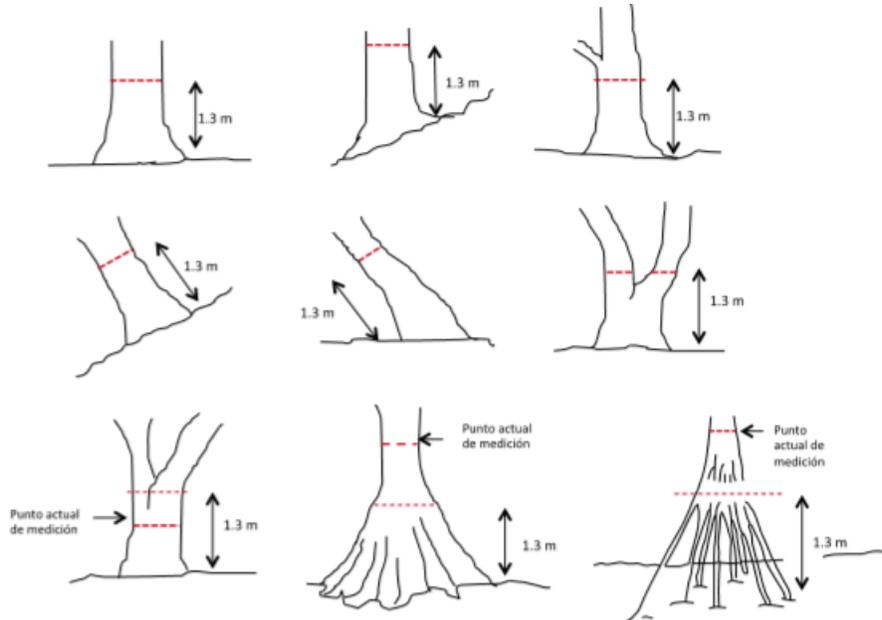


Figura No. 2.34 Recomendaciones para la medición de la circunferencia a la Altura del Pecho (CAP), según particularidades del terreno y de cada árbol
Fuente: Melo y Vargas (2003)178

Todos los individuos fueron marcados con pintura de aceite de color rojo aproximadamente a 1,50 m de altura, de manera numérica y los números fueron consecutivos, como se muestra en la Fotografía No. 2.8.

178 MELO CRUZ, O. A. Y R. VARGAS RIOS. 2002. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima, CRQ, Corpocaldas y Cortolima, Ibagué. 207 p.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 148 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	



Fotografía No. 2.8 Marcación de los árboles inventariados en el área de manglar
Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

La caracterización florística del manglar se realizó mediante el análisis del índice de valor de importancia (Ecuación No. 2.10, Ecuación No. 2.11, Ecuación No. 2.12 y Ecuación No. 2.13), el cociente del mezcla (CM; Ecuación No. 2.14), la distribución diamétrica y altimétrica (composición sociológica y los índices ecológicos de riqueza de Margalef (Ecuación No. 2.15), de Menhinick (Ecuación No. 2.16), de diversidad de Shannon-Weiner (Ecuación No. 2.17), de dominancia de Simpson (Ecuación No. 2.19) y de Berger Parker (Ecuación No. 2.20).

Adicionalmente, se realizó el análisis de regeneración natural del manglar. Todo lo anterior siguiendo el esquema llevado a cabo para el análisis de las coberturas vegetales identificadas en el ecosistema terrestre.

Por último se consultaron las Resolución 0192 de 2014¹⁷⁹, libro rojo de plantas de Colombia, especies maderables¹⁸⁰, la lista de especies amenazadas de UICN¹⁸¹ y

¹⁷⁹ COLOMBIA. . MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0192 (10, febrero, 2014). Op. cit., p. 28-32.

¹⁸⁰ CÁRDENAS, Dairon y SALINAS, Nelson. Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Instituto Amazónico de

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANULES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 149 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

los Apéndices I, II y III de CITES¹⁸². A continuación se muestra en detalle cada uno de los ítems nombrados para el análisis.

- Fauna

La caracterización de la fauna presente en los ecosistemas acuáticos continentales (macroinvertebrados y peces) y costero marinos (zooplancton, bentos y peces) del área de influencia, se realizó siguiendo la metodología propuesta por el laboratorio certificado que realizó el muestreo (SGS Colombia S.A.), la cual está de acuerdo a los lineamientos establecidos por el IDEAM y el INVEMAR, y la información encontrada en el estudio de impacto ambiental que soporta la licencia ambiental otorgada mediante Resolución 0032¹⁸³ para la construcción de Puerto Antioquía.

A continuación se muestra la metodología empleada.

1. Zooplancton

El zooplancton se recolectó con una red cónica de 50 cm de diámetro de boca y 80 µm de abertura de malla, equipada con un flujómetro mecánico previamente calibrado. Los arrastres fueron horizontales y superficiales (Fotografía No. 2.6). Antes de realizar cada arrastre se registró la lectura inicial del flujómetro y la hora de inicio (Ti). Los arrastres tuvieron una duración de 2 minutos a una velocidad constante y fueron realizados en círculos. Al término del arrastre se consignó la hora (Tf) y la lectura final del flujómetro. Una vez depositada la muestra en la botella colectora, posteriormente se envasó en frascos de 250 ml y se procedió a fijarlas con solución Transeau (agua destilada, alcohol, formol) proporción 1:1:1.

Las muestras fueron homogenizadas con una pipeta Pasteur antes de ser analizadas por medio de burbujeo. El análisis de las muestras se realizó siguiendo la metodología propuesta por Paggi y Paggi¹⁸⁴, la cual se enfoca en la utilización de una placa SR (Sedgwick-Rafter) y una pipeta graduada de 1 mL (volumen utilizado por alícuota). La muestra se colocó bajo el microscopio óptico compuesto

Investigaciones Científicas SINCHI – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2007. 232 p. ISBN: 978-958-8317-19-9

¹⁸¹ UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA – UICN. La lista roja de especies amenazadas de la UICN. Op. cit.

¹⁸² CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRE – CITES. Lista de especies CITES. Op. cit.

¹⁸³ COLOMBIA. AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES – ANLA. Resolución 0032 (25, enero, 2012). Por medio de la cual se otorga una licencia ambiental. Bogotá, D.C. 135 p.

¹⁸⁴ Paggi y Paggi. Op cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 150 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

y se analizó realizando un barrido en zigzag bajo el aumento de 10x. Se analizaron 10 alícuotas hasta que la curva de riqueza de especies acumulada se estabilizó. La identificación de los organismos se realizó con literatura especializada^{185 186} y para la clasificación taxonómica se utilizó la base de datos taxonómica Integrated Taxonomic Information System (ITIS)¹⁸⁷.

Los análisis de la comunidad zooplanctónica se realizaron en función de la riqueza de especie y densidad (ind/L) de individuos por estación de muestreo. Con el fin de hallar la densidad de individuos se utilizó la ecuación de Badillo¹⁸⁸ para determinar el volumen filtrado (Ecuación No. 2.25). Una vez obtenido este valor para cada uno de las estaciones muestreadas se procedió al cálculo de la densidad para cada taxón siguiendo la metodología de Paggi y Paggi¹⁸⁹ (Ecuación No. 2.26).

Adicionalmente se calcularon los índices ecológicos de diversidad de Margalef (Ecuación No. 2.15), Shannon-Weiner (Ecuación No. 2.17), dominancia de Simpson (Ecuación No. 2.19) y equitabilidad de Pielou (Ecuación No. 2.24).

Para evaluar que tan similares fueron las comunidades zooplanctónicas en términos de composición, densidad y estaciones de muestreo se realizó un análisis cuantitativo utilizando el índice de similitud de Bray – Curtis, calculado a partir de la matriz de densidad. Posteriormente a esta matriz triangular se le realizó un análisis de agrupamiento utilizando el método de agrupación por promedios no ponderados y se obtuvo un resultado gráfico (CLUSTER) que permitió ver el grado de similitud de las comunidades. Por último, se correlaciono mediante la prueba estadística paramétrica de Pearson (α : 0,05) y no paramétrica de Spearman (α : 0,05), la densidad obtenida para el zooplancton con los siguientes parámetros fisicoquímicos: Temperatura, oxígeno disuelto, pH, demanda bioquímica de oxígenos, demanda química de oxígeno, nitrógenos totales y turbidez.

2. Macroinvertebrados bentónicos y bentos

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el ecosistema acuático continental y bentos en el ecosistema marino costero se muestreo con una Draga

¹⁸⁵ STREBLE, HEINZ y KRAUTER, DIETER. Op. cit

¹⁸⁶ GUTIÉRREZ M.E; SUAREZ. M,E; GUTIÉRREZ. A.M; SILVA. B.M; GRANADOS. R.J y GARFIAS. E.T. Cladóceras y Copépoda. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de estudios Superiores Iztacala. 2008. 951 p.

¹⁸⁷ INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM – ITIS. [en línea] <http://www.itis.gov/> [citado el 11 de agosto de 2015]

¹⁸⁸ Badillo, et al. Op. cit

¹⁸⁹ Paggi y Paggi. Op cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 151 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

tipo Petersen de un área de 0,1 m². La draga es enviada hasta el fondo y con la ayuda de palancas se acciona el mecanismo de cierre removiendo el sustrato haciendo que los organismos queden atrapados en ella (Fotografía No. 2.9). Una vez colectada la muestra se depositó en bolsas ziploc de 35 x 25cm y se procedió a fijarlas con solución Transeau (agua destilada, alcohol, formol) proporción 1:1:1.



Fotografía No. 2.9 Procedimiento de muestreo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos
Fuente: SGS Environmental Services, 2015

Para analizar esta comunidad cada muestra fue trabajada de manera independiente, sometiéndola a un lavado con agua sobre unos tamices de 250 µm y 710 µm cuyo objetivo es separar los organismos de las demás impurezas (material vegetal y sedimentos).

Los organismos fueron sometidos a tinción con solución de Rosa de Bengala durante 1 hora para facilitar la separación, la cual se realizó en cajas petri con el manejo de pinzas y el estereoscopio. Una vez separados los organismos se procedió a su identificación bajo el estereoscopio utilizando literatura especializada, empleando para los organismos acuáticos continentales Liévano y Ospina¹⁹⁰ y Roldán¹⁹¹ ¹⁹² y para los organismos marinos Díaz y Puyana¹⁹³ y

¹⁹⁰ LIÉVANO, A Y OSPINA, R. Guía ilustrada de los macroinvertebrados acuáticos del río Bahamón. Primera edición. Universidad El Bosque e Instituto Alexander von Humbolt. Bogotá. 2007. 130 p.

¹⁹¹ ROLDAN, G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos. Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Centro de investigaciones, CIEN. Bogotá, Colombia. 1988. 217 p.

¹⁹² ROLDÁN, G. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Colección de Ciencia y Tecnología. Medellín. 2003.

¹⁹³ DÍAZ, Juan Manuel y PUYANA, Mónica. Moluscos del Caribe colombiano: un catálogo ilustrado. 2009. 291 p. ISBN: 9589571204

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 152 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Rouse y Pleijel¹⁹⁴. Para la clasificación taxonómica se tuvo en cuenta la base de datos taxonómica Integrated Taxonomic Information System (ITIS)¹⁹⁵.

Los análisis de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos se realizaron en función de la riqueza de especie y densidad (ind/m²) de individuos por estación de muestreo. Adicionalmente se calcularon los índices ecológicos de diversidad de Margalef (Ecuación No. 2.15), Shannon-Weiner (Ecuación No. 2.17), dominancia de Simpson (Ecuación No. 2.19) y equitabilidad de Pielou (Ecuación No. 2.24).

Para evaluar que tan similares fueron las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y el bentos en términos de composición, densidad y estaciones de muestreo se realizó un análisis cuantitativo utilizando el índice de similitud de Bray – Curtis, calculado a partir de la matriz de densidad.

Posteriormente a esta matriz triangular se le realizó un análisis de agrupamiento utilizando el método de agrupación por promedios no ponderados y se obtuvo un resultado gráfico (CLUSTER) que permitió ver el grado de similitud de las comunidades. Por último, y solo para las muestras del bentos colectadas en el área de influencia marina se correlaciono mediante la prueba estadística paramétrica de Pearson (α : 0,05), la densidad de bentos con los siguientes parámetros analizados en las muestras de sedimentos: carbono orgánico, grasas y aceites e hidrocarburos totales.

3. Ictiofauna

La caracterización de la ictiofauna de ecosistemas acuáticos continentales se llevó a cabo mediante la utilización de una atarraya de 3 pulgadas de ojo de malla durante un período de 20 minutos donde se alcanzó un total de 17 lances (Fotografía No. 2.10). La caracterización de la ictiofauna de ecosistemas marino-costeros se llevó a cabo mediante el uso de 4 trasmallos, los cuales fueron ubicados durante un período de 4 horas. Una vez pasado este tiempo se recogieron las redes y se contabilizaron las especies y el número de organismos. Las faenas para la caracterización íctica fueron realizadas por pescadores locales. Una vez colectados los organismos se extendieron sobre una superficie limpia y fueron fotografiados *in situ*, en diferentes ángulos para su posterior identificación en el laboratorio.

¹⁹⁴ ROUSE, G., y PLEIJEL, F. POLYCHAETES. Publicado en los Estados Unidos por la Universidad de Oxford. 2001.354 p.

¹⁹⁵ INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM – ITIS. [en línea] <http://www.itis.gov/> [citado el 11 de agosto de 2015]

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 153 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	



Fotografía No. 2.10 Procedimiento de muestreo de la comunidad íctica
Fuente: SGS Environmental Services, 2015

Los análisis de la comunidad de peces se realizaron en función de la riqueza de especies y abundancia de individuos por estación de muestreo. Adicionalmente se calcularon los índices ecológicos de diversidad de Margalef (Ecuación No. 2.15), Shannon-Weiner (Ecuación No. 2.17), dominancia de Simpson (Ecuación No. 2.19) y equitabilidad de Pielou (Ecuación No. 2.24).

Para evaluar qué tan similares fueron las comunidades de peces en términos de composición, densidad y estaciones de muestreo se realizó un análisis cuantitativo utilizando el índice de similitud de Bray – Curtis, calculado a partir de la matriz de densidad. Posteriormente a esta matriz triangular se le realizó un análisis de agrupamiento utilizando el método de agrupación por promedios no ponderados y se obtuvo un resultado gráfico (CLUSTER) que permitió ver el grado de similitud de las comunidades. Por último, se correlaciono mediante la prueba estadística paramétrica de Pearson (α : 0,05) y no paramétrica de Spearman (α : 0,05), la abundancia obtenida para la íctiofauna presente en el área de influencia marina con los siguientes parámetros fisicoquímicos: Temperatura, oxígeno disuelto, pH, demanda bioquímica de oxígenos, demanda química de oxígeno, nitrógenos totales y turbidez.

2.3.2.4 Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas

Con el objetivo de identificar los ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas que se encuentran en el área de influencia, se consultó la información disponible en el Informe técnico: Planificación ecorregional para la conservación *in*

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANULES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 154 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

situ de la biodiversidad marina y costera en el Caribe y Pacífico continental colombiano¹⁹⁶, en el Decreto 1120 de 2013, en el cual se reglamentan las Unidades Ambientales Costeras –UAC–¹⁹⁷ y en el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Turbo¹⁹⁸.

Así mismo se consultó el sistema de información de alertas tempranas TREMARCTOS Colombia¹⁹⁹, el Sistema de soporte a la toma de decisiones del subsistema de Áreas Marinas Protegidas SSD_SAMP del INVEMAR²⁰⁰, el portal de información geográfica del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt²⁰¹ y el Sistema de información ambiental del Colombia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA²⁰². Adicionalmente, se consultó la documentación disponible sobre la zona en la Corporación para el Desarrollo del Urabá – CORPOURABÁ y fuentes académicas públicas y privadas.

2.3.3 Medio socioeconómico

La metodología de trabajo para abordar el medio socioeconómico partió del reconocimiento de las instituciones y comunidades que interactúan en el territorio donde se desarrolla el estudio, a quienes asiste el derecho a un ambiente sano y a participar activamente en el desarrollo de su comunidad. En términos legales referentes al estudio, se partió de los requerimientos establecidos en el Decreto

¹⁹⁶ INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS JOSÉ BENITO VIVES DE ANDREIS – INVEMAR.

Informe técnico: Planificación ecorregional para la conservación in situ de la biodiversidad marina y costera en el Caribe y Pacífico continental colombiano. Serie de Documentos Generales No. 41. Santa Marta. 2009. 106 p + Anexos. ISBN 978-958-8448-23-7

¹⁹⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1120 (31, mayo, 2013). Por el cual se reglamentan las Unidades Ambientales Costeras –UAC– y las comisiones conjuntas, se establecen las reglas de procedimiento y criterios para reglamentar la restricción de ciertas actividades en pastos marinos, y se dictan otras disposiciones. Bogotá, D.C., 2013. 10 p.

¹⁹⁸ REPUBLICA DE COLOMBIA. MUNICIPIO DE TURBO. Acuerdo No. 015 (25, julio, 2000). Por medio del cual se adopta el plan de ordenamiento territorial del municipio de Turbo. Turbo. 151 p.

¹⁹⁹ RODRÍGUEZ-MAHECHA, J.V., ARJONA-HINCAPIÉ, F., MUTO, T., URBINA-CARDONA, J.N., BEJARANO-MORA, P., RUIZ-AGUDELO, C., DÍAZ GRANADOS, M.C., PALACIOS, E., MORENO, M.I., GÓMEZ, A. y GEOTHINKING LTDA. Ara Colombia. Sistema de Información Geográfica para el Análisis de la Gestión Institucional Estatal (Módulo Otus Colombia) y la Afectación a la Biodiversidad Sensible y al Patrimonio Cultural (Módulo Tremarctos-Colombia). Versión 2.0 (28; 01; 2013) Conservación Internacional-Colombia & Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Sistema de información en línea disponible en <http://www.tremarctoscolombia.org/> [citado el 29 de julio de 2015].

²⁰⁰ INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS JOSÉ BENITO VIVES DE ANDREIS – INVEMAR. Sistema de soporte a la toma de decisiones del subsistema de Áreas Marinas Protegidas SSD_SAMP. En: INVEMAR [en línea]. <http://gis.invemar.org.co/ssdsamp/>

²⁰¹ INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. Sistema de información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB-Colombia) GeoSiB. Bogotá D.C. Sistema de información en línea disponible en: <http://hermes.humboldt.org.co/visoruniversal2010/bin/Visor.html#>

²⁰² AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES – ANLA. Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC. Disponible en: <http://sig.anla.gov.co:8083/>

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 155 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

2041 de 2014²⁰³, la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales y los Términos de Referencia para los proyectos de construcción o ampliación y operación de puertos marítimos de gran calado - M-M-INA-05-adoptados por la Resolución 0112 de enero de 2015.

En este sentido, y de acuerdo con las características propias del territorio, se establecieron técnicas de trabajo en las que se combinó la recolección de información primaria, con los insumos contenidos en la información secundaria proveniente de las instituciones y demás estudios adelantados en la zona. Éstas dieron como resultado el reconocimiento de las condiciones socioeconómicas y culturales del área de estudio antes de la ejecución del proyecto, las cuales son contrastadas con las actividades del mismo para identificar los posibles impactos que se producirían en el medio y establecer así las medidas de manejo adecuadas a las condiciones encontradas.

A continuación se describe cada uno de los momentos que se adelantaron en el desarrollo de la modificación de la licencia ambiental otorgada a la Sociedad Puerto Bahía Colombia de Urabá S.A a través de la Resolución 0032 de enero de 2012 para el componente socioeconómico, en aspectos tales como la dinámica poblacional y económica, la cobertura y calidad de los servicios públicos y sociales existentes, las formas de organización y los aspectos culturales de la población ubicada en el área de influencia del proyecto.

2.3.3.1 *Revisión documental*

Esta técnica fue utilizada para la caracterización del área de influencia del proyecto, para lo cual se revisa información cuantitativa y cualitativa especialmente de la unidad territorial mayor, que para el presente estudio corresponde al municipio de Turbo, consultando información secundaria actualizada de instituciones gubernamentales y de otras instituciones de reconocida idoneidad, así como la información consignada en estudios regionales y locales recientes.

Para ello se estudiaron entre otras fuentes:

- Del orden nacional:
 - Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE–,

²⁰³ COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 2041 (15, octubre, 2014). Por el cual se reglamenta el título VIII de la ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 156 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi
- Dirección General Marítima – DIMAR -
- Agencia presidencial para la acción social
- Observatorio para los Derechos Humanos de la Vicepresidencia de la República
- Instituto Colombiano de Desarrollo Rural –INCODER-
- Instituto de investigaciones marinas y costeras –INVEMAR-
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-
- Autoridad Nacional de Acuicultura y pesca –AUNAP-

Los principales documentos consultados incluyeron el Plan Nacional de Desarrollo, estadísticas nacionales a través del DANE (Censo 2005), información reportada por las autoridades ambientales, documentos e informes emitidos por la vicepresidencia de la república entre otros.

- Del orden departamental:
 - Gobernación de Antioquia
 - Secretaria de desarrollo social
 - Secretaria de planeación
 - Secretaria de salud

Se consultaron documentos tales como el Plan de Desarrollo Departamental, estadísticas departamentales (Anuario estadístico de Antioquia) Plan de Gestión Ambiental Regional, Lineamientos de Ordenamiento Territorial LOTA entre otros.

- Del orden municipal
 - Alcaldía municipal de Turbo y sus diferentes secretarias
 - Universidad de Antioquia sede Urabá
 - Fundación UNIBAN
 - CORPOURABÁ

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 157 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Así mismo, se consultaron fuentes valiosas para la comprensión integral del territorio, las comunidades y la organización comunitarios. Entre los documentos, se encuentran, el Plan de Ordenamiento Territorial y el Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015, el estudio de impacto ambiental elaborado en el año 2009 para el licenciamiento de Puerto Antioquia, y demás textos publicados por entidades del Estado, universidades y organizaciones sociales con presencia en el territorio estudiado.

2.3.3.2 *Levantamiento de información primaria*

Para la obtención de información primaria, en el marco del trámite de modificación de licencia ambiental, se utilizó una metodología anclada en principios de investigación cualitativa, con la adopción de algunas herramientas de la investigación cuantitativa, que permita el reconocimiento de las diferentes comunidades y su entorno.

Con el fin de llevar a la práctica este diseño metodológico, se realizó una verificación de información de las unidades territoriales menores identificadas previamente, teniendo como base la información reportada en el Estudio de Impacto Ambiental – EIA realizado por la empresa de Araújo Ibarra & Asociados S.A en el año 2009.

Se realizó de la misma manera, cartografía social con la comunidad en la cual se pudo realizar un diagnóstico del territorio.

La verificación de información referente a las unidades territoriales menores, se hizo a través de levantamiento de información en campo utilizando como herramienta principal, la elaboración de una ficha socioeconómica aplicada con la participación y el acompañamiento de los líderes de la zona previamente identificados, la realización de entrevistas semiestructuradas a los pobladores y funcionarios de entidades públicas, además de recorridos en campo, observación de dinámicas económicas sociales y culturales de las comunidades identificadas.

De la misma manera, se diseñó una ficha de levantamiento de información pesquera con base en los lineamientos de la AUNAP, para caracterizar e identificar la intensidad de esta actividad en la zona.

Elaboración de informe

Una vez recolectada la información primaria y secundaria en campo, se procedió a digitalizar los datos, de tal forma que permitieran adelantar procesos estadísticos

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 158 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

para describir de forma cuantitativa y cualitativa las características del medio social, económico y cultural.

Las diferentes metodologías utilizadas, permitieron la recolección de información primaria y secundaria para la construcción teórica del medio socioeconómico en el presente estudio, así como el acercamiento y contacto con los diferentes actores involucrados en su desarrollo.

Finalmente, el procesamiento de estos datos permitió identificar y describir los impactos potenciales que ocasionaría el proyecto a cada uno de los grupos identificados y establecer las medidas de manejo para atenderlos.

- Lineamientos de participación

El proceso de información y participación se desarrolló en diferentes momentos, a saber: primero se realizaron contactos con administraciones municipales, autoridades locales, comunidades, fuerzas vivas, gremios económicos y sociales de la zona del área de influencia, posteriormente se realizan tres reuniones formales en el desarrollo del componente de participación.

En la primera reunión de inicio de actividades se explican las características técnicas, alcance y actividades del proyecto y estudio a desarrollar, así como la información relacionada con el área de influencia, la demanda, uso y aprovechamiento de recursos naturales.

La segunda reunión, se realizó durante la elaboración del estudio de impacto ambiental en la cual se socializó el proyecto y sus implicaciones, así como información de cada uno de los componentes del estudio.

Para ello, se realizó un taller multidimensional en el cual la comunidad pueda participar en la identificación de los impactos y medidas de manejo que puedan ser incluidos en el plan de manejo ambiental.

Una vez finalizado el estudio para la modificación de la licencia ambiental, se realizará una tercera reunión, donde se socializan los resultados del mismo.

Para el desarrollo de los anteriores encuentros se tuvo en cuenta:

- Planificar la logística necesaria para las actividades
- Ofrecer espacios idóneos para la socialización y participación
- Realizar convocatorias a través de correspondencia y correo electrónico

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 159 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

- Desarrollo de metodología específica para cada uno de los encuentros que se realizaran atendiendo al momento de la elaboración del estudio y las características de las comunidades previamente identificadas
- Documentar el desarrollo de los presentes encuentros a través de (actas levantadas *in situ*, soporte de inquietudes manifestadas, listados de asistencia, registro fotográfico y filmico).

Se entregó a los participantes copia de las actas y soportes de cada reunión.

Teniendo en cuenta que se registra la presencia en el área de influencia del proyecto la comunidad del Canal, la cual se encuentra en proceso de reubicación y reasentamiento, se realizaron contactos iniciales a través de la Fundación UNIBAN y demás entidades con presencia en la zona para acompañar el proceso.

- Dimensión demográfica

Se realizó una revisión inicial de la información contenida en el estudio de impacto ambiental realizado en el año 2009 por la empresa Araújo Ibarra Asociados S.A.

Se presentó una referencia general de las condiciones demográficas generales de la unidad territorial mayor identificada, que para el caso específico corresponde al municipio de Turbo (dinámica de poblamiento, tendencias demográficas, índice de necesidades básicas insatisfechas NBI), para ello se consultó el anuario estadístico de Antioquia.

Para las unidades territoriales menores, se consultó adicionalmente, la información reportada en la oficina de SISBEN municipal y se realizaron visitas a campo. Para la comunidad de la Vereda El Canal, se aplicó la ficha socioeconómica para verificar la información demográfica de la población objeto de reasentamiento.

- Dimensión espacial

La principal herramienta para analizar este componente fue la información secundaria. Se revisó la información suministrada por el Plan de Ordenamiento Territorial –POT-, el Plan de Desarrollo Municipal –PDM- y el Sistema de Identificación y Clasificación de Potenciales Beneficiarios para los Programas Sociales –SISBEN-. En estos documentos se consultaron los planes de educación, salud, viales, además de otros servicios públicos y sociales.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 160 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

De igual manera, se realizaron algunas entrevistas semiestructuradas a los funcionarios de la secretaria de planeación Municipal y pobladores de la zona objeto de estudio.

Para las unidades territoriales menores, se consultó adicionalmente, la información reportada en la oficina de SISBEN municipal y se realizaron visitas a campo.

Para la comunidad de la Vereda El Canal, se aplicó una ficha socioeconómica para verificar la información demográfica de la población objeto de reasentamiento atendiendo a los criterios establecidos por los términos de referencia y la Resolución 077 de 2012 metodología información de población a reasentar de la Agencia Nacional de Infraestructura –ANI-.

Todo lo anterior permitió analizar la cobertura y calidad de los servicios públicos y sociales, así como las potencialidades y debilidades de estos servicios dentro del área de influencia del proyecto.

- Dimensión económica

Para dar cumplimiento a los términos de referencia en cuanto a la elaboración de un panorama general de la dinámica económica regional, se analizaron las fuentes de información secundaria como el DANE, el POT, el PDM y AUNAP entre otras; dicha información se procesó de tal forma que sirva como principal insumo para dar cuenta de la distribución de los siguientes aspectos para las unidades territoriales mayores de aspectos tales como: estructura de la propiedad, procesos productivos y tecnológicos, caracterización del mercado laboral y los diferentes polos de desarrollo, comercio y servicios asociados.

Para las unidades territoriales menores, se analizó la información reportada en el SISBEN y la información primaria levantada en campo a través de la ficha socioeconómica para la comunidad El Canal.

Adicionalmente, para las comunidades pesqueras en la zona, se realizó un censo pesquero, el cual se desarrolló realizando una recopilación de información relativa a la dinámica pesquera artesanal identificada en la zona. Para ello se reunió previamente información primaria de las diferentes entidades tales como la AUNAP, INCODER y UMATA, así como las diferentes asociaciones que posiblemente se identifiquen. Adicional se realizó observación directa en la zona, monitoreando la existencia de pescadores en el área de intervención El formato de campo para la toma de datos se encuentra en el Anexo 5.3.2.1

 <p>PUERTO BAHÍA COLOMBIA DE URABA S.A. TERMINAL PORTUARIO DE GRANULES SÓLIDOS</p>	<p>MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO</p>	 <p>aqua & terra</p>
	<p>OBJETIVOS Y GENERALIDADES</p>	<p>Página 161 de 206</p>
	<p>GAT-391-15-CA-AM-PIO-01</p>	<p>Revisión:</p>

La dinámica pesquera artesanal en la zona, se realizó en las etapas que se describen a continuación:

En la primera etapa, a través de una ficha previamente diseñada para levantamiento de información pesquera, se realizó una jornada de esfuerzo pesquero en la cual se identificaron los siguientes aspectos (Anexo 5.3.2.2).

- Número de pescadores activos y dependencia de la pesca
- Método de captura y artes de pesca (información sobre costo de faena)
- Número y tipo de embarcación
- Rutas de navegación
- Especies capturadas por tipo arte de pesca
- Tallas promedio
- Sitios de desembarco
- Estacionalidad de la captura
- Precios de venta por especie
- Actividades alternas a la pesca desarrolladas
- Organizaciones o cooperativas a las que pertenecen los pescadores
- Identificación geográfica de caladeros y zonas de pesca

De manera simultánea se realizó el monitoreo directo en la zona de influencia del proyecto, durante 15 días, de los cuales se realizó un monitoreo en diez (10) días en a una distancia de tres (3) kilómetros, y cinco (5) días en el área de botadero ubicado aproximadamente a (6) kilómetros mar adentro desde la desembocadura del río León, hacia Bahía Colombia.

Dentro de esta área se tuvo en cuenta los siguientes datos:

- Diligenciamiento del formato.
- Georeferenciación del lugar (Lugar de pesca y/o encuentro con el pescador).
- Registro fotográfico (Especie, tipo de embarcación).

Para la georeferenciación, se utilizó GPS modelo GARMIN GPSMAP 76csx, y se incluyó el respectivo registro fotográfico.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 162 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Cabe anotar que esta actividad fue realizada por un profesional especializado que en algunos momentos contó con el acompañamiento de los funcionarios de la AUNAP y de la interventoría del proyecto.

Esta actividad se realizó con más frecuencia en las horas de la mañana y al atardecer.

Los quince (15) días hábiles de monitoreo se realizaron de forma intercalada en un tiempo total de cuatro (4) semanas.

Estos horarios estuvieron sujetos a modificaciones de acuerdo con los horarios de salida de los pescadores, los cuales se ven afectados por las condiciones climáticas (vientos, marea, lluvia, entre otras)

En la segunda etapa, se realizó el análisis de los datos recolectados, permitiendo obtener información de las unidades de pesca reportadas, generando información cuantitativa y cualitativa de las actividades de pesca desarrolladas en la zona.

Tendencias del desarrollo

Las tendencias del desarrollo en el área de influencia, se analizaron a partir de fuentes secundarias contenidas en el Plan de Ordenamiento Territorial, el Plan de Desarrollo Municipal y Departamental, y algunos otros informes consultando a través de las páginas web de la alcaldía y de algunas empresas que tienen presencia en la zona. Todo ello con el fin de analizar la posible influencia del Proyecto en las dinámicas de desarrollo propias de la zona.

- Información sobre población a reasentar

La comunidad El Canal, ubicada a 2 km de distancia del Corregimiento de Nueva Colonia, requiere de reasentamiento para evitar posibles afectaciones por el tránsito permanente en la vía alterna a la terminal en tierra. Con el objetivo de actualizar el número de predios existentes y establecer el estado socioeconómico de la comunidad, se realizará la actualización del censo a las familias allí asentadas. Lo anterior de acuerdo a lineamientos contemplados en la Resolución 077 de 2012, metodología información de población a reasentar, la cual se describe a continuación:

Inventario de viviendas: El instrumento que se aplicará es según la información requerida en el formato FR001, definido por la Agencia Nacional de Infraestructura, de acuerdo a los siguientes requerimientos (Ver Anexo 5.3.2.3).

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 163 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

- Características de las Unidades sociales
- Análisis demográfico y económico
- Identificación de organizaciones sociales y culturales
- Validación de la información con la administración municipal.

Censo Poblacional: De acuerdo al inventario de las viviendas realizado en el Estudio de Impacto Ambiental del 2009 por la empresa Araujo Ibarra Asociados S.A., se realizarán visitas domiciliarias con el objetivo de actualizar la información con la aplicación de una ficha socio económica de acuerdo a la información requerida según el formato FR002,(Anexo 5.3.2.4) definido por la Agencia Nacional de Infraestructura, para la caracterización de la unidad social residente y en caso de evidenciar Unidad Social Productiva, se diligenciará la información requerida en el formato FR003.(Anexo 5.3.2.5)

Lo anterior se soportará con un registro fotográfico de cada grupo familiar existente y de las unidades productivas en caso de ser evidenciadas. Se presentarán en el formato FR004 (Ver Anexo 5.3.2.6) definido por la Agencia Nacional de Infraestructura según las características requeridas tales como:

- ✓ Dos (2) fotos de fachada del inmueble
- ✓ Dos (2) fotos del Interior
- ✓ Dos (2) fotos Unidades Productivas (en caso de existir)
- ✓ Una (1) foto del grupo familiar

Posterior a la recolección de la información se realizará el debido análisis y se elaborará un diagnóstico social del estado actual que presenta la comunidad del Canal del Corregimiento de Nueva Colonia.

- Dimensión cultural

Se consultaron diferentes fuentes de información secundaria, con el propósito de evidenciar los diferentes grupos culturales existentes en el área de influencia del proyecto. De la misma manera, se realizó consulta al Ministerio del Interior para verificar la presencia de grupos étnicos en la zona.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 164 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

- Dimensión Arqueológica

El paisaje cultural marítimo, como instrumento de análisis, integra los diferentes componentes de un territorio que comparte dos medios (terrestre y marítimo). Esto permite comprender la distribución espacial del registro arqueológico y los atributos e intervenciones del entorno en sus múltiples dimensiones. En este sentido, la primera fase de la investigación es la identificación de los componentes humanos y no humanos a través de una aproximación arqueológica, documental, ambiental y oceanográfica del área costera y subacuática de Bahía Colombia, como canal de acceso al puerto.

Para el desarrollo de esta actividad, como primera etapa para una adecuada identificación, evaluación y protección de potenciales recursos culturales sumergidos, se llevó a cabo una revisión de los antecedentes arqueológicos e históricos disponibles para el área geográfica en donde se emplazará el proyecto. Esta investigación de gabinete consiste en la recopilación y sistematización de literatura científica e información bibliográfica especializada acerca de las diversas evidencias materiales que componen el registro arqueológico. Se consultaron las fuentes documentales y cartografía correspondientes al siglo XVI y XIX albergada en el Archivo general de la Nación (AGN), Archivo General de Indias sistema PARES(AGI), Biblioteca Nacional y Biblioteca Luis Ángel Arango (BLAA).

En esta recopilación se incluyen las siguientes categorías principales:

- Sitios prehistóricos terrestres y sumergidos
- Asentamientos históricos terrestres e inundados
- Restos de embarcaciones prehispánicas sumergidas
- Pecios o restos de embarcaciones históricas naufragadas
- Escenarios bélicos marinos y terrestres
- Artefactos arqueológicos descontextualizados

De esta forma los antecedentes que se presenten incluyen los períodos Prehispánicos, Colonial, Republicano e Industrial y se concentraron principalmente en aquellos que den descripciones del territorio, concretamente sobre el área de influencia. De allí se podrán identificar los posibles sitios y estructuras.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 165 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Trabajo de Campo

Prospección marítima

Se realizó un levantamiento arqueológico, mediante una prospección geofísica, para una mejor cobertura arqueológica de fondos marinos, se aplicó un método de prospección por sensoramiento remoto, mediante la aplicación de un Sonar de Barrido Lateral (SBL) y un Magnetómetro.

El resultado de este levantamiento refleja en una serie de imágenes acústicas con anomalías (SBL) y anomalías magnéticas (Magnetómetro) que son inspeccionadas visualmente mediante buceo arqueológico.

Para la Prospección se diseñaron transectos o líneas de rastreo a 30 m de distancia entre sí para áreas con profundidades inferiores a los <10 metros y 50 metros de distancia entre sí para áreas con profundidades superiores a los >10 metros.

Prospección Terrestre

La prospección terrestre consiste en un muestreo sistemático en el área de rectificación de la vía que tiene una longitud de 850 metros con un corredor de 30 m sobre el eje proyectado de la vía. Se realizan pozos de sondeo de 40 x 40 cm y 50 cm de profundidad, cada 25 metros para constatar o descartar la presencia de posibles restos arqueológicos en el área de estudio. Este proceso es documentado por fotografía y dibujo en caso de un hallazgo. Cada pozo es identificado con coordenadas geográficas las cuales se detallaran en un plano.

Equipos a emplear

Sonar de Barrido Lateral Imagenex, modelo SportScan (Fotografía No. 2.11 a), con frecuencias de 330 kHz / 800 kHz. Con este equipo se barre la totalidad del área sometida al estudio entre las profundidades de 10 – 20 metros utilizando una frecuencia de 330 kHz en rango de cobertura de 100 m totales (50 m por cada banda del sonar). De este modo se cubre el 100 % del área a prospectar.

Detector de metales manual, modelo JW Fishers, Pulse 8x (Fotografía No. 2.11 c), opera mediante la transmisión de un flujo continuo de pulsos magnéticos de alta energía (cientos por segundo) de la bobina. Después de cada impulso se transmite el detector entonces escucha para la señal de retorno. Cuando el pulso transmitido golpea un objeto metálico un campo electro-magnético es inducido en el objeto. Esto provoca que corrientes parásitas fluyan en el metal, que a su vez

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 166 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

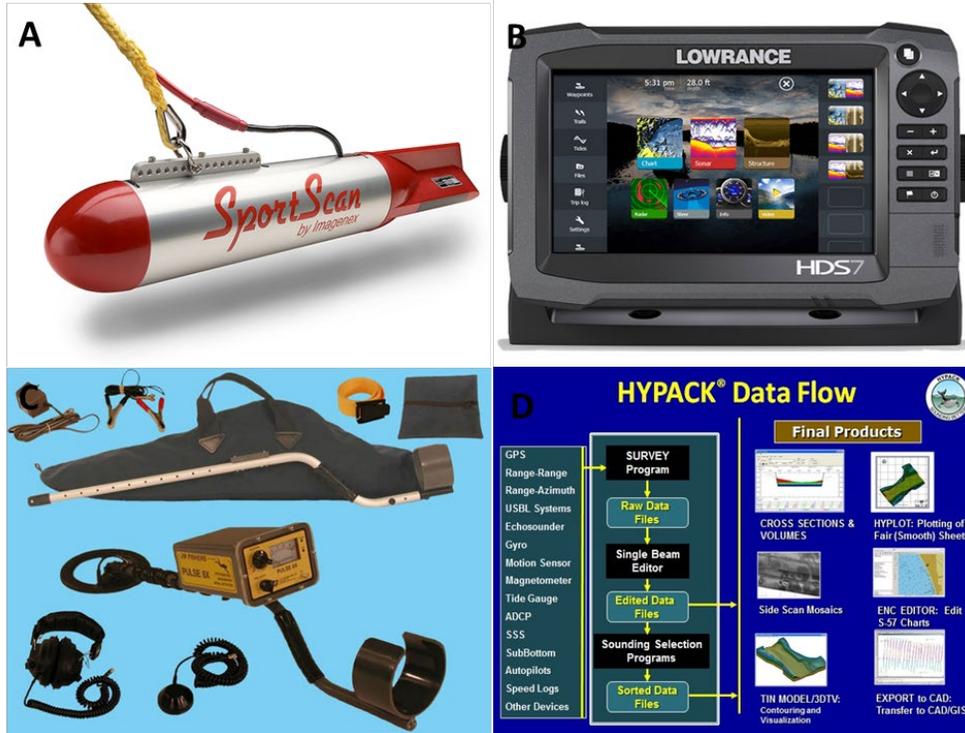
genera un segundo campo electro-magnético visualizado por el medidor y es oído en los auriculares.

Ecosonda con función Imagen de barrido lateral, modelo Lowrance HDS 7 Gen 3 Structure Scan (Fotografía No. 2.11 b). Con este equipo se barrera la totalidad del área sometida al estudio entre las profundidades de 2 - 10 metros, el rango de cobertura será de 30 metros por cada banda. Este equipo cuenta con la última tecnología de sonda CHIRP y StructureScan® HD al mismo tiempo para conseguir la mejor vista posible de estructuras, tanto por debajo como por los laterales de la embarcación. Cuenta con múltiple selección de frecuencias que se modificaran para obtener la mejor imagen posible; Frecuencias 455/800 kHz (StructureScan® HD), 40-60kHz, 85-145kHz, 130-210kHz (CHIRP), 50 kHz/83kHz/200kHz.

Software de navegación Hypack survey (Fotografía No. 2.11 d), con el que se sigue en tiempo real el recorrido efectuado por la embarcación sobre cada una de las líneas predefinidas en la cuadrícula incluida como capa sobre la base cartográfica usada de la zona. Este seguimiento efectuado por el piloto permite mantener o corregir de inmediato el rumbo de la embarcación durante el reconocimiento de cada línea.

El postproceso en Hypack permite analizar y proyectar las sonografías obtenidas con el SSS en un mosaico, el cual consiste en la proyección del fondo marino del área total del proyecto prospectado.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANULES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 167 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:



Fotografía No. 2.11 Equipos de teledetección que se usarán en la prospección arqueológica marina. A. Sonar de Barrido Lateral Imagenex, modelo SportScan (imagenex) B. Ecosonda con función Imagen de barrido lateral, modelo Lowrance HDS 7 Gen 3 Structure Scan (Lowrance) C. Detector de metales manual, modelo JW Fishers, Pulse 8x (JW Fishers), D. Software de navegación Hypack survey (Hypack)

Buceo Arqueológico

Posteriormente y, con el objetivo de verificar o descartar la naturaleza de las anomalías geofísicas identificadas durante la prospección, procesadas e interpretadas arqueológicamente, se realiza la fase de buceo arqueológico. Mediante un procedimiento estandarizado de verificación de las anomalías u objetivos individualizados, que consiste en la fijación de su posición central mediante un muerto con cabo de descenso y una boya geoposicionada mediante GPS. Las operaciones de buceo arqueológico consisten en inspecciones visuales de las anomalías realizadas por equipos de 2 arqueólogos – buzos provistos de equipos de buceo autónomo.

Una vez fijado un objetivo, la pareja de buceo desciende y procede a su relocalización mediante una técnica de búsqueda circular con radios progresivos, hasta alcanzar un máximo de 20 m de radio en torno al punto establecido. Toda anomalía es registrada y documentada mediante fotografía, video o dibujo en fichas de registro (Figura No. 2.35).

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 168 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

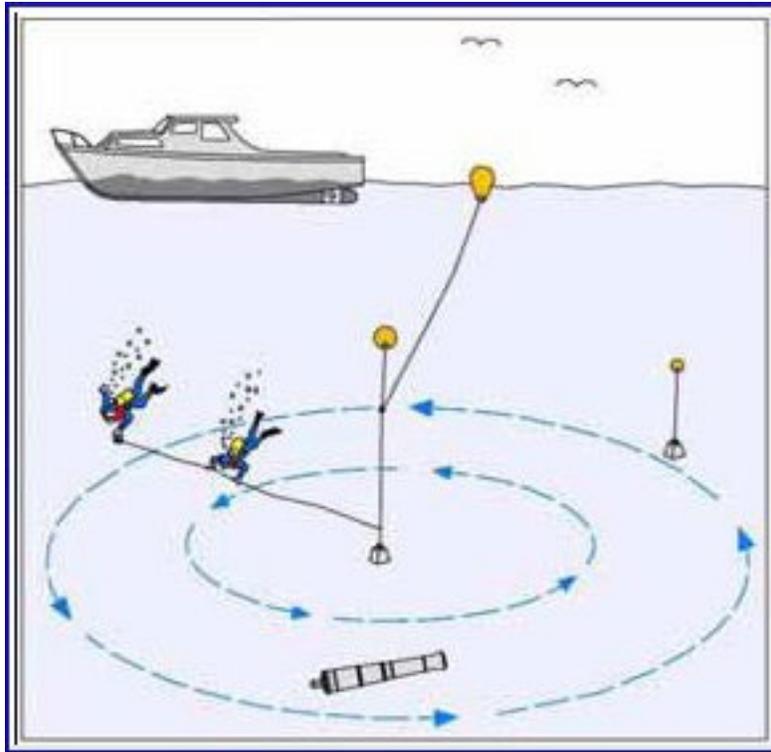


Figura No. 2.35 Técnica de buceo circular
Fuente: Bowens 2009

A su vez se realizan corredores en áreas con potencial arqueológico con el fin de prospectar visualmente en conjunto con el detector de metales manual. Estos corredores se diseñan con cuerdas de nylon y fondeos en sus extremos los cuales se posicionan con GPS. Los buzos deben estar separados por 2 a 5 metros según la visibilidad y condiciones del mar.

El estudio en su conjunto se desarrolla considerando las disposiciones y los estándares establecidos tanto en la Carta Internacional para la Protección y la Gestión del Patrimonio Cultural Subacuático (Carta de Sofía, 1996) emitida por el *International Council on Monuments and Sites*, como la posterior Convención para la Protección del Patrimonio Cultural Subacuático adoptada por la UNESCO (París, 2001).

- Servicios Ecosistémicos

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 169 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

El análisis de los servicios ecosistémicos se realizó con base en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA) la cual definió estos servicios como los beneficios que las poblaciones humanas obtienen, directa o indirectamente, de los procesos y las funciones de los ecosistemas (UNEP-WCMC, 2011)²⁰⁴.

A partir de la definiciones del MEA para el presente estudio se evaluaron los servicios ecosistémicos de las categorías de aprovisionamiento, regulación y culturales. (Ver Figura No. 2.36).

Adicionalmente, se realizó una entrevista semiestructurada a 6 representantes de los grupos de base de la Unidad Territorial menor de Nueva Colonia y al 4 integrantes del equipo ambiental que hacen parte de la empresa Aqua & Terra Consultores Asociados. (Ver Anexo 5.3.2.7)



Figura No. 2.36 Servicios ecosistémicos
Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S.2015

- **Aprovisionamiento**

²⁰⁴ UNEP-WCMC. 2011. Developing ecosystem service indicators: experiences and lessons learned from sub-global assessments and other initiatives. Secretariat of the convention on biological diversity, Montreal, Canada. Technical series no. 58, 118 pp

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 170 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Los servicios de aprovisionamiento son los productos que las personas obtienen de los ecosistemas, tales como alimentos, agua limpia, combustibles, madera, fibra, recursos genéticos, medicinas naturales y otros.

- **Regulación**

Están asociados a los beneficios que se derivan de la regulación de los procesos ecosistémicos. Aquí se incluye la calidad del aire, regulación climática e hídrica (inundaciones), control de erosión, mitigación de riesgos, control biológico, tratamiento de desechos; son todos los procesos ecológicos que tienen capacidad de regulación.

- **Culturales**

Son los beneficios no materiales que se obtienen mediante experiencias recreativas, estéticas, desarrollo cognitivo, reflexión y espirituales (MA, 2005)²⁰⁵. Estos servicios están fuertemente ligados con los valores humanos y el comportamiento, por lo que la valoración de este servicio es altamente subjetiva.

Tenemos como por ejemplo: Diversidad cultural, valores espirituales y religiosos, relaciones sociales, sentido de pertenencia y grado de sinergia existente en la comunidad.

A partir de estos criterio y con el propósito de determinar la importancia o dependencia que tiene la comunidad frente al ecosistema que les proveen servicios, se realizaron entrevistas semiestructuradas a los principales actores sociales de las unidades territoriales menores del presente proyecto. Para lo cual se les solicitó a los representantes de los grupos de base de las comunidades de Nueva Colonia y del asentamiento El Canal, responder a una entrevista semiestructurada y complementar el ejercicio con la calificación en los rangos de alto, medio y bajo.

Se plantearon preguntas acerca del conocimiento que tenían sobre servicios ecosistémicos y cuales identificaron en la comunidad y el grado de dependencia que tiene la comunidad con relación a los servicios ecosistémicos identificados. Se les pidió que realizaran de manera gráfica los servicios identificados y que

²⁰⁵ IDEAM, 2011. Aportes del IDEAM para la definición y aplicación de la Estructura Ecológica Nacional. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 43 p.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 171 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

calificarán en las categorías de bueno, regular y moderado. Además se les pidió evaluar el alcance en tema religioso y cultural de su comunidad. Por último se les pidió sugerencias para el enriquecimiento en educación ambiental.

De igual manera, se realizaron preguntas al equipo ambiental encargado de realizar la caracterización, para que respondieran desde el conocimiento de las comunidades de Nueva Colonia y el Canal obtenido en el trabajo de campo

A partir de esta información se realizó un análisis de la importancia de los servicios ecosistémicos, tanto de los impactos como de la dependencia de las comunidades y del proyecto sobre estos.

2.3.4 Zonificación ambiental

La zonificación ambiental es una herramienta metodológica de planificación que permite la diferenciación espacial del área de estudio y definir la sensibilidad/importancia ambiental del área en su condición sin proyecto.

De acuerdo con lo anterior, la metodología de zonificación ambiental utilizada para la presente modificación de licencia ambiental se basó en otros ejercicios realizados para el área de hidrocarburos²⁰⁶ ²⁰⁷, adaptada para la necesidad del proyecto, a continuación se presenta los pasos a seguir:

Partiendo de la caracterización ambiental del área de influencia (AI) se identificaron zonas homogéneas, las cuales se conformaron a partir de la integración de diferentes criterios de los medios abiótico, biótico y socioeconómico. Se entiende como criterios, aquellos atributos que caracterizan el ambiente, los cuales pueden expresarse en forma cualitativa, cuantitativa y cartográfica, describiendo la situación general del área de influencia.

Los criterios se construyeron teniendo en cuenta el análisis de las cualidades del medio que expresan su susceptibilidad ante fenómenos naturales y antrópicos.

Agrupación, calificación y georreferenciación de criterios por medio, a partir de los cuales se generan los mapas temáticos iniciales.

²⁰⁶ DELGADO RIVERA. Felix Abraham. Zonificación ambiental de áreas de interés petrolero, guía metodológica. Bogotá. 2013. 27 p.

²⁰⁷ REPSOL. Consorcio Megaoil. Zonificación ambiental. En: Estudio de impacto ambiental para el área de perforación exploratoria marina Siluro. Bogotá, 2013. p. 1-37.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 172 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Superposición de mapas temáticos de cada medio, usando Sistemas de Información Geográfica (SIG), donde se realiza el cruce y ponderación de los diferentes grados de sensibilidad ambiental identificados en cada uno de los criterios.

Elaboración de mapas de zonificación intermedios en cada uno de los medios (abiótico, biótico, socioeconómico) analizados.

Obtención de la zonificación ambiental final en el área de proyecto, por medio de la superposición ponderada de los mapas intermedios.

“Cabe aclarar que las ponderaciones o calificaciones de cada uno de los parámetros considerados se efectúa con fundamento en el conocimiento, experticia y criterio de cada uno de los especialistas que participan en la elaboración de los estudios ambientales, de tal manera que cada componente será medido bajo el mismo criterio y escala de valores que posea cada profesional, garantizando de esta manera el empleo de un mismo patrón para cada componente. Es importante mencionar que los parámetros y ponderaciones considerados dentro de la metodología pueden ser modificados a criterio de cada profesional o especialista siempre y cuando dicho cambio sea debidamente justificado, se mantenga dentro de la proporción dada para cada componente (físico, biótico, socioeconómico y cultural) y que además sea aceptado por el coordinador del estudio, quien vigilará por la coherencia, pertinencia y equilibrio de los componentes²⁰⁸”.

2.3.4.1 Lineamientos generales para la selección de criterios y valoración

Para la selección y valoración de los criterios por medio se tendrá en cuenta, entre otras, las siguientes unidades (Tabla No. 2.52):

- Áreas de especial importancia ecológica: *“tales como áreas naturales protegidas, reservas de la sociedad civil, distritos de manejo integrado, ecosistemas sensibles, rondas hidrográficas, corredores biológicos, presencia de zonas con especies endémicas, amenazadas (en peligro, en peligro crítico y vulnerables) de acuerdo con la Resolución número 0192 de 2014 o aquella norma que la modifique, sustituya o derogue, áreas de*

²⁰⁸ Delgado 2013. Op. cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 173 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

importancia para cría, reproducción, alimentación y anidación, y zonas de paso de especies migratorias²⁰⁹.

- Áreas de recuperación ambiental: *“tales como áreas erosionadas, de conflicto por uso del suelo o contaminadas²¹⁰”*.
- Áreas de riesgo: *“tales como áreas susceptibles a deslizamientos e inundaciones²¹¹”*.
- Áreas de producción económica: *“tales como ganaderas, agrícolas, mineras, pesqueras, turísticas, recreativas, portuarias, entre otras²¹²”*.
- Áreas de importancia social: *“tales como asentamientos humanos, de infraestructura física y social, y de importancia histórica y cultura²¹³”*.

También, se manejará las áreas o elementos con sensibilidad dominante o especial. Estas áreas corresponden a zonas que por sus características ambientales son consideradas áreas estratégicas de preservación, conservación o de importancia socio-ambiental, por lo tanto se deben plasmar de manera directa en el mapa síntesis. Siguiendo lo sugerido por Delgado (2013)²¹⁴ se considerarán tres (3) tipos de áreas o elementos, a saber:

- Áreas de restricción legal: Consideradas todas aquellas áreas que, fundamentadas en actos administrativos específicos o en la legislación nacional e internacional, restringen o excluyen de manera tajante, la utilización de áreas en el desarrollo de proyectos. Dispararán la calificación a **sensibilidad muy alta**, determinando por ende su **exclusión**, considerada bajo el criterio razonable de actividad y el entorno sobre el cual se ejecuta.
- Áreas de importancia ambiental: Incluyen áreas que cuentan con limitantes o valores ambientales que los catalogan como estratégicos, críticos, vulnerables, únicos o simplemente importantes, pero que no necesariamente son excluyentes para la implementación de proyectos, obras o actividades, siempre y cuando se defina e implemente un conjunto de medidas que controlen y manejen adecuadamente los posibles

²⁰⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución no. 0112 (28, enero, 2015). Op. cit.

²¹⁰ Ibid

²¹¹ Ibid

²¹² Ibid

²¹³ Ibid

²¹⁴ Delgado 2013. Op. cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 174 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

impactos. Definirá sensibilidad **alta y moderada**, generando **áreas de manejo con alta, media y baja restricción** para su intervención.

- Infraestructura de importancia social: Se consideran elementos, obras y proyectos que presentan total incompatibilidad con el proyecto o que, por su función o utilidad, son importantes para la comunidad o para el país. Corresponden a **sensibilidades alta y moderada**, generando **áreas de manejo con alta y mediana restricción** para su intervención.

Lo anterior se plasmará en los mapas de síntesis de sensibilidad ambiental cuando predominen estos sobre la calificación por medio.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 175 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Tabla No. 2.52 Atributos de evaluación en la definición de los criterios para la zonificación ambiental del área de influencia de la terminal portuaria

ABIÓTICO		BIÓTICO	SOCIOECONÓMICO	ELEMENTOS CON SENSIBILIDAD DOMINANTE O ESPECIAL		
GEOSFÉRICO	Agua	ECOSISTEMAS	ÁREAS DE IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL	ÁREAS DE RESTRICCIÓN LEGAL	ÁREAS DE IMPORTANCIA AMBIENTAL	INFRAESTRUCTURA DE IMPORTANCIA SOCIAL.-
Estabilidad geotécnica	Densidad hídrica	Cobertura vegetal y de la tierra	Actividad económica	Parque Nacionales Naturales – PNN	Áreas Forestales protectoras-productoras Ley 2da 1959	Escuelas, iglesias, coliseos, centros de salud, etc.
Susceptibilidad a la erosión	Calidad fisicoquímica del agua	Áreas de especial importancia ecológica	Calidad de vida	Áreas Marinas Protegidas – AMP	<ul style="list-style-type: none"> ■ Áreas del sistema regional de áreas naturales protegidas – SIRAP ■ Reservas forestales protectoras ■ Parques Naturales Regionales ■ Distritos de manejo integrado ■ Distritos conservación suelos ■ Áreas recreación 	Cables submarinos, líneas de transferencia, etc.
Pendientes	Oferta hídrica	Objetos de conservación	Organización comunitaria y ámbitos de participación	Santuarios de Fauna y Flora – SFF	Reservas de la sociedad civil	Estanques piscícolas, tanques de agua, etc.
Facies sedimentarias	Demanda hídrica	Zonificación de la Unidad Ambiental Costera del Darién	Distribución de la tierra	Reservas de la biosfera – MAB	Sitios prioritarios de conservación – SPC	Canales y/o distritos de riego
Estructuras Geológicas	Rondas hidrográficas	Comunidad pelágica	Potencial arqueológico y cultural		Corrientes y cuerpos de agua superficiales (30 m)	Boyas de señalización
Sismicidad			Caladeros de pesca (Industrial – Artesanal)			
Hidrogeología			Rutas de embarcaciones			
Usos del suelo y conflictos						

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 176 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

Luego, se definieron los parámetros bajo los cuales se evaluaron los criterios y se estableció una escala de valores de sensibilidad y/o importancia en cinco (5) categorías principales:

Sensibilidad ambiental muy alta

Sensibilidad ambiental alta

Sensibilidad ambiental moderada

Sensibilidad ambiental baja

Sensibilidad ambiental muy baja

2.3.4.2 Definición de la sensibilidad ambiental del área

Una vez se obtengan las agrupaciones y calificaciones de cada uno de los medios analizados por cada profesional, se realizará la superposición de estos para establecer las diferentes categorías de sensibilidad y que sirva como insumo para establecer las categorías de uso y restricción en la zonificación de manejo ambiental. La sensibilidad ambiental se definirá mediante la siguiente expresión matemática:

$$Sa = \sum (Ab, B, Sc)$$

Ecuación No. 2.27 Expresión matemática para la definición de la sensibilidad ambiental

Fuente: Delgado (2013), Adaptado Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

Dónde:

Sa= Sensibilidad ambiental

Ab= Medio abiótico, así:

$$Ab = \sum (Cri1, Cri2, Cri3, Cri \dots)$$

Ecuación No. 2.28 Expresión matemática para la valoración de sensibilidad del medio abiótico

Fuente: Delgado (2013), Adaptado Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 177 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Nota: Sumatoria de todos los criterios seleccionados para el medio abiótico

B= Medio biótico

$$B = \sum (Cri1, Cri2, Cri3, Cri \dots)$$

Ecuación No. 2.29 Expresión matemática para la valoración de sensibilidad del medio biótico

Fuente: Delgado (2013), Adaptado Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

Nota: Sumatoria de todos los criterios seleccionados para el medio biótico

Sc= Medio socioeconómico y cultural

$$SC = \sum (Cri1, Cri2, Cri3, Cri \dots)$$

Ecuación No. 2.30 Expresión matemática para la valoración de sensibilidad del medio socioeconómico

Fuente: Delgado (2013), Adaptado Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

Nota: Sumatoria de todos los criterios seleccionados para el medio socioeconómico

El puntaje máximo por medio será: medio abiótico 33, medio biótico 33 y medio socioeconómico 34.

2.3.4.3 Rangos de valoración

Teniendo en cuenta la Ecuación No. 2.27, la sumatoria de las variables de cada uno de los medios: abiótico (Ab), biótico (B) y socioeconómico (Sc) se encontrarán enmarcadas dentro de los rangos de 6 a 100 puntos, los cuales definirán la sensibilidad básica de las áreas comprendidas dentro de la zona de estudio en las categorías que se establecen de muy baja a muy alta sensibilidad (Figura No. 2.37).

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 178 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

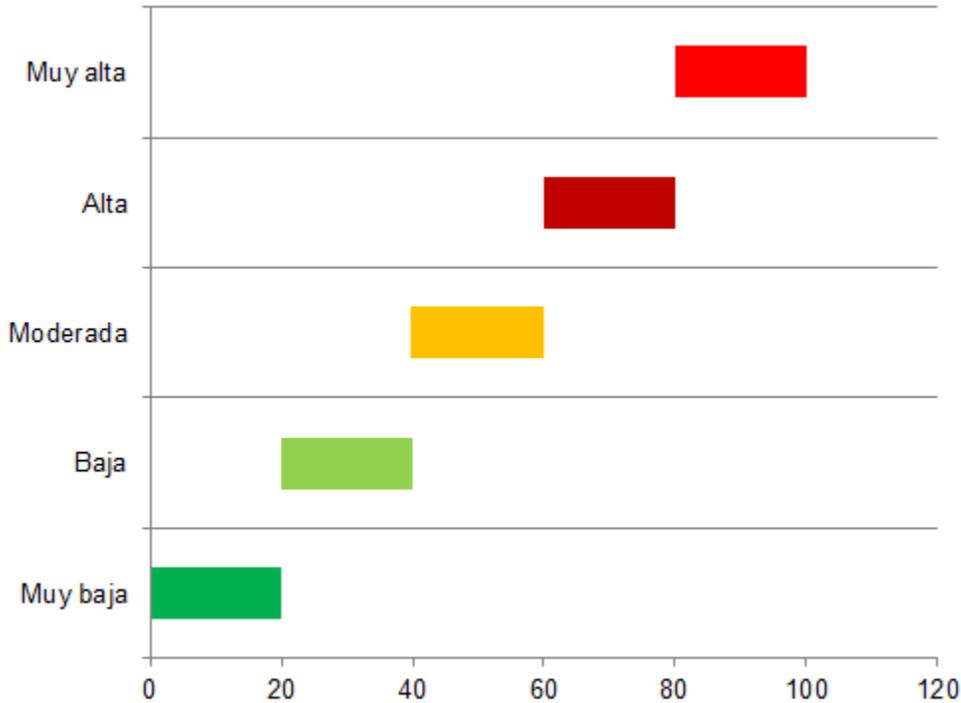


Figura No. 2.37 Rangos de sensibilidad ambiental

Fuente: Delgado (2013), Adaptado Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

Para los diferentes análisis de los resultados, se tuvo en cuenta la zonificación ambiental planteada en los lineamientos y estrategias de manejo integrado de la unidad ambiental costera del Darién y el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Turbo año 2012, según aplicara para su respectiva articulación.

Por último, se integraron los mapas intermedios de cada uno de los medios y se sobrepusieron a través del uso de la herramienta SIG, para obtener la zonificación ambiental final.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 179 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

2.3.5 Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales

Con base en la información de los diseños de las obras del Proyecto de Construcción y Operación de una Terminal Portuaria de Graneles Sólidos de Gran Calado en Bahía Colombia y la caracterización del área de influencia se presenta los recursos naturales que demandará el proyecto y que serán utilizados, aprovechados o afectados durante las diferentes etapas de construcción y operación, donde se incluyeron los recursos que requieren o no permisos, concesiones y autorizaciones.

Se presenta la información requerida en los Formularios Únicos Nacionales, los cuales están como anexos en el capítulo de demanda de recursos naturales.

2.3.5.1 Recurso agua, vertimientos, aprovechamiento forestal y fuentes de material

Se realizó una identificación de los recursos naturales que demandará la construcción y operación de la infraestructura asociada al proyecto, así como las cantidades de material, caudales y volúmenes requeridos para cubrir la demanda del proyecto durante la vida útil del proyecto.

2.3.5.2 Aprovechamiento forestal

Para realizar el inventario forestal del presente estudio con fin de establecer el aprovechamiento, se tomó como área de afectación directa del proyecto una franja de 30 metros a cada lado de la carretera que conducirá de Nueva Colonia a Puerto Bahía Colombia de Urabá, y el predio donde se construirá la terminal en tierra, como se observa en la Figura No. 2.38.

Allí se realizó el inventario forestal al 100% de las especies correspondientes a la categoría de fustal (Circunferencia a la altura del pecho igual o mayor a 31,4 cm) de acuerdo al Decreto 1791 de 1996²¹⁵, como régimen para el aprovechamiento forestal.

²¹⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 1791 (04, octubre, 1996). Por medio de la cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente, 1996. p. 24.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 180 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

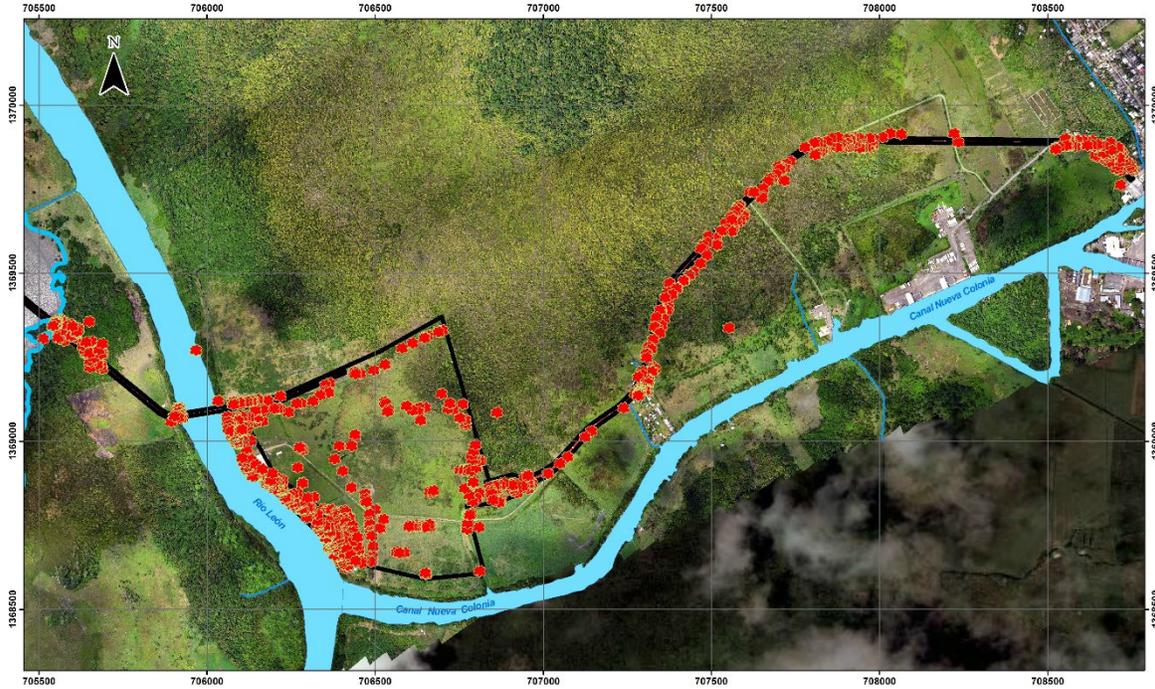


Figura No. 2.38 Puntos inventario forestal en el área de afectación directa del proyecto
Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

Las variables medidas en campo fueron: identificación de la especie, circunferencia a la Altura del Pecho (CAP), ángulo de inclinación a la altura del pecho, ángulo de inclinación a la primera ramificación y ángulo de inclinación al ápice del árbol, ancho de copa, calidad del fuste y las coordenadas de ubicación de cada árbol; se midieron todos los individuos con CAP igual o mayor a 31,4 cm. Todos los individuos fueron marcados con pintura de aceite de color roja aproximadamente a 1,50 m de altura, de manera numérica y los números fueron consecutivos, como se observa en la Fotografía No. 2.12.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 181 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	



Fotografía No. 2.12 Marcación de los individuos inventariados en campo
Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

La circunferencia a la altura del pecho (CAP), se midió a una altura de 1,30 m sobre el nivel del suelo, en unidades de centímetros, utilizando para ello cinta métrica. Al medir cada árbol se revisó que no se estuviera tomando en cuenta bejucos, parásitas u otros vegetales que alteren la exactitud de la medida, como se observa en la Fotografía No. 2.13.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 182 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:



Fotografía No. 2.13 Medición del CAP durante el inventario forestal
Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

Con el valor tomado de CAP se calculó el diámetro a la altura del pecho empleando la Ecuación No. 2.31.

$$DAP = CAP / \pi$$

Ecuación No. 2.31 Cálculo para encontrar el diámetro a la altura del pecho (DAP)

La altura total del árbol se calculó a partir de los ángulos de inclinación tomados en campo con ayuda de un clinómetro (Fotografía No. 2.14), estos fueron tomados a la altura del pecho (α_1) y al ápice de cada árbol (α_3). Luego con la Ecuación No.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 183 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

2.32. La cual fue tomada del manual de métodos básicos de muestreo²¹⁶ de cálculo la altura total.

$$H_t = d + \tan(\alpha_1 - \alpha_3) + 1,3$$

Ecuación No. 2.32 Ecuación para encontrar la altura total de los árboles

Dónde:

H_t = altura total

d = distancia en metros entre el clinómetro y el árbol

α_1 = ángulo desde el tocón (50 cm)

α_3 = ángulo al ápice del árbol

La altura comercial del árbol representa la parte del fuste aprovechable comercialmente. Ésta se midió con ayuda de un clinómetro (Fotografía No. 2.14) desde el tocón (unos 50 cm sobre el suelo), hasta donde se inicia la copa o hasta donde haya alguna limitación como deformación, daño, o diámetro menor de 25 cm; luego empleando la Ecuación No. 2.33 se calculó la altura comercial²¹⁷.

$$H_c = d + \tan(\alpha_1 - \alpha_2) + 1,3$$

Ecuación No. 2.33 Ecuación para encontrar la altura comercial de los árboles

Dónde:

H_c = altura comercial

d = distancia en metros entre el clinómetro y el árbol

α_1 = ángulo a la altura del pecho (1,3 m)

α_2 = ángulo al fuste o altura comercial

²¹⁶ Mostacedo y Fredericksen. Op. cit., p. 29

²¹⁷ *Ibíd.*

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 184 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:



Fotografía No. 2.14 Medición de alturas durante la fase de campo
Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

Para cuantificar la cantidad de madera por individuo se debe de calcular el volumen comercial de cada árbol, para ello se utilizaron las ecuaciones que se exponen en el manual de métodos básicos de muestreo²¹⁸. La Ecuación No. 2.34 fue empleada para calcular el área basal de cada árbol en unidades de metros cuadrados (m²); para determinar el volumen comercial en metros cúbicos (m³) para cada individuo se empleó la Ecuación No. 2.35.

$$g = \frac{\pi}{4} * DAP^2$$

Ecuación No. 2.34 Ecuación para calcular el área basal

Donde,

g = área basal de un árbol (m²)

DAP = diámetro a la altura del pecho (m)

²¹⁸ Mostacedo y Fredericksen. Op. cit., p. 39-42

 <p>PUERTO BAHÍA COLOMBIA DE URABA S.A. TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS</p>	<p>MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO</p>	 <p>aqua & terra</p>
	<p>OBJETIVOS Y GENERALIDADES</p>	<p>Página 185 de 206</p>
	<p>GAT-391-15-CA-AM-PIO-01</p>	<p>Revisión:</p>

$$V = g + Hc$$

Ecuación No. 2.35 Ecuación para calcular el volumen comercial

Donde,

V = volumen del árbol en m³

g = área basal del árbol (m²)

Hc = altura comercial del árbol (m)

Para obtener las clases diamétricas se determinaron once (11) intervalos con un registro mínimo de 9 cm y un registro máximo de 120 cm para así obtener una marca de clase de 10 cm. En la Tabla No. 2.53 se muestran las clases diamétricas por intervalo de clase para cada categoría.

Tabla No. 2.53 Clases diamétricas por intervalo de clase para la variable diámetro normal, para los arboles del área de afectación directa del proyecto

Clase diamétrica	Intervalo de clase	Marca de clase
1	9 - 19 cm	14
2	19,1 - 29 cm	24
3	29,1 - 39 cm	34
4	39,1 - 49 cm	44
5	49,1 - 59 cm	54
6	59,1 - 69 cm	64
7	69,1 - 79 cm	74
8	79,1 - 89 cm	84
9	89,1 - 99 cm	94
10	99,1 - 109 cm	104
11	109,1 - 120 cm	114

Fuente: Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S., 2015

2.3.5.3 Residuos sólidos

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 186 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

En la Tabla No. 2.54 se presenta la asignación de nivel de complejidad del sistema (NCS) con base en la norma RAS 2000²¹⁹. Con este nivel de complejidad y los valores típicos de la producción per-cápita de residuos sólidos que se presentan en la Tabla No. 2.55, se puede calcular la producción de residuos sólidos para la construcción y la operación del proyecto.

Tabla No. 2.54 Valores típicos de la Estimación de Producción Percapita - PPC para municipios colombianos de acuerdo al NCS

Nivel de complejidad	Valor mínimo	Valor máximo	Valor promedio
Bajo	0,30	0,75	0,45
Medio	0,30	0,95	0,45
Medio Alto	0,30	1,00	0,53
Alto	0,44	1,10	0,79

Fuente: Norma RAS 2000. Título F220.

*NCS: Nivel de Complejidad del Sistema

Para el caso específico del proyecto, se utilizará una PPC de 0,75 kg/hab-día.

De acuerdo con los residuos generados, se asignará la siguiente proporción (ver Tabla No. 2.55).

Tabla No. 2.55 Proporción de residuos no peligrosos

Clasificación	Proporción (%)
Biodegradables	60
Reciclables	20
Ordinarios e inertes	20

Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015.

Para calcular la producción de residuos del proyecto, se emplea la siguiente expresión (ver Ecuación No. 2.36):

$$\text{Residuos} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}} \right) = (\text{PPC} * P * Ds)$$

Ecuación No. 2.36 Producción de residuos sólidos

Fuente: RAS 2000, Título F²²¹

Dónde:

²¹⁹ Ibid.

²²⁰ Ministerio de Desarrollo Económico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS- 2000. Título F. Sistemas de aseo urbano. Bogotá D.C, noviembre de 2000.

²²¹ Ibid.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 187 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Residuos: Producción de residuos sólidos (kg/día)

P: Población

PPC: Producción de residuos sólidos por persona día.

Ds: 1 día de generación

2.3.6 Identificación y Evaluación de impactos ambientales

Inicialmente, se identificaron y evaluaron los impactos ambientales de las actividades que mayor incidencia tienen sobre el área de influencia (escenario sin proyecto – Ex Ante).

Posteriormente, con base en las actividades definidas en la descripción del proyecto y partiendo de los impactos identificados previamente en el estudio de impacto ambiental y de acuerdo con los análisis realizados en la caracterización del proyecto, se identificaron los impactos y se analizó su afectación (Ex – Post).

La evaluación de impactos ambiental se basó en la asignación de valores a cada criterio, analizando el escenario con proyecto y determinando las condiciones actuales y las problemáticas ambientales existentes en el área de influencia, producto de las principales obras y actividades realizadas durante la construcción y operación del terminal portuario.

El proceso de valoración de los impactos ambientales, fue realizado de manera conjunta (mesas de discusión) con el grupo interdisciplinario de profesionales especialistas que participaron en la modificación de la licencia ambiental.

Además de analizar cada efecto generado sobre los diferentes medios ambientales (abiótico, biótico y socioeconómico), los resultados obtenidos fueron sintetizados con el objetivo de definir las alternativas de prevención, mitigación, compensación y corrección; todo ello, con el propósito de minimizar los impactos ambientales generados.

A continuación se enuncian las diferentes acciones desarrolladas para evaluar los impactos identificados durante la construcción y operación del Terminal Portuario.

2.3.6.1 Identificación de acciones impactantes

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 188 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Consiste en la identificación de acciones impactantes de tipo antrópico, que durante el desarrollo del proyecto son consideradas *Indicadores de Presión*, debido a que ejercen influencia sobre el medio ambiente variando o alterando el grado de calidad de los componentes ambientales.

Estas acciones, pueden generar cambios como: modificaciones al uso del suelo, emisión de contaminantes, deterioro del paisaje, modificación del entorno social, económico y cultural, consumo de los recursos naturales, riesgos, entre otras.

2.3.6.2 *Identificación de componentes ambientales susceptibles a recibir cambios o impactos*

Consiste en la identificación de los componentes y elementos (factores ambientales) del medio abiótico, biótico y socioeconómico que pueden alterarse o modificarse positiva o negativamente por las diferentes actividades del proyecto.

Para la definición de los factores ambientales más susceptibles, fue necesario considerar los siguientes criterios: representativos, relevantes, excluyentes, de fácil identificación y cuantificables.

2.3.6.3 *Cualificación y cuantificación de los impactos*

Una vez realizada la identificación de acciones impactantes e identificación de los componentes ambientales susceptibles a recibir cambios, se valoraron y evaluaron los criterios naturaleza (NA), intensidad (IN), extensión (EX), momento (MO), persistencia (PE), reversibilidad (RV), sinergia (SI), acumulación (AC), efecto (EF) recuperabilidad (MC) y periodicidad (P) para definir el rango de importancia ambiental de cada impacto, tal como lo propone la Metodología de Conesa Fernández Vítora (2010)²²².

Dicha metodología incluye un sistema de calificación para cada criterio que oscila con valores entre 1 y 12, de acuerdo con las características cualitativas determinadas para cada uno de los impactos a evaluar, tal como se muestra en la Tabla No. 2.56.

Tabla No. 2.56 Criterios de evaluación

²²² CONESA FDEZ.-VÍTORA. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. 4 ed. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa, 2010. 864 p.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 189 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

CRITERIOS		DEFINICIÓN	VALORACIÓN CUALITATIVA	
NA	NATURALEZA	Carácter benéfico o perjudicial del impacto, en cuanto a si la acción mejora o degrada el ambiente actual o a futuro.	Beneficioso o positivo	+
			Perjudicial o Negativo	-
IN	INTENSIDAD	Define el grado de degradación que ofrece la acción sobre el recurso.	Baja	1
			Media	2
			Alta	4
			Muy Alta	8
			Total	12
EX	EXTENSIÓN	Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno en que se manifiesta el efecto. Puntual se refiere a cuando el efecto es localizado. Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo influencia generalizada en todo él, el impacto será total. Considerando las condiciones intermedias, según su gradación, como impacto parcial y extenso.	Puntual	1
			Parcial	2
			Extenso	4
			Total	8
			Critica	(+4)
MO	MOMENTO	Tiempo que transcurre desde el inicio de la acción hasta le inicio del impacto que produce. Cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento es inmediato, si es inferior a un año es corto plazo. Si el periodo de tiempo va de 1 a 5 años medio plazo, mientras que si el efecto tarda en demorarse más de 5 años es largo plazo.	Largo Plazo	1
			Medio Plazo	2
			Inmediato	4
			Critico	(+4)
PE	PERSISTENCIA	Tiempo en que se espera que permanezca el impacto desde su aparición. Fugaz menor de 1 año, es temporal si es entre 1 y 10 años y permanente si es superior a 10 años.	Fugaz	1
			Temporal	2
			Permanente	4
RV	REVERSIBILIDAD	Posibilidad del factor afectado de volver a sus condiciones anteriores a la afectación por medio naturales, una vez se haya dejado de actuar sobre el medio. Si es corto plazo será en un periodo menor de 1 año, mediano plazo es entre 1 y 10 años y permanente o irreversible si es superior a 10 años.	Corto Plazo	1
			Mediano Plazo	2
			Irreversible	4
SI	SINERGIA	Hay sinergia si dos efectos se manifiestan conjuntamente, y ello es mayor que sus manifestaciones aisladas. Si hay <i>debilitamiento</i> entre los efectos la sinergia es negativa, reduciendo la importancia (I).	Sin sinergismos (simple)	1
			Sinérgico	2
			Muy Sinérgico	4
AC	ACUMULACIÓN	Un impacto es acumulativo si la presencia continuada de la acción crezca en el tiempo.	Simple	1
			Acumulativo	4
EF	EFEECTO	Derivada de la relación Causa/Efecto. Un	Indirecto Secundario	1

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 190 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

CRITERIOS		DEFINICIÓN	VALORACIÓN CUALITATIVA	
		Efecto es directo cuando la acción misma genera el efecto, mientras que es indirecto si se genera a partir de otro impacto.	Directo	4
PR	PERIODICIDAD	Regularidad de manifestación del impacto. Puede presentarse de forma continua, periódica o irregular, que deben evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia, y los discontinuos.	Irregular o aperiódico y discontinuo	1
			Periódico	2
			Continuo	4
MC	RECUPERABILIDAD	Posibilidad de recuperación del factor afectado por medio de gestión ambiental (introducción de medidas correctivas). Puede ser Recuperable si se consigue de manera inmediata o en el medio plazo, si lo es parcialmente el efecto es mitigable, mientras que es Irrecuperable si la alteración es imposible de reparar tanto natural como por la acción natural.	Recuperable de manera inmediata	1
			Recuperable a medio plazo	2
			Mitigable	4
			Irrecuperable	8
I	IMPORTANCIA	Medida cualitativa del impacto a partir del grado de incidencia de la alteración producida y de sus efectos.	Irrelevante	0-25
			Moderado	25-50
			Severo	50-75
			Crítico	75-100

Fuente: CONESA, (2010)

Considerando los valores dados para cada criterio y la siguiente fórmula, se obtendrá la calificación de importancia para cada impacto, donde el menor valor posible es de 13 y el valor más alto es de 100.

$$I = (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Ecuación No. 2.37 Ecuación para calcular la importancia

En la Ecuación No. 2.37 se muestra la escala de valoración y calificación de la importancia de carácter negativo (-) o perjudiciales y de carácter positivo (+) o benéficos.

Esta escala consideró como **impactos significativos** aquellos cuyo valor absoluto de importancia es mayor 25 evaluados como impactos críticos, severos y moderados, es decir, que requieren de la implementación de medidas y/o estrategias específicas de manejo para minimizar la importancia del impacto durante el dragado de profundización del canal de acceso. Mientras que los **impactos no significativos** son aquellos cuyo valor absoluto de importancia es menor de 25 evaluados como irrelevantes o compatibles con el medio, ya que estos presentan una mayor asimilación del ambiente tras el cese de las

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 191 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

actividades y no requieren medidas correctoras o las medidas implementadas para los impactos moderados pueden absorber dichos impactos.

Es importante resaltar, que si se identifican impactos de carácter positivo (+) o benéfico, el criterio de Recuperabilidad no será valorado según los rangos establecidos, ya que al obedecer al tipo benéfico, el entorno no tienen efectos sobre los cuales revertirse o recuperarse. Por lo tanto, estos tendrán un valor igual a cero (0) dentro de la valoración.

Tabla No. 2.57 Rangos de calificación y valoración de la importancia ambiental

Escala de valoración	Importancia de carácter negativa	Escala de valoración	Importancia para impactos positivos
0 a -25	Irrelevante		
-26 a -50	Moderado	0 a +39	No importante
-51 a -75	Severo	+40 a +70	Importante
-76 a -100	Crítico	+71 a +100	Muy importante

Fuente: Conesa, (2010) modificada por Aqua & Terra Consultores.

2.3.6.4 *Análisis de impactos y sus efectos*

El análisis de los impactos y sus efectos, se realizó para los impactos identificados en el escenario con proyecto, de acuerdo con la calificación de importancia absoluta, para identificar los impactos más relevantes, la actividad más agresiva con el medio y los medios ambientales más o menos afectados.

Para los impactos más relevantes, se realizó el análisis de la acumulación y sinergia de los impactos del proyecto con los impactos que pudiesen presentarse en el área y, de los impactos del proyecto por si solos.

A continuación se describen los lineamientos usados para el análisis de los impactos definidos como acumulativos y sinérgicos para la elaboración del estudio.

- Impactos acumulativos

Para poder realizar la evaluación de los impactos acumulativos es necesario conceptualizar el término con el fin de evitar ambigüedades que pueden inducir a errores. Por tanto, se define como impacto acumulativo a los cambios ocasionados en el ambiente por alguna actividad que en combinación con otras, trae como consecuencia efectos secundarios al área de influencia del proyecto (ver Figura No. 2.39).

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 192 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

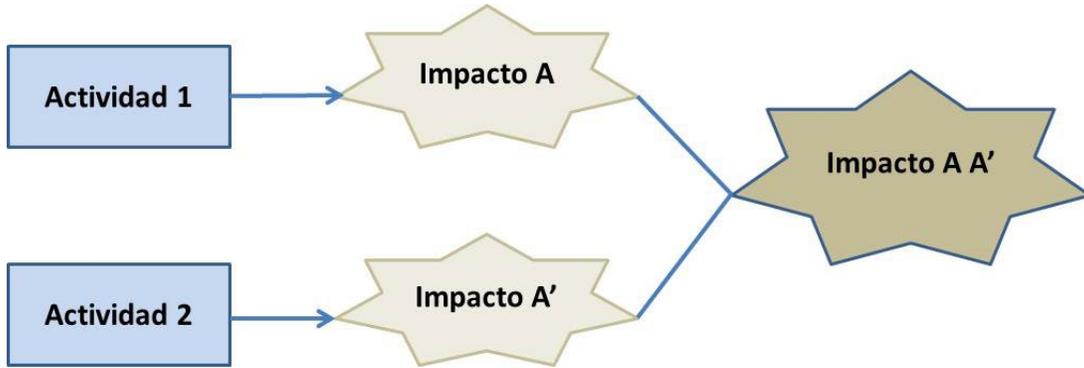


Figura No. 2.39 Impacto acumulativo

Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores.

- Impactos sinérgicos

Los impactos sinérgicos son aquellos que se producen como consecuencia de varias acciones, y cuya incidencia final es mayor que la suma de los impactos parciales (ver Figura No. 2.40).

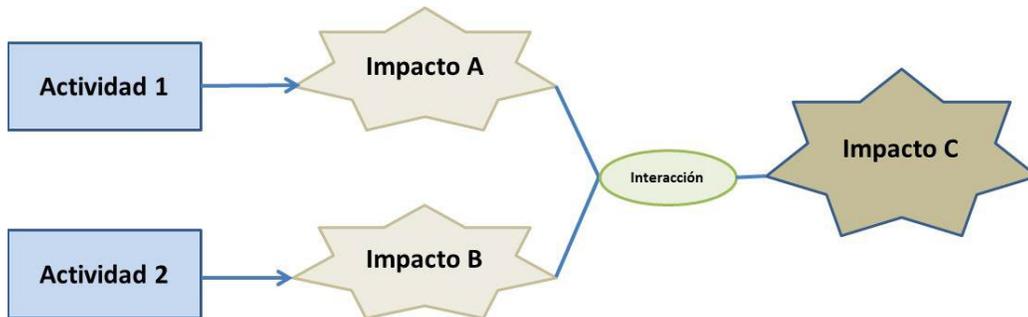


Figura No. 2.40 Impacto sinérgico

Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores.

El análisis de los impactos sinérgicos, se realizó teniendo en cuenta que no existe sinergia cuando:

- Los impactos se desarrollan en tiempos diferentes o no ocurren simultáneamente.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 193 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

- Si la actividad que origina los diferentes impactos es la misma, pero las afectaciones se dan sobre diferentes componentes ambientales, debido a que estos no son comparables entre sí.
- No existe sinergia entre un impacto de carácter negativo y uno de carácter positivo.
- No existe sinergia entre dos impactos de carácter positivo.

2.3.7 Zonificación de manejo ambiental

Siguiendo los lineamientos establecidos por Delgado²²³. La zonificación de manejo ambiental se obtiene a partir del cruce de la zonificación ambiental y la evaluación de las actividades del proyecto. Bajo este esquema, la zonificación debe tener en cuenta los grados de sensibilidad de cada sistema frente al grado de afectación que serán objeto por parte del proyecto. El resultado de la interacción permite establecer áreas de exclusión, áreas susceptibles de intervención y áreas de intervención con restricciones (mayores o menores) y se especifica en el tipo de restricción existente. A continuación se definen las características de las mencionadas áreas:

ÁREAS DE EXCLUSIÓN

Considera todas aquellas áreas que por su naturaleza, estado o magnitud presentan un grado de susceptibilidad ambiental **MUY ALTA** (mayor a 90 puntos). En la definición de esta categoría debe considerarse el tipo de actividad que se requiere desarrollar, entorno social y el ecosistema mismo, con el objeto de ser lo más objetivos posible en la calificación que determine la sectorización ambiental (***Sensibilidad Ambiental***)

100	90	80	70	60	50	40	20	0
MUY ALTA		ALTA		MODERADA		BAJA	MUY BAJA	

Zonificación de Manejo ambiental

100	90	80	70	60	50	40	20	0
EXCLUSIÓN		Alta		Media		Baja	INTERVENCIÓN SIN RESTRICCIONES	
INTERVENCIÓN CON RESTRICCIONES								

²²³ DELGADO RIVERA, Felix Abraham. Zonificación ambiental de áreas de interés petrolero, guía metodológica. Bogotá. 2013. 27 p.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 194 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Figura No. 2.41 color rojo oscuro).

ÁREAS DE INTERVENCIÓN CON RESTRICCIONES.

ALTA. Dada su naturaleza y sensibilidad ambiental requieren limitar al máximo su intervención y maximizar los controles y medidas de carácter preventivo para evitar posibles afectaciones. En la sectorización se incluyen áreas que presentan sensibilidades con calificaciones comprendidas entre los 70 y 90 puntos (**Sensibilidad Ambiental**)

100	90	80	70	60	50	40	20	0
MUY ALTA		ALTA		MODERADA		BAJA	MUY BAJA	

Zonificación de Manejo ambiental

100	90	80	70	60	50	40	20	0
EXCLUSIÓN		Alta		Media		Baja	INTERVENCIÓN SIN RESTRICCIONES	
		INTERVENCIÓN CON RESTRICCIONES						

Figura No. 2.41 , color ocre).

MEDIA. Considerados todos aquellos sitios que por su naturaleza, estado o magnitud requieren que las actividades se desarrollen de manera cuidadosa, maximizando los controles y medidas de carácter preventivo para evitar posibles afectaciones. Para efectos de la presente clasificación se considerarán aquellas áreas cuya sensibilidad ambiental sea calificada entre 50 y 70 puntos (**Sensibilidad Ambiental**)

100	90	80	70	60	50	40	20	0
MUY ALTA		ALTA		MODERADA		BAJA	MUY BAJA	

Zonificación de Manejo ambiental

100	90	80	70	60	50	40	20	0
EXCLUSIÓN		Alta		Media		Baja	INTERVENCIÓN SIN RESTRICCIONES	
		INTERVENCIÓN CON RESTRICCIONES						

Figura No. 2.41, colores amarillo claro).

BAJA. Estos sitios presentan una sensibilidad Ambiental de Baja, en la cual para se considera que el manejo ambiental debe tener restricciones bajas, dado que la sensibilidad que manifiesta. (**Sensibilidad Ambiental**)

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO					
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES				Página 195 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01				Revisión:	

100	90	80	70	60	50	40	20	0
MUY ALTA		ALTA		MODERADA		BAJA		MUY BAJA

Zonificación de Manejo ambiental

100	90	80	70	60	50	40	20	0
EXCLUSIÓN		Alta		Media		Baja		INTERVENCIÓN SIN RESTRICCIONES
		INTERVENCIÓN CON RESTRICCIONES						

Figura No. 2.41, color verde claro).

ÁREAS DE INTERVENCIÓN SIN RESTRICCIONES.

Definida como todas aquellas que presentan una calificación total de sensibilidad ambiental, inferior a los 20 puntos y se encuentran dentro de las categorías de **MUY BAJA** de la sensibilidad ambiental (**Sensibilidad Ambiental**

100	90	80	70	60	50	40	20	0
MUY ALTA		ALTA		MODERADA		BAJA		MUY BAJA

Zonificación de Manejo ambiental

100	90	80	70	60	50	40	20	0
EXCLUSIÓN		Alta		Media		Baja		INTERVENCIÓN SIN RESTRICCIONES
		INTERVENCIÓN CON RESTRICCIONES						

Figura No. 2.41, color verde).

La zonificación de Manejo Ambiental es la resultante de la interrelación entre la Zonificación Ambiental (oferta ambiental del área) y la evaluación ambiental de las actividades a desarrollar en el área del proyecto. En estas condiciones, esta zonificación debe tener en cuenta los grados de sensibilidad de cada uno de los ecosistemas frente al grado de intervención o afectación que serán objeto por parte del proyecto. Como resultado de dicha interacción se han de establecer, áreas de exclusión, áreas susceptibles de intervención y las áreas de intervención con restricciones, especificando en dicha zonificación el tipo de restricción existente. Es muy importante que cada especialista aplique su sectorización bajo criterios razonables que respondan a las características o impactos que generan las actividades propias del proyecto, de tal forma que no castigue o excluya áreas que bajo un adecuado manejo y control pueden ser utilizadas sin que exista deterioro de las mismas. A continuación se definen las características de las mencionadas áreas:

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 196 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Sensibilidad Ambiental

100	90	80	70	60	50	40	20	0
MUY ALTA		ALTA		MODERADA		BAJA		MUY BAJA

Zonificación de Manejo ambiental

100	90	80	70	60	50	40	20	0
EXCLUSIÓN		Alta		Media		Baja		INTERVENCIÓN SIN RESTRICCIONES
INTERVENCIÓN CON RESTRICCIONES								

Figura No. 2.41 Rango de valoración de zonificación de manejo ambiental
Fuente: Delgado, 2013

2.3.8 Evaluación económica ambiental

Para la evaluación económica de impactos, en este estudio se usaron los métodos precios de mercado, con énfasis en los costos asociados a la productividad, y la transferencia de beneficios. La aplicación de la primera se fundamentó en la existencia de un mercado real para la extracción pesquera, para lo cual se pudo obtener de manera directa el precio de comercialización de diferentes especies de importancia económica. Con respecto a la metodología de transferencia de beneficios, su uso es adecuado para situaciones en las cuales resulta muy costoso realizar la valoración o se cuenta con poco tiempo disponible para llevar a cabo un estudio de valoración original.

En este caso, la configuración en fragmentos de los ecosistemas afectados y el alto grado de intervención de los mismos, derivado a las actividades que se realizan en la zona, configuran de una alta complejidad en el análisis y asignación de cargas a diferentes bienes o servicios con valor económico, tales como la productividad pesquera.

Esta situación requiere de estudios con un alto grado de complejidad y tiempo, por lo cual se acudió a este método de valoración considerando parámetros como la similitud en las características de los sitios o ecosistemas a comparar y la disponibilidad de estudios, entre otros.

2.3.8.1 Método precios de mercado

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 197 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

El método de precio de mercado estima los valores económicos de los productos o servicios de los ecosistemas que son comprados y vendidos en los mercados comerciales, siendo utilizado para cuantificar los cambios de valor en la cantidad o calidad de un bien o servicio. Utiliza técnicas económicas estándar para la medición de los beneficios económicos de los productos comercializados de acuerdo a la cantidad de personas que compran, a diferentes precios, y la cantidad ofrecida a diferentes precios.

El método estándar para medir el valor de uso de los recursos negociados en el mercado es la estimación del excedente del consumidor y el excedente del productor utilizando el precio de mercado y datos de cantidad. El beneficio económico neto total, es decir el excedente económico, es la suma del excedente del consumidor y el excedente del productor²²⁴.

De acuerdo a las metodologías basadas en precios de mercado son: (a) cambios en la productividad (usando precios económicos normales o corregidos cuando existen distorsiones en los mercados de los bienes y/o servicios impactados), (b) costos de enfermedad (cuantifica los costos en los que debe incurrir un individuo para atender la enfermedad), y (c) costos de capital humano (relaciona la pérdida de productividad de los seres humanos ocasionada por la muerte prematura). En este caso, las estimaciones se realizarán mediante un análisis de la productividad pesquera, teniendo en cuenta los volúmenes de pesca y su precio en el mercado.

2.3.8.2 Método precios de transferencia de beneficios

El método de transferencia de beneficios se utiliza para estimar los valores económicos de los servicios de los ecosistemas mediante la transferencia de la información disponible de los estudios ya realizados en otro lugar o contexto. Por lo tanto, el objetivo básico de la transferencia de beneficios es estimar los beneficios de un contexto, adaptando una estimación de beneficios de algún otro contexto.

²²⁴ Freeman Iii, M.A. (1993). The Measurement Of Environmental And Resource Values. Theory And Methods. Resources For The Future, Washington, D.C.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 198 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Esta metodología se usa cuando el análisis con información primaria resulta muy costoso o se cuenta con poco tiempo para para realizarlo²²⁵. Este método tiene una mayor confiabilidad cuando el sitio original y el sitio de estudio son muy similares en términos de factores tales como la calidad, la ubicación y características de la población; cuando el cambio ambiental es muy similar para los dos sitios y cuando el estudio de valoración inicial fue llevado a cabo cuidadosamente y utilizado técnicas rigurosas.

Para aplicar la metodología, de acuerdo a Ecosystem Valuation, el primer paso es identificar los estudios existentes que puedan ser utilizados para la transferencia; en segundo lugar, se debe evaluar los datos existentes para determinar si son apropiados para utilizar en la transferencia; en tercer lugar, evaluar la calidad de los estudios que se van a utilizar para la transferencia de beneficios; en cuarto lugar, ajustar los valores existentes para reflejar mejor los valores del sitio en cuestión, utilizando toda la información disponible y relevante; y por último, estimar el valor del beneficio total; multiplicando los valores transferidos por el número de personas afectadas.

2.3.9 Planes y Programas

2.3.9.1 Plan de Manejo Ambiental (PMA)

Para la elaboración del plan de manejo ambiental, se partió de las medidas de manejo aprobadas en la licencia ambiental, las medidas fueron ajustadas y complementadas según se requirieran, de acuerdo a las nuevas actividades del proyecto.

Las medidas planteadas en el PMA proponen un conjunto de acciones o medidas necesarias para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos potenciales identificados generados sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico.

Estos planes presentan una codificación y estructuración que posibilitará su control y actualización. Además, contienen los siguientes ítems objetivos, metas, etapa, impactos a controlar, tipos de medida, acciones a desarrollar, lugar de

²²⁵ Colombia, Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, Metodologías para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales, Diciembre 2003

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 199 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

aplicación, población beneficiaria, personal requerido, indicadores de seguimiento y monitoreo, responsables de la ejecución, cronograma y presupuesto.

2.3.9.2 *Plan de Seguimiento y Monitoreo (PSM)*

Formulados los planes de manejo ambiental, es necesario asegurar la implementación y el cumplimiento de las mismas. Para ello se diseñaron las estrategias de seguimiento y monitoreo del proyecto, con el fin de determinar el comportamiento, eficiencia y eficacia de los planes de manejo ambiental en cuanto a la afectación de los medios abiótico, biótico y socioeconómico.

2.3.9.3 *Plan de Gestión del Riesgo*

El plan de Gestión del Riesgo es un conjunto de medidas que tienen como fin la prevención, atención y recuperación de eventos adversos (accidentes, operaciones defectuosas, y fenómenos externos) que por sus características pueden generar efectos a los medios abióticos, bióticos y socioeconómicos. El objetivo de este plan es prestar una atención rápida y oportuna a las partes afectadas por el evento, el diseño de programas donde se designe las funciones y el uso eficiente de los recursos, planes donde se establezcan procedimientos de emergencia y un sistema de información que permita una comunicación con el personal que conforma las brigadas, las entidades de apoyo externo y la comunidad afectada.

Para la elaboración del plan de Gestión del Riesgo se partió del plan aprobado en la licencia ambiental, adicionalmente se realizó la identificación de los riesgos de las nuevas actividades del proyecto, los cuales pueden ser originados por las condiciones naturales presentes en el área o por factores antrópicos producto de las diferentes etapas del proyecto. Para esto, es necesario determinar las amenazas que podrían presentarse durante el desarrollo del proyecto, y la vulnerabilidad que dependerá del nivel o grado de exposición a una amenaza.

Luego de identificar y jerarquizar las amenazas y la vulnerabilidad, se relacionan ambas para obtener el nivel de riesgo al que está expuesto el proyecto, el cual puede clasificarse entre alto, medio y bajo.

Tendiendo claro el tipo y los niveles de riesgo a los que está expuesto del proyecto, se procedió a la elaboración de los siguientes planes:

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 200 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

Plan estratégico: donde se definió la estructura y la organización para la atención de emergencias, las funciones, responsabilidades, los recursos materiales, institucionales y humanos necesarios.

Plan de operativo corresponde a la herramienta a utilizar en caso que se presente una emergencia. Contempla los niveles de activación del plan, los procedimientos de notificación, quienes intervienen, procedimientos operativos y las estrategias para la terminación de operaciones.

Plan Informativo define los requerimientos del Plan de Contingencia en términos de datos y sistemas de información que permitan identificar y clasificar los recursos disponibles, así como la información básica y logística que permita que los planes estratégico y operativo sean eficientes, logrando su articulación.

2.3.9.4 *Plan de abandono y restauración final*

Para las áreas directas y estructuras del proyecto que deban ser desmanteladas luego de concluida su vida útil, se elaboró un plan de abandono con base en el plan presentado en el estudio de impacto ambiental aprobado mediante Resolución 0032 de 2015 y se actualizó para las nuevas obras.

2.3.9.5 *Plan de inversión del 1%*

De acuerdo a la demanda del recurso hídrico y los costos del proyecto, se actualizó y ajustó el plan de inversión del 1%, en conformidad con lo establecido en el Decreto 1900 de 2006 y dando cumplimiento a los requerimientos de la licencia ambiental.

2.3.9.6 *Plan de Compensación por pérdida de la biodiversidad*

De acuerdo a lo definido en la línea base y en el plan de aprovechamiento forestal, se elaboró el plan de compensación por pérdida de la diversidad, de acuerdo a los lineamientos establecidos en el “Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad” acogido mediante Resolución 1517 de 2012.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 201 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

2.3.10 Componente SIG

La metodología para el desarrollo del componente SIG, se realizó siguiendo las siguientes especificaciones técnicas en cuanto a la recopilación, almacenamiento, estructuración y administración de la información geográfica

- Toda la información de cartografía temática generada para el componente abiótico, biótico y socioeconómico se almacenó en la geodatabase corporativa de la ANLA reglamentada con la Resolución 1415 de 2012 (*Por la cual se modifica y actualiza el Modelo de Almacenamiento Geográfica (Geodatabase) adoptada mediante la Resolución 1503 de 2010*).
- Toda la información de cartografía básica generada para el área de estudio se almacenó según el modelo de datos del IGAC vigente.
- Los metadatos se elaboraron en formato Excel acorde a la NTC 4611 (Metadato mínimo) y siguiendo la plantilla versión 3 disponible en la página de la ANLA. Para la cartografía básica se diligenció un metadato de forma general y para la cartografía temática se diligenció un metadato para cada feature class.
- El sistema de coordenadas en el que se presenta toda la información básica y temática es MAGNA SIRGAS origen Bogotá.
- Tanto para la cartografía básica como temática se valida la calidad de la información en cuanto a: exactitud de posición y escala, consistencia lógica y de dominios, conectividad, topología, coherencia de atributos, clasificación, completitud y totalidad.

2.3.10.1 Cartografía Básica

La cartografía básica (vías, línea de costa, drenajes, curvas nivel, toponimia, batimetría, áreas de fondeo, etc.) fue generada a partir de la estructuración de la información de la restitución fotogramétrica²²⁶ realizada por Edifica Colombia en octubre de 2014, actualizada y complementada con la ortofoto²²⁷ de resolución de 15cm/pixel generada en la misma fecha a partir de las aerofotografías tomadas por medio de drones UAV (unmanned aerial vehicle) manejados por control remoto. Se utilizó un drone Turbo Ace X830 Quad y un drone DJI Phantom 2, con

²²⁶ EDIFICA COLOMBIA LTDA. Levantamiento topográfico por restitución fotogramétrica. Escala 1:400. Bogotá, 2014.

²²⁷ EDIFICA COLOMBIA LTDA. Ortofotomapa. Resolución de 15cm/pixel. Bogotá, 2014.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANULES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 202 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

cámaras Nikon D5300 de 24 megapíxeles con GPS y una cámara DJI de 14 megapíxeles también GPS.

La división político administrativa, toponimia, nomenclatura y equipamientos fueron estructurados de la cartografía del Plan de ordenamiento territorial del 2012 (POT)²²⁸. La información marítima se digitalizó y estructuro de la carta náutica COL-625²²⁹ adquirida en el CIOH- DIMAR, la batimetría extraída de la carta náutica de Bahía Colombia fue ajustada en los sectores del área de dragado y el botadero con la batimetría de precisión realizada por Batiestudios SAS en el 2014 para el área de dragado²³⁰ y en el 2015 para el botadero²³¹.

2.3.10.2 Cartografía temática

La cartografía temática se obtuvo de la estructuración de la información secundaria e incorporación de la información primaria para los componentes biótico, abiótico y social.

La información de geología se elaboró teniendo como base la información de unidades litológicas definidas en el POT 2000²³² y 2012²³³, ajustadas por medio de la interpretación de la ortofoto del año 2014²³⁴ y la verificación en la visita de campo. Las unidades geomorfológicas, procesos morfodinámicos, amenazas y el análisis de evolución de línea de costa se realizaron con la fotointerpretación y digitalización de las líneas de costa, unidades y drenajes sobre las aerofotografías de los años 1983 y 1989 (Tabla No. 2.58) e imágenes de Google Earth. A partir de las amenazas se determinó las zonas de vulnerabilidad y riesgo para la zona de estudio.

Tabla No. 2.58 Aerofotografías años 1983 y 1989

Vuelo	Foto	Fecha	Escala
R-1148	308	22/03/1989	12,000
	446		

²²⁸ ALCALDÍA MUNICIPAL DE TURBO. Revisión y Ajuste del Plan de Ordenamiento Territorial. Cartografía básica escala 1:50.000. Turbo, 2012.

²²⁹ DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA-ARMADA DE COLOMBIA (DIMAR). Carta Náutica COL 625 4ta edición. Escala 1:35.000. DIMAR, 2013.

²³⁰ BATIESTUDIOS SAS. Resultados obtenidos en el levantamiento batimétrico de precisión en la zona del proyecto "Puerto Bahía de Urabá S.A." y zona de fondeo, ubicado en el municipio de Turbo - Antioquia. Cartagena, 2014.

²³¹ BATIESTUDIOS SAS. Resultados obtenidos en el levantamiento batimétrico de precisión en la zona de botadero del proyecto "Puerto Antioquia", ubicado en Bahía Colombia - Golfo de Urabá. Cartagena, 2015.

²³² ALCALDÍA MUNICIPAL DE TURBO. Plan de Ordenamiento Territorial. Turbo, 2012

²³³ ALCALDÍA MUNICIPAL DE TURBO (2012). Op. Cit.

²³⁴ EDIFICA COLOMBIA LTDA. Ortofotomapa (2014). Op. Cit.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 203 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

R-973	293	09/08/1983	30,000
-------	-----	------------	--------

Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados S.A.S, 2015

Para la generación del modelo digital de terreno se utilizó la batimetría de la carta náutica²³⁵, las batimetrías de precisión en las zonas de botadero²³⁶ y área de dragado y las curvas de nivel resultantes de la restitución fotogramétrica²³⁷.

El uso potencial del suelo fue delimitado y definido con base en las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000 del Estudio General de Suelos de Antioquia²³⁸, el uso actual se determinó de acuerdo a las coberturas vegetales a escala 1:10.000 identificadas en la zona y el conflicto de uso del suelo es el resultante de la intersección de las capas de uso potencial y uso actual y su posterior clasificación en adecuado, sobreutilizado o subutilizado.

Para la determinación de las coberturas de la tierra se hizo la delimitación de unidades sobre la ortofoto 2014 a escala de trabajo 1:5000 y se corroboraron con la visita de campo, realizando la clasificación de coberturas según la metodología Corine Land Cover²³⁹.

Los ecosistemas terrestres se elaboraron según la metodología del IDEAM 2011²⁴⁰, mediante la superposición de los mapas de zonificación climática, geomorfología y coberturas, el nombre y la nomenclatura de los ecosistemas resultan de la unión del nombre de la cobertura y el nombre del bioma al que pertenecen. Los ecosistemas marinos fueron tomados del estudio de ecosistemas del IDEAM 2007²⁴¹.

Para la delimitación de las unidades de paisaje se hizo la superposición de las capas de coberturas de la tierra y unidades geomorfológicas, para cada unidad de paisaje se evaluó la calidad paisajística y/o integridad escénica. La escala visual se determinó con buffers a diferentes distancias desde los sitios por donde

²³⁵ DIMAR (2013). Op. Cit.

²³⁶ BATIOSTUDIOS SAS. (2015). Op. Cit.

²³⁷ EDIFICA COLOMBIA LTDA (2014). Op. Cit.

²³⁸ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Antioquia. Bogotá, 2007.

²³⁹ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia. Escala 1:100.000. Bogotá: IDEAM, 2010. 72 p. ISBN: 978-958-806729-2

²⁴⁰ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Metodología para la elaboración del Mapa de ecosistemas escala 1:100.000. Bogotá: IDEAM, 2011.

²⁴¹ IDEAM, IGAC, IAvH, Invemar, I. Sinchi, e IIAP. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andreis, e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Bogotá, D. 276 p. + 37 hojas cartográficas. Bogotá, 2007.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 204 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

transitan los observadores (Carreteras y o caminos, Canal Nueva Colonia y el Río León) y se clasificó según los dominios de la geodatabase.

Para la zonificación ambiental se calificaron las unidades bióticas, físicas y sociales de acuerdo a los criterios definidos para cada componente, obteniendo mapas intermedios para cada medio y luego se realizó la superposición para obtener la zonificación ambiental final.

Los suelos de protección se delimitaron con la información de los shapefiles disponibles para descarga en el sistema de información geográfico del SIAC²⁴², el shapefile Parque Natural Regional escala 1:500.000 cuya fuente original es el Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN) y Humedales 2012 escala 1:100.000 cuya fuente es el Ministerio de Vivienda y Desarrollo Sostenible (MADS).

Se consultaron para los diferentes componentes los visores geográficos y los servicios de mapas WMS (web map service) del Invermar: Geovisor Planificación Ecorregional Caribe²⁴³, Geovisor Erosión Costera²⁴⁴ y Geovisor ANH Biodiversidad²⁴⁵. También el visor geográfico de la ANLA: Sistema de información geográfico del SIAC²⁴⁶. El visor del IGAC: Sistema de Gestión de Información Agrológica²⁴⁷ y la herramienta Tremarctos (TCO) 3.0²⁴⁸.

La información primaria asociada a muestreos de calidad de agua, sedimentos, monitoreo de ruido ambiental, muestreos de flora y fauna, se incorporaron a la geodatabase manteniendo la estructura definida por la ANLA reportando los parámetros y especies encontradas.

El siguiente diagrama resume la metodología general para cada uno de los elementos que constituyen el componente SIG

²⁴² AGENCIA NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES (ANLA). Sistema geográfico SIAC (Sistema de información ambiental de Colombia). Disponible en <http://sig.anla.gov.co:8083/>. Consultado en Julio de 2015.

²⁴³ INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS JOSÉ BENITO VIVES DE ANDREIS (INVERMAR). Geovisor Planificación Ecorregional Caribe. Disponible en <http://gis.invermar.org.co/PERCaribe/>. Consultado en Julio de 2015.

²⁴⁴ INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS JOSÉ BENITO VIVES DE ANDREIS (INVERMAR). Sistema de información para el seguimiento de la erosión costera. Disponible en <http://gis.invermar.org.co/erosioncostera/>. Consultado en Julio de 2015.

²⁴⁵ INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS JOSÉ BENITO VIVES DE ANDREIS (INVERMAR). Biodiversidad Marina en los Bloques de Exploración de Hidrocarburos. Disponible en <http://gis.invermar.org.co/geovisoranh/>. Consultado en Julio de 2015.

²⁴⁶ ANLA (2015). Op. Cit.

²⁴⁷ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Sistema de Gestión de Información Agrológica. Consultado en http://geoportal.igac.gov.co:8888/siga_sig/Agrologia.seam. Consultado en Julio de 2015.

²⁴⁸ CONSERVACIÓN INTERNACIONAL COLOMBIA - UPME. Sistema de información de alertas tempranas (Tremarctos) Versión Pública 3.0. Disponible en <http://200.32.81.75/repo-tremarctos-integrado/>. Consultado en Julio de 2015.

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO		
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 205 de 206	
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:	

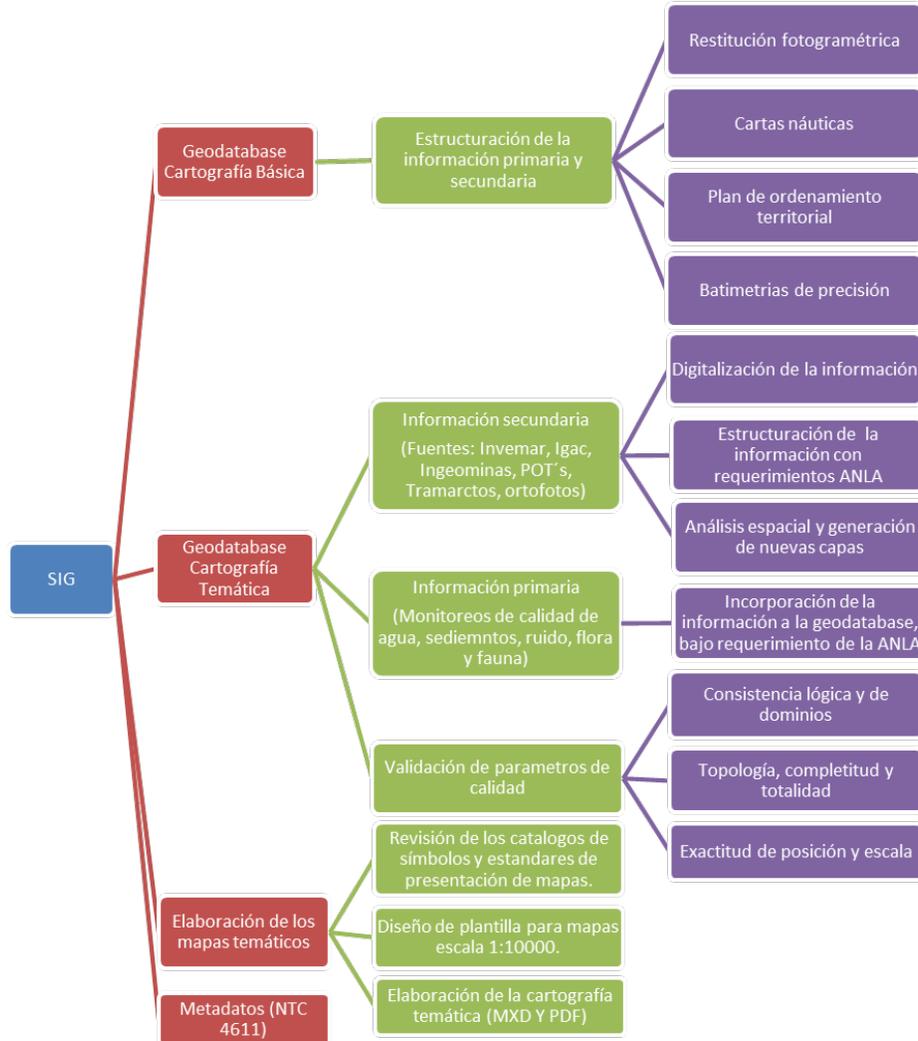


Figura No. 2.42. Metodología para la implementación del SIG
Fuente: Elaborado por Aqua & Terra Consultores Asociados, 2015

2.3.11 Profesionales involucrados en la elaboración del estudio

En Tabla No. 2.59 se muestran los profesionales involucrados en la elaboración del presente estudio de impacto ambiental, junto con su responsabilidad dentro del mismo.

Tabla No. 2.59 Profesionales involucrados en la elaboración del presente estudio de impacto ambiental

	MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN TERMINAL PORTUARIO DE GRANELES SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TURBO	
	OBJETIVOS Y GENERALIDADES	Página 206 de 206
	GAT-391-15-CA-AM-PIO-01	Revisión:

Nombre	Profesión	Responsabilidad en el proyecto
Maria Andrea Patiño	Ing. Ambiental Especialista en Gerencia de Proyectos	Dirección de Estudio
Esteban Rendón G	Ing. Ambiental Especialista en ecología tropical marina	Coordinador ambiental
Carlos Arturo Rey	Ing. Civil MSc Ingeniería del agua	Descripción del proyecto, Oceanografía
July Bibiana Salazar	Ing. Sanitaria	Coordinación abiótica
Julio Cesar Mesa	Ing. Civil MSc. Recursos hidráulicos	Oceanografía
Luisa Fernanda Alzate	Ing. Ambiental	Línea base ambiental, demanda de recursos, Plan de Gestión del Riesgo, Planes de Manejo y Seguimiento y Monitoreo, evaluación ambiental
David Gallo	Practicante Ingeniería	Línea base abiótica, de Gestión del Riesgo, Planes de Manejo y Seguimiento y Monitoreo, evaluación ambiental
Juan Guillermo Salazar	Geólogo	Línea base abiótica
Marlon Agamez	Geotecnista	Línea base abiótica
Janeth Viviana Pérez Arteaga	BSc. Bióloga	Coordinación biótica
Juliana Jaramillo González	BSc. Bióloga MSc en Ciencias - Biología	Línea base ambiental, ecosistemas marinos, hidrobiológicos, fauna terrestre, Planes de Manejo y Seguimiento y Monitoreo, evaluación ambiental
Diana Mileydi Guzmán Celemín	Ing. Forestal	Línea base ambiental, ecosistemas terrestres, flora, demanda de recursos, Planes de Manejo y Seguimiento y Monitoreo, evaluación ambiental
Isabel Cristina Panesso Murillo	Abogada Especialista en derecho ambiental	Coordinación social
Dinorat Murillo	Trabajadora Social	Línea base socioeconómica, evaluación de impactos, Planes de Manejo y Seguimiento y Monitoreo
Andrea Fontecha	Ing. Catastral y Geodesta. Especialista en SIG	Componente SIG