

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS**



**ANÁLISIS DE LAS IMPLICACIONES AMBIENTALES DE LA
EXPLOTACIÓN DE ARENA PARA LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCIÓN EN EL SECTOR SAN FÉLIX DEL RÍO
ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR LA BACHILLER
HERNÁNDEZ R.,
HECDALYS G. PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO DE MINAS**

CIUDAD BOLÍVAR, NOVIEMBRE DE 2021



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado: “ANÁLISIS DE LAS IMPLICACIONES AMBIENTALES DE LA EXPLOTACIÓN DE ARENA PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL SECTOR SAN FÉLIX DEL RÍO ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA”, presentado por la bachiller, **HERNÁNDEZ R., HECDALYS G.** de cédula de identidad No: **24.186.984**; como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO DE MINAS**, ha sido **APROBADO** por el jurado integrado por los profesores de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente.

Nombre:

Prof. Dafnis Echeverría

(Asesor)

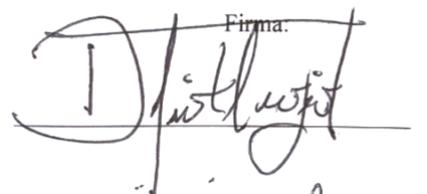
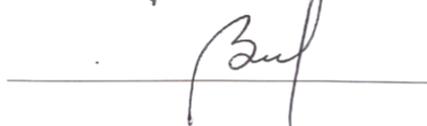
Prof(a). Bezeida Osío

(Jurado)

Prof(a). Gisela Silva

(Jurado)

Prof. Víctor González.
Jefe de Departamento de Minas

Firma:




Prof. Francisco Monteverde
Director Escuela de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar, a los 10 días del mes de Febrero de 2022

DEDICATORIA

Primeramente a Dios, padre eterno, la luz que me guía en mi camino en la tierra, la razón de mi fuerza en mis pasos. Gracias porque sé que detrás de cada obstáculo estabas siempre para levantarme.

A mis mejores amigos es un honor tenerlos como mis padres, Yoralis Rodríguez y Héctor Hernández por ser ejemplo de sacrificio y amor incondicional, gracias por su amor que me mantiene a flote, por ser mi pañuelo de lágrimas, los amo.

A mi familia son la bendición de mi vida, fuente de aprendizaje. Mis abuelas, Carmen Rivas y Carmen Palma, a Génesis Rodríguez eres como una hermana para mí, a mis tías Rodríguez Villarroel, a mi tío Víctor Caña, a mi tío Richard Hernández, a mis primos especialmente a María Beatriz Caña, Alfredo Caña y Gabriel Hernández nunca apaguen la luz que llevan en su corazón.

A mis amigos y compañeros de estudios, Welmy Rojas por mostrarme la vida desde otro punto de vista, a las hermanas Xioxyreth Díaz y Deixyreth por enseñarme el placer de compartir pequeños momentos, a Deivis Castillo tu sonrisa y palabras incoherentes aligeraron los momentos más intensos

A mis amigos que han sido testigos de mis fases académicas, Michael Berra gracias por tu apoyo y tus consejos, Keliyer Duarte, Yurelcis Farfán, Greisi Moyano y Claudia Subero por mantener esta amistad más años de lo que podamos recordar. Gracias por ser los amigos y la familia que la vida me regalo.

El amor nos mantiene en pie.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Oriente, mi segundo hogar, a todos los profesores y compañeros que me hicieron crecer de manera personal y profesional

Al Profesor Tutor Ingeniero Dafnis Echeverría por su paciencia y compromiso, gracias.

A los ingenieros Yoguis Pérez y José Freites por la oportunidad

Al profesor Francisco Masías simplemente gracias por su inmensa ayuda

Gracias a todas las personas que de alguna manera me ayudaron directa o indirectamente gracias

RESUMEN

El auge de la industria de la construcción en la región Guayana ha generado que muchas empresas hayan enfocado sus esfuerzos a la búsqueda de los recursos minerales necesarios para enfrentar la demanda ingente de insumos para esa industria, tal como es el caso de la explotación de arena como agregado para la construcción, extraída del lecho del río Orinoco en el sector San Félix. En vista de ello, surge la necesidad de realizar los estudios tendientes a determinación de la incidencia de la explotación de estas arenas en las condiciones ambientales del sector San Félix lo cual se constituye en el objetivo general de la investigación, ya que toda actividad antrópica que interviene el lecho fluvial, o altera la turbiedad natural del agua, o genera la migración de las especies ribereñas de la ictiofauna, o destruye la flora de las márgenes, entre otras, se puede considerar como incidencia sobre las condiciones ambientales fluviales y ribereñas. La estrategia adoptada para dar respuesta al problema planteado fue documental y de campo. Para la realización de la presente investigación se determinó el comportamiento hidrodinámico del flujo en el sector correlacionando los niveles del río, velocidades y gastos líquidos obtenidos de las campañas de aforo efectuadas por el INC durante el período 1997- 2002. Se caracterizaron texturalmente los materiales del lecho del cauce mediante el análisis granulométrico y el análisis morfométrico de las partículas de catorce (14) muestras tomadas durante la investigación. Se realizaron levantamientos batimétrico y topográfico de las áreas de extracción y de acopio para la construcción de los planos respectivos. Posteriormente, se analizó el plan de extracción y almacenamiento de materiales arenosos y se identificaron y jerarquizaron las incidencias ambientales que tendrían los procesos de explotación de la arena del lecho del río Orinoco. Como resultados relevantes se identificaron doce (12) incidencias sobre el medio físico, cinco (05) incidencias sobre el medio biótico, dos (02) incidencias sobre el medio. Se efectuó la evaluación ambiental a través de la jerarquización de todos los diecinueve (19) impactos ambientales identificados anteriormente, de acuerdo al método de los Criterios Relevantes Integrados de Buroz (1990), estos se clasificaron en omisibles o leves, lo cual se justifica debido a la gran capacidad que posee el río Orinoco para restablecer sus condiciones de equilibrio. Finalmente, se sugieren medidas de control o mitigación las cuales fueron en su totalidad de carácter gerencial, específicamente de supervisión y control de las actividades del proceso de dragado y acopio dando cumplimiento a las leyes y normas que rigen la ejecución de este tipo de actividades.

CONTENIDO

Página

ACTA DE APROBACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE APÉNDICES	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos de la investigación	11
1.2.1 Objetivo general.....	11
1.2.2 Objetivos específicos.....	11
1.3 Justificación de la investigación.....	12
1.4 Alcance de la investigación	13
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	15
2.1 Ubicación relativa y geográfica del sector San Félix	15
2.1.1 Ubicación y accesos del área de estudio	16
2.3 Características generales del área de estudio	18
2.3.1 Río Orinoco	18
2.3.2 Geomorfología.....	21
2.3.4 Geología regional.....	23
2.3.5 Geología del área de estudio.....	26
2.3.6 Suelos.....	26
2.4 Características bióticas	27
2.4.1 Vegetación	27
2.4.2 Fauna.....	27
2.4.2.1 Ictiofauna	28
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	29
3.1 Antecedentes o estudios previos.....	29
3.2 Bases Teóricas	31

3.2.1 Cuencas hidrológicas	31
3.2.2 Factores climáticos	31
3.2.3 Los sedimentos y las partículas	32
3.2.4 Dragado.....	40
3.2.5 Estudios previos al dragado	45
3.2.6 Determinación del impacto ambiental de una actividad.....	50
3.2.7 Técnicas de jerarquización del impacto ambiental.....	53
3.3 Bases legales	65
3.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.....	65
3.3.2 Ley Orgánica del Ambiente.....	66
3.3.3 Ley Penal del Ambiente.....	68
3.3.4 Decretos y leyes.....	70
3.4 Definición de términos básicos.....	73
CAPÍTULO IV. METODOLOGIA DE TRABAJO	75
4.1 Tipo de investigación	75
4.2 Diseño de investigación.....	75
4.2.1 Investigación de campo	75
4.2.2 Investigación documental	76
4.3 Población y muestra de la investigación	76
4.3.1 Población de la investigación	76
4.3.2 Muestra de la investigación	77
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	80
4.5.1 Técnicas de recolección de datos.....	80
4.5.2 Instrumentos de recolección de datos	81
4.6 Flujograma de la investigación.....	82
4.7 Procedimiento para el logro de los objetivos	84
CAPÍTULO V. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	91
5.1 Descripción de las características relevantes del medio ambiente que podrían estar afectadas por un proceso de extracción de arena en el área de estudio .91	
5.1.1 Descripción de los parámetros climáticos relevantes del área de estudio .91	
5.1.2 Caracterización textural de los sedimentos del lecho del área de estudio .98	
5.1.3 Descripción de las condiciones hidráulicas del área de estudio	102
5.1.4 Descripción de las condiciones batimétricas y topográficas del área.....	105
5.2 Identificación de los elementos de los sistemas de explotación de arena del lecho del río.....	108
5.3 Identificación de los impactos ambientales generados por las operaciones de extracción y acopio de la arena.....	111
5.4 Evaluación ambiental a través de la jerarquización de los impactos antes identificados	117
5.5 Formulación de medidas de mitigación o control de impactos ambientales ...	119

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
Conclusiones	123
Recomendaciones	125
REFERENCIAS	126
APÉNDICES	136

LISTA DE FIGURAS

		Página
1.1	Esquema del impacto ambiental y social de la minería no metálica (Häberer, sf).....	4
2.1	Ubicación relativa del sector San Félix (Hernández, 2020).....	7
2.2	Carta de navegación OB-21 del sector San Félix indicando acceso y ubicación del área de estudio (INC, 2015 modificada por Hernández, 2020).....	16
2.3	Puerto de Palúa (INC, 2008).....	16
2.4	Puerto de CVG Ferrominera Orinoco, C.A en Puerto Ordaz (INC, 2008).....	17
2.5	Cambios en el río Orinoco frente a Ciudad Guayana (López, Pérez-Hernández y Saavedra, 1998).....	20
2.6	Comparación de fotografías aéreas del sector –San Félix de los años 1939 y 1985. (Consultora Ingeniería Caura, 1999).....	20
2.7	Vista panorámica de la ribera norte del río Orinoco frente a San Félix (Hernández, 2020).....	21
2.8	Distribución de las Provincias Geológicas. (Mendoza, 2000).....	22
3.1	Redondez y Esfericidad de las Partículas (UDO, 2.000).....	37
3.2	Agentes geológicos que afectan los sedimentos.....	38
3.3	Isla artificial Chek Lap Kok en Hong-Kong construida por relleno hidráulico. (www.bnd.nl).....	41
3.4	Clasificación de las dragas actuales (TID-IHC, 1990).....	43
4.1	Croquis del patrón de muestreo uniforme de suelos del lecho (Hernández, 2021).....	78
4.2	Flujograma de la investigación (Hernández, H., 2020).....	80
4.3	Esquematación del proceso de explotación de arena que se aplicará en el sector San Félix del río Orinoco (Hernández,)	81
5.1	Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2017).....	91
5.2	Variación anual de la evaporación (mm). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2017).....	92
5.3	Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima (°C) en la Estación Puerto Ordaz R-A (INAMEH, 2017).....	94
5.4	Variación anual de la insolación (horas). Estación Puerto Ordaz (INAMEH,2017).....	95
5.5	Variación anual de la humedad relativa (%). Estación Puerto Ordaz. (INAMEH, 2017).....	96
5.6	Pesaje de tamices durante el análisis granulométrico (Hernández,	

	2021).....	98
5.7	Ejecución de análisis de forma de las partículas (Hernández, 2021)	98
5.8	Correlación de Velocidad, caudales y niveles del río Orinoco en la sección de la milla 179.0 (Hernández, 2020).....	101
5.9	Relación de conversión entre lecturas NAB y lecturas NMM (Hernández, 2021).....	101
5.10	Hidrograma del río Orinoco para la estación Palúa para el período 1943 2018. (Hernández, 2021).....	103
5.11	Área de acopio, sin preparación, ubicada en la costa sur del río Orinoco en San Félix (Hernández, 2020).....	104
5.12	Zona de ubicación del área de dragado y patio de almacenamiento en imagen de satélite Landsat del 20/01/2020 (Google Earth, 2020 modificado de Hernández, 2021).....	104
5.13	Ejemplo de construcción de un dique para acopio de arena dragada lo cual implica deforestación y remoción total de la capa vegetal (Dredging International, 2018).....	105
5.14	Draga de cortador-succión tipo IHC Beaver 1500 (IHC-TID, 1992).	109
5.15	Aspecto de acomodación de un patio de acopio, obsérvese la remoción de la capa vegetal y alteración total de los estratos superficiales y del paisajismo natural (Dredging International, 2018).....	109
5.16	Las aguas de escorrentías cargadas de sedimentos drenarían hacia el río incrementando la turbiedad del agua y afectando flora e ictiofauna (Dredging International, 2018).....	110

LISTA DE TABLAS

		Página
2.1	Ubicación del sector San Félix (Hernández, 2020).....	15
2.2	Principales afluentes del río Orinoco (INC, 2008).....	19
2.3	Características litológicas del sector San Félix del río Orinoco (Consultora Ingeniería Caura, 1994).....	25
3.1	Escala de Udden-Wentworth para clasificar las partículas de sedimentos clásticos según su tamaño (Modificado del Comité Lane, 1947).....	33
3.2	Escala Phi de Krumbein, 1947.....	34
3.3	Grados de redondez de las partículas sedimentarias (Russel y Taylor, 1937).....	35
3.4	Fragmento de la matriz de Leopold (Ramos Soberanis, 2004).....	52
3.5	Ejemplo de matriz para la identificación de impactos (Buroz, 1990)...	55
3.6	Escala de clasificación de impactos (Buroz, 1990).....	58
3.7	Criterios de Evaluación y peso asignado (Buroz, 1990).....	59
3.8	Ejemplo de Impactos ambientales negativos en el medio físico (Buroz, 1990).....	60
3.9	Jerarquización de los impactos (Buroz, 1990).....	61
3.10	Ejemplo de Jerarquización de Impactos y relevancia (Buroz, 1990)....	61
3.11	Límites en la granulometría.....	70
5.1	Características de las estaciones climatológicas utilizadas (INAMEH, 2017)	70
5.1	Características de las estaciones climatológicas utilizadas.....	90
5.2	Precipitación media mensual y anual (mm). Período 1950-2011 (INAMEH, 2017).....	91
5.3	Evaporación media, mensual y anual (mm). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).....	92
5.4	Temperatura máxima, media y mínima (°C). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).....	93
5.5	Insolación media mensual y anual (horas de sol). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).....	94
5.6	Humedad relativa media mensual y anual (%). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).....	95
5.7	Coordenadas UTM (REGVEN, huso 20, elipsoide GRS-80) de ubicación de los puntos de muestreo de suelos (Hernández, 2021).	97
5.8	Valores de velocidad de la corriente, caudales y niveles del sector San Félix (INC, 2020).....	100
5.9	Coordenadas UTM de ubicación de la zona de dragado (Hernández, 2020).....	105

5.10	Vinculación de los elementos integrantes de los sistemas de extracción y acopio, su participación en el proceso y el ámbito de operación (Hernández, 2021).	108
5.11	Identificación de los impactos ambientales generados (Hernández, 2020).....	115
5.11	Impactos ambientales negativos en el medio físico. (Hernández, 2020)	118
5.12	Impactos ambientales negativos en el medio biológico. (Hernández, 2020).....	119
5.13	Impactos ambientales negativos en el medio socio-económico (Hernández, 2020).....	119

LISTA DE APÉNDICES

Página

A	ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA.....	137
	A.1 Análisis granulométrico de la muestra SF1 (Hernández, 2021).....	138
	A.2 Análisis granulométrico de la muestra SF2 (Hernández, 2021).....	139
	A.3 Análisis granulométrico de la muestra SF3 (Hernández, 2021).....	140
	A.4 Análisis granulométrico de la muestra SF4 (Hernández, 2021).....	141
	A.5 Análisis granulométrico de la muestra SF5 (Hernández, 2021).....	142
	A.6 Análisis granulométrico de la muestra SF6 (Hernández, 2021).....	143
	A.7 Análisis granulométrico de la muestra SF7 (Hernández, 2021).....	144
	A.8 Análisis granulométrico de la muestra SF8 (Hernández, 2021).....	145
	A.9 Análisis granulométrico de la muestra SF9 (Hernández, 2021).....	146
	A.10 Análisis granulométrico de la muestra SF10 (Hernández, 2021).....	147
	A.11 Análisis granulométrico de la muestra SF11 (Hernández, 2021).....	148
	A.12 Análisis granulométrico de la muestra SF12 (Hernández, 2021).....	149
	A.13 Análisis granulométrico de la muestra SF13 (Hernández, 2021).....	150
	A.14 Análisis granulométrico de la muestra SF14 (Hernández, 2021).....	151
B	ANÁLISIS DE FORMA DE LAS PARTÍCULAS DEL SUELO.....	152
	B.1 Distribución de la forma de las partículas de las muestras tomadas en el lecho del sector San Félix del río Orinoco (Hernández, 2021).	153
C	ANÁLISIS DE SUELOS DE ESTUDIOS PREVIOS	154
	C.1 Análisis granulométrico de la sección de muestreo N°1 de la milla 180.8, del sector San Félix del Orinoco (Noya, 2008).....	155
	C.2 Análisis granulométrico de la sección de muestreo N°2 de la milla 180.5, del sector San Félix del Orinoco (Noya, 2008).....	155
	C.3 Análisis granulométrico de la sección de muestreo N°3 de la milla 180, del sector San Félix del Orinoco (Noya, 2008).....	155
	C.4 Análisis granulométrico de la sección de muestreo N°4 de la milla 179.5, del sector San Félix del Orinoco (Noya, 2008).....	156
	C.5 Análisis de forma de las muestras tomadas en la sección No 1 (Noya, 2008).....	156
	C.6 Análisis de forma de las muestras tomadas en la sección No 1 (Noya, 2008).....	156
	C.7 Análisis de forma de las muestras tomadas en la sección No 1 (Noya, 2008).....	157
	C.8 Análisis de forma de las muestras tomadas en la sección No 1 (Noya, 2008).....	157
	C.9 Identificación y ubicación de las muestras tomadas en el sector San	

	Félix (Noya 2008).....	158
D	LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO Y TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	159
	D.1 Plano batimétrico de la zona de estudio.....	160
	D.2 Plano topográfico de la zona de acopio	161
E	TIPO DE EQUIPOS QUE SE UTILIZARÍAN EN EL PROYECTO	162
	E.1 Remolcador de 500 Hp.....	163
	E.2 Lancha de transporte de personal.....	163
	E.3Cargador frontal tipo CAT.....	164
	E.4Tractor tipo D6.....	164
	E.5Lancha hidrográfica.....	165
	D.6Bote con motor fuera de borda.....	165
	D.7Compresor.....	166
	D.8Tipo de cabezales de una draga de cortador.....	166
	D.9 Dragas de cortador con las anclas de movimiento lateral izadas.....	167
	D.10 Tubería de descarga auto-flotante.....	167

INTRODUCCIÓN

Las potencialidades para la extracción de arena del lecho del río Orinoco, en el sector San Félix, mediante operaciones de dragado lo ha hecho blanco de varios proyectos para la obtención de este material de construcción; sin embargo, hasta la fecha de elaboración de este documento, no se han analizado las incidencias ambientales que tiene este tipo de proyectos de explotación de arena en el mencionado sector del río más importante del país.

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar la incidencia ambiental de los procesos de extracción y almacenamiento de arena del lecho del cauce del río Orinoco en el sector San Félix. Para la realización de la presente investigación se aplica una estrategia de campo y documental. Se realiza una recopilación de los aspectos bióticos y físicos registrados en investigaciones precedentes realizadas en la misma área de estudio. Entre los datos e informaciones que se recopilarán se pueden citar, las características climáticas, las características hidráulicas, geotécnicas y la geología del sector San Félix del río Orinoco.

La investigación se enfocará en identificar las incidencias que tendrían los procesos de explotación y acopio de arena del lecho del río Orinoco en las condiciones ambientales de la zona. Una vez identificadas las evidencias de afectación ambiental, estas serán valorizadas y jerarquizadas. El proceso de jerarquización permitirá establecer la priorización en la búsqueda de las medidas de control o mitigación de los impactos ambientales identificados.

Esta investigación se estructura en cinco (5) capítulos.

En el Capítulo I. Situación a investigar: se plantea la situación del estudio, objetivo general y los específicos de la investigación, alcances y limitaciones.

En el Capítulo II. Generalidades: se encuentran los rasgos generales del área de estudio, su ubicación geográfica, geología regional, climatología, hidrografía y regímenes de corriente del río Orinoco.

El Capítulo III. Marco teórico: muestra los antecedentes de estudio en la zona y conceptos teóricos y prácticos que enriquecen el contenido del trabajo.

El Capítulo IV. Metodología de la investigación: trata sobre el tipo de investigación, su diseño, la población y muestra de la investigación, el flujograma y el procedimiento para el logro de los objetivos.

En el Capítulo V. Análisis e interpretación de resultados: se presentan los resultados tabulados, graficados e interpretados de la investigación.

Por último, se muestran las conclusiones y recomendaciones como síntesis de los hallazgos relevantes de la investigación.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

La minería a cielo abierto es una industria que origina inmensos impactos ambientales, visuales, humanos y culturales, se basa en la explotación de recursos no renovables encontrados debajo de la corteza superficial de la tierra, su grado de impacto dependerá directamente del tipo de mineral que se pretenda extraer.

Los impactos ambientales de la minería pueden ocurrir a escala local, regional y global, de manera directa e indirecta, a través de las prácticas mineras. La extracción y procesamiento de minerales comprenden a una serie de acciones que producen significativos impactos ambientales, que perduran en el tiempo, más allá de la duración de las operaciones.

Todos los procesos de la industria minera (exploración, explotación y cierre) producen algún grado de alteración a la superficie y los estratos subyacentes, así como a los acuíferos, además de la generación de desechos como relaves y escombreras. De tal manera, los efectos de la minería sobre el medio ambiente impactan el suelo, el agua y el aire, pudiendo resultar en alteraciones tales como drenaje ácido, contaminación hídrica, remoción de glaciares, contaminación atmosférica, remoción y socavamiento del suelo, pérdida de biodiversidad, contaminación del suelo y degradación ambiental. Asimismo, la actividad minera genera impactos sociales y económicos en las comunidades locales, incluyendo conflictos con los otros usos de la tierra, pérdida de patrimonio cultural de grupos originarios y mayores brechas entre ricos y pobres en países con economías dependientes de la minería.

Son conocidos los problemas ambientales que están azotando actualmente a la región y al país, especialmente los que tienen que ver con el fenómeno del Niño, asociados al calentamiento global y a la sequía generalizada, lo cual se evidencia claramente con el estado en que se encuentran los ríos, y que en cierta forma son resultados de actividades antrópicas, como el caso concreto de la minería artesanal. Esta actividad, propia de un modelo económico de extracción, considerada como de subsistencia, tradicional, informal y hasta ilegal, ocasiona impactos sobre el entorno natural y la comunidad en general, los cuales requieren ser debidamente identificados, evaluados y mitigados, a fin de generar alternativas que conduzcan al mejoramiento de las condiciones ambientales de la zona en estudio, y, por ende, el de las comunidades aledañas a la misma

En la figura 1.1 se aprecia esquemáticamente el contexto y formas de interacción de la minería no metálica con el medio ambiente y el entorno social.



Figura 1.1 Esquema del impacto ambiental y social de la minería no metálica (Häberer, sf).

En Latinoamérica han sido emblemáticos los casos como en el Perú, donde según el catastro minero de ese país, más 121 pequeñas empresas artesanales, durante las dos (2) últimas décadas se encuentran dedicadas a la explotación de minerales no metálicos, que producen arena y agregados para la construcción. Sin embargo, con muy pocas excepciones de unas pocas grandes empresas, ya desde 1997 no se observaba una conciencia acerca de los problemas ambientales ni de las consecuencias de cualquier actividad minera del sector de minería no metálica (Häberer, sf).

En el Costa Rica las canteras se destinan principalmente a la extracción de rocas de diverso origen (areniscas, calizas, lavas, etc.) y granulometría, (grava y arena) y son aprovechadas como agregados estructurales. Definir las cifras reales de la producción y consumo de agregados para la construcción en Costa Rica es sumamente difícil, debido a que no existen estadísticas confiables de su producción. Por este motivo, para la estimación de la demanda de estos, se utilizan indicadores indirectos como el consumo de cemento y los metros cuadrados de construcción en ese país centroamericano; de ellos, el primero puede arrojar cifras más reales. Aunado a ello, se estima que cada tonelada de asfalto requiere un 95% de agregados. Costa Rica no es un país con trayectoria minera, pese a que la actividad se desarrolla desde hace varios siglos. En el sector de los no metálicos, los principales conflictos se dan en la actividad ilegal, que al darse sin concesión y quedar por ello fuera de controles técnicos en los temas geológico y ambiental, provoca graves daños al medio natural y social, y genera pasivos mineros sobre los que el Estado no posee más mecanismos que la jurisdicción penal para solventar los daños ocasionados, en los casos en que el infractor puede ser detectado (UICN, 2009).

En Colombia no es de impresionarnos los reportes Distritales que revelan el caso emblemático de Bogotá, con el tema de la explotación de Canteras, lo cual

ocurre incluso dentro de áreas urbanas, situación que se concentra en Mochuelo, Tunjuelo, Usme y Usaquén, donde existen canteras en las cuales se extraen arenas, gravas, gravillas y piedras (CEDETRABAJO, 2011). A finales del año 2012, por mencionar sólo un caso, la personería de Bogotá abrió una investigación disciplinaria por la explotación de canteras pues la falta de control permite la “explotación irracional y evasión de pago de regalías” (PORTAFOLIO, 2012). Así mismo se reportó que el 92% de las actividades mineras que se desarrollan en el distrito son de tipo ilegal. A lo anterior se suma el desconocimiento de la población de Bogotá con los procesos constantes de explotación que tienen lugar en el sur de la capital, a pocos kilómetros de universidades, centros de negocios y viviendas existe minería a cielo abierto, que está produciendo nefastos impactos ambientales y sociales (Luna Hernández, 2015).

Venezuela es conocida en el mundo como uno de los países más ricos por la diversidad de flora y fauna, como también de poseer gran variedad de recursos naturales de interés económico en todos los estados de la materia; líquidos, sólidos y gaseosos, dispuestos a lo largo y ancho de su geografía. Esta variedad permite que todo tipo de persona de carácter natural y jurídica, legal o ilegal, encuentre en la débil acción del Estado, las deficientes estructuras jurídicas y la necesidad de la misma población, la mejor oportunidad de realizar una desaforada explotación de estos recursos, sin tener en cuenta el diseño o la aplicación de protocolos de protección ambiental existentes, lo cual poco a poco va menguando la riqueza existente y generando daño colateral al ecosistema y al mismo hombre.

Muchas son las opiniones y argumentos que respecto a la explotación de recursos naturales se han hecho escuchar y publicar. Mientras para unos los recursos ofrecen una gran posibilidad de crecimiento económico a los países, para otros no deja de ser un problema que puede estancar la economía, porque al no establecer normas claras de explotación pueden desbordar depredación de los mismos. Al respecto (Lederman & Maloney, 2007, pág. 72) argumentan: Hay dos razones principales por las que la presencia de recursos naturales pueden tener efectos negativos sobre el crecimiento y el desarrollo.

La primera es que las instituciones débiles generan condiciones que dan lugar a "efectos de voracidad" a través del cual los grupos de interés dedican sus energías a intentar capturar las rentas económicas de los recursos naturales.

La segunda razón, que se centra en la estructura productiva de la economía, se relaciona con la asignación de recursos entre diferentes actividades con diferentes efectos de desbordamiento sobre el crecimiento agregado. Por ejemplo, si un capital se pudiera asignar a la explotación de recursos naturales o a la producción de bienes sujetos a crecimiento endógeno, la presencia de abundantes recursos naturales podría ocasionar el desvío de capital a su extracción, lo que disminuiría los recursos disponibles para actividades de fomento del crecimiento.

En el estado Bolívar, la minería es también un factor influyente en la dinámica económica de la región por su gran variedad de recursos naturales entre los que se ubica la riqueza minera. Es en este sector donde se encuentra la materia prima para que sectores como el de la construcción, puedan desarrollar importantes proyectos de construcción, que requieren de la búsqueda constante de materiales tales como arena, grava, piedras, gravilla, afirmado, arcillas, calizas, que son extraídos de los afluentes y riveras de la malla fluvial del Estado. La explotación de otros minerales en la región igualmente importantes para su economía como lo es el oro, coltán y diamante, han

traído como consecuencias el asentamiento de la población cerca de las zonas de explotación, generando todo tipo de problemas sociales y un impacto nocivo y casi irreversible al medio ambiente, ya que estas prácticas de explotación en muchos casos se desarrollan sin ningún control del estado sobre los métodos de extracción.

Este trabajo de investigación presenta al lector, el componente teórico que le permite abordar la temática sobre aspectos tales como la actualidad minera en el estado Bolívar (Venezuela), técnicas específicas sobre los métodos de explotación minera y una visión global de los impactos ambientales a los que se está enfrentando el ecosistema. Una consulta juiciosa, facilita encontrar o diseñar modelos de evaluación y análisis de las variables que impactan el medio ambiente, por efecto de la explotación indiscriminada del material de arrastre que ofrecen los cuerpos de agua.

La industria de la construcción requiere de diversos materiales, y la mayoría de ellos son aportados por la naturaleza sin darles siquiera un poco de crédito. Uno de los materiales más usados para la construcción es la arena. El uso de éste material en la construcción es de gran ayuda, pues debido a las características geométricas y mecánicas que ésta presenta, hace que su uso sea práctico en la construcción de todo tipo de concretos hidráulicos.

El interés por estudiar la extracción de arena se debe a que no existen datos que permitan hacer una valoración ambiental de dicho insumo. Esto con el fin de tomar en cuenta el aspecto ambiental.

En este sentido, el trabajo que aquí se presenta, queda dentro de lo que es llamado “contabilidad ambiental”, es decir, se pretende evaluar la energía necesaria para la extracción de arena de río, tomando en cuenta muchos factores ambientales, que no se les puede dar valor económico, como por ejemplo energía solar, suelo,

lluvia, etc. Es bien conocida la utilización de la arena en la construcción, no así el proceso necesario para su extracción, pues nos limitamos tan solo a pagar por el precio que el proveedor o camionero nos dice, sin conocer más a fondo acerca de éste.

En el presente trabajo, se analiza impacto ambiental que tendría la extracción de arena en el municipio Caroní, estado Bolívar y más específico en el río Orinoco, debido a que éste, es el río más próximo al municipio Caroní, con un lecho rico en arena. Cabe destacar que se plantea la ubicación de este nuevo punto de extracción de arena en este río por encontrarse dentro de las ciudades de Puerto Ordaz y San Félix.

En este río, sólo en el municipio Caroní, la extracción de arena es de manera considerable, pues en él, existen alrededor de otras dos (2) zonas de extracción, una en el sector Cambalache y la otra en el sector Palo Solo, y ambas extraen, para el momento de realizar este estudio, alrededor de 1400 metros cúbicos de arena al día. Hay que mencionar además que rara vez se observan extracciones ilícitas de arena de río en la misma área.

Es necesario acotar que la ejecución de este tipo de proyecto requiere en el estado Bolívar, entre otros varios, tres (3) permisos básicos:

a) Los permisos para movilización de la draga y operación en el área del proyecto se gestionan ante la Capitanía de Puerto de Ciudad Guayana.

b) Debido a la naturaleza de las intervenciones previstas al medio ambiente, se requerirán los certificados de desafectación del territorio emitidos por el Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas.

c) Y finalmente, los permisos de explotación de minerales no metálicos emitidos por el Instituto Autónomo Minas Bolívar (IAMIB).

Visto el planteamiento anterior y dado que entre los requisitos exigidos por el marco legal vigente para otorgar los permisos de extracción de material arenoso del lecho del río Orinoco en el sector San Félix se encuentra la consignación de un estudio de impacto ambiental, cabe entonces formular las siguientes interrogantes de investigación:

¿Cuáles son las características del medio ambiente potencialmente afectadas por un proceso de extracción de arena en el área de estudio?

¿Cómo será el proceso que se utilizará para la extracción de arena del lecho del río Orinoco en el sector San Félix?

¿Cuáles son los factores que generarán impactos ambientales durante el proceso de extracción de arena del lecho del río Orinoco en el sector San Félix?

¿Cuáles son los resultados de la evaluación ambiental a través de la jerarquización de los impactos ambientales generados durante el proceso de extracción de arena en el área de estudio?

¿Cuáles serían las medidas de mitigación o control de los impactos ambientales que se producirían durante el proceso de extracción de arena del lecho del río Orinoco en el Sector San Félix?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Analizar las implicaciones ambientales de la extracción de arena para la industria de la construcción en el sector San Félix del río Orinoco, Estado Bolívar, Venezuela

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir las características relevantes del medio ambiente potencialmente afectadas por un proceso de extracción de arena en el área de estudio
2. Identificar los elementos del sistema de extracción y acopio de arena del lecho del río Orinoco que se efectuará en el sector San Félix.
3. Identificar los factores que generan impactos ambientales en el proceso de extracción de arena del lecho del río Orinoco.
4. Realizar la evaluación ambiental a través de la jerarquización de los impactos que se han identificado generados por el proceso de extracción de arena en el área de estudio
5. Formular las medidas de mitigación o control de los impactos ambientales generados de acuerdo a su relevancia.

1.3 Justificación de la investigación

Históricamente siempre han sido las crecientes necesidades habitacionales y de construcción de obras civiles de grandes dimensiones, como la Presa Hidroeléctrica de Tocomá en el río Caroní, las que hacen de vital importancia la disponibilidad cercana y en grandes cantidades de los agregados como la arena requerida para la preparación del concreto y del mortero para dichas obras civiles. Sin embargo, la existencia de los actuales puntos de extracción implica elevados costos de transporte ya que se debe transportar la arena desde Cambalache o desde Palo Solo hasta San Félix o Puerto Ordaz.

Al efectuar una revisión de los registros históricos del Instituto Nacional de Canalizaciones sobre el material extraído del lecho del canal de navegación del sector San Félix, a través del método de dragado de mantenimiento necesario para mantener las profundidades requeridas para el tránsito seguro de las embarcaciones, se puede observar que anualmente se dragan, con la modalidad de draga de tolva (*Trailing suction Hopper dredge*), aproximadamente 600.000 metros cúbicos de materiales del lecho de dicho sector.

Cabe destacar que la metodología utilizada por el ente estatal (INC) para realizar el dragado de mantenimiento del canal de navegación, no permite la disposición adecuada de los materiales (arenas) extraídas del lecho del río para ser utilizados como materiales de construcción. Estos materiales dragados son depositados por la draga en las áreas más profundas del sector que coinciden con las áreas de fondeaderos de los buques que se encuentran en espera de puestos de atraque libre en los muelles.

En vista de las consideraciones anteriores, se planteó y llevó a cabo en la Escuela de Ciencias de la Tierra, aproximadamente durante el período 2007 – 2008,

un proyecto para la explotación de arena del lecho del río con propósitos de construcción. Sin embargo, el proyecto planteado no incluyó las afectaciones de carácter ambiental.

En vista de ello, en esta investigación se propone darle respuestas a tales necesidades a través del análisis de las implicaciones ambientales, el cual deberá ser incluido posteriormente en el estudio de impacto ambiental (EIA) el cual es un requisito indispensable para la obtención de la permisología requerida para tales proyectos de explotación de arena.

Asimismo, el no realizar el presente estudio redundaría en la pérdida de una ventaja comparativa al obviar la posibilidad de uso de las arenas del lecho del río Orinoco desde un punto relativamente inmerso entre ambas poblaciones citadas.

1.4 Alcance de la investigación

Para el desarrollo sustentable de la explotación de arena cuarzosa como materia prima para la fabricación de vidrio, se requiere estudios integrales del entorno donde se encuentran estos materiales. En el caso que atañe a esta investigación, se abarcará en este estudio la caracterización del medio físico natural que influye en la extracción de las arenas del cauce del río Orinoco. Esta caracterización incluirá la geología de la zona, el comportamiento hidrológico del río Orinoco en el área de estudio, la descripción textural de las arenas del lecho del cauce en el sector Palo Solo, las condiciones climáticas y bióticas del área. Asimismo, se describirán los requerimientos operativos de las dragas de cortador – succión, se describirá el proceso de extracción, la descripción de la disposición y almacenamiento de la arena en las riberas del río. Finalmente, se identificarán y jerarquizarán los impactos ambientales generados por el proceso de extracción y almacenamiento de la arena y la

definición de las medidas para el control o mitigación de los impactos ambientales relevantes.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación relativa y geográfica del sector San Félix

El canal de navegación del río Orinoco comprendido en el tramo Matanzas - Boca Grande se extiende desde la milla cero ubicada en Alta Mar (N 08°55'56'' y W 60°11'20''), hasta la milla 195 ubicada en la zona de Matanzas, manteniendo vinculación territorial por su margen izquierda con los estados Anzoátegui, Monagas y Delta Amacuro y; por su margen derecha colinda con el estado Bolívar. El tramo en estudio se encuentra en las adyacencias del canal de navegación del río Orinoco, entre las progresivas correspondientes a las millas 182.5 – 178.0, denominado como sector San Félix. Además, el sector San Félix comprende tres (3) tramos del canal, los cuales son: tramo San Félix, el cual está ubicado entre las millas 178.0 – 180; el tramo Palúa, ubicado entre las millas: 180.0 – 182.0 y parte del tramo Puerto Ordaz, abarcando las millas: 182.0 - 182.5 (figura 2.1)



Figura 2.1 Ubicación del sector San Félix (Modificado de Hernández, 2020).

El sector San Félix se localiza a cinco (5) Km. al este de la ciudad de Puerto Ordaz y se localiza de acuerdo a las coordenadas geográficas, referidas en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Ubicación del sector San Félix.

Coordenadas geográficas	
Latitud Norte	Latitud Oeste
08°21'90''	62°38'50''
08°24'00''	62°41'85''

2.1.1 Ubicación y accesos del área de estudio

El área de explotación de las arenas se encuentra situado en el sector San Félix del río Orinoco, adyacente a la margen derecha descendente (margen sur), entre las poblaciones de Los Barrancos de Fajardo y San Félix (figura 2.2).

Para lograr el acceso al área de estudio se debe primero llegar a través de la vialidad terrestre urbana a cualquiera de los muelles ubicados en la costa sur del río Orinoco en Puerto Ordaz o en San Félix (figuras 2.3 y 2.4).

Posteriormente, desde los puertos, a bordo de una embarcación (botes con motor fuera de borda o falcas) navegando río abajo aproximadamente a unos cinco (5) minutos por vía fluvial.

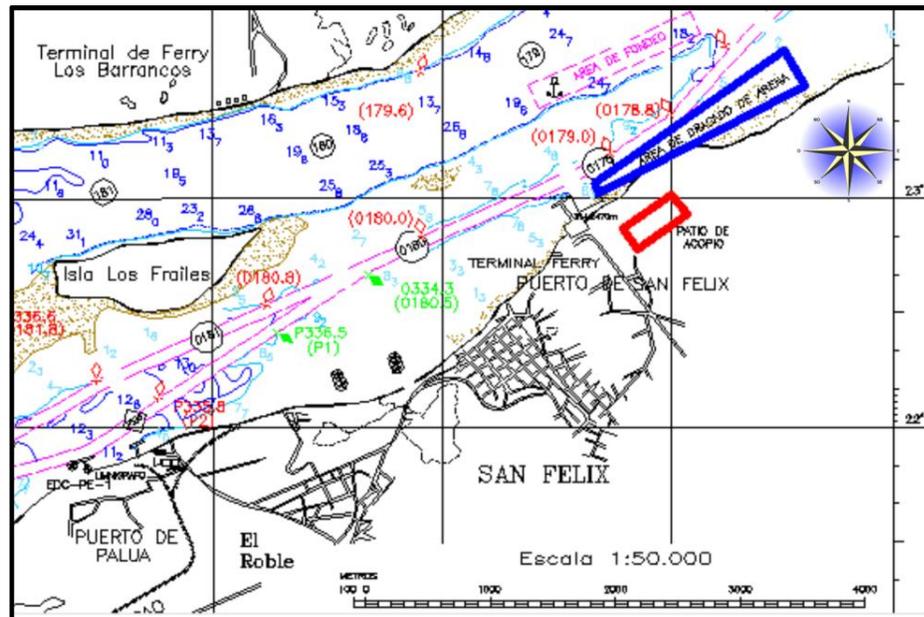


Figura 2.2 Carta de navegación OB-21 del sector San Félix indicando acceso y ubicación del área de estudio (INC, 2015 modificada por Hernández, 2020).

En la siguiente figura 2.3 muestra una imagen del muelle de Palúa, propiedad de la CVG Ferrominera Orinoco, C.A. utilizado para el embarque de mineral de hierro a granel y carga y descarga de productos clasificados como de carga general.



Figura 2.3 Puerto de Palúa (INC, 2008).

A continuación en la figura 2.4 se muestra una panorámica del muelle de Puerto Ordaz, también propiedad de la empresa estatal CVG Ferrominera del Orinoco, C.A. el cual es utilizado para la carga de mineral de hierro a granel y de productos generales-



Figura 2.4 Puerto de CVG Ferrominera Orinoco, C.A en Puerto Ordaz (INC, 2008).

2.3 Características generales del área de estudio

2.3.1 Río Orinoco

Entre los ríos más caudalosos del mundo, el Orinoco ocupa el tercer lugar, después del Amazonas y del Zaire (Folleto N° 15 del Museo de Ciencias de Venezuela, 2001). Es también el tercer río más largo de Sudamérica y el número veinte en todo el planeta. Para Venezuela, el Orinoco constituye la principal reserva hídrica. La historia y el significado de este gigante de agua que comienza a formarse en las espesas selvas de la Sierra de Parima, en el estado Amazonas, y que cruza de este a Oeste el escudo guayanés para luego, en un cerrado giro, atravesar el país en sentido contrario, recibiendo el tributo de 31 afluentes principales, ríos, riachuelos y quebradas. De éstos, los más importantes son 194. De las cuales son 95 por la margen

derecha y 99 por la margen izquierda. Tiene una longitud de 2.140 Km y su cuenca cubre 1.015.000 Km².

El recorrido del río, se puede dividir en tres partes (I.N.C, S. F):

Bajo Orinoco, desde el Atlántico hasta la boca del río Apure, 880 Km. En esta parte, encontramos condiciones adecuadas para una buena navegación fluvial que, por un trecho de 360 Km, es también marítima.

Orinoco Medio, de unos 550 Km. Entre la boca del Apure y San Fernando de Atabapo. En este tramo están ubicados los raudales de Atures y Maipures y las condiciones de navegación son más difíciles, por la reducción del caudal de agua, el incremento de las pendientes del lecho del río y el hecho de que en el cauce aparecen más obstáculos.

Alto Orinoco, de unos 710 Km, desde San Fernando de Atabapo hasta sus fuentes. En este tramo la navegación es todavía más difícil y en los últimos 250 Km es prácticamente imposible.

Todas las distancias que se mencionan en este contenido se miden desde un punto considerando como Km 0, situado en el océano Atlántico, en la curva de profundidad 13m.

La cuenca del río Orinoco en Venezuela abarca los estados Anzoátegui, Bolívar, Monagas, Amazonas, Apure, Delta Amacuro y Guárico.

El Río presenta a lo largo de su cauce y especialmente en su desembocadura una serie de caños, brazos y quebradas que representan un sistema de aguas superficiales permanentes.

La cuenca del río Orinoco es única al presentar una captura fluvial activa, como es la del Casiquiare, a través de la cual se deriva una proporción importante del flujo del Orinoco hacia el río Amazonas, conectando fluvialmente a dos (2) de los más grandes ríos del planeta.

Desemboca en el Océano Atlántico a través del delta más grande de Sur América, el cual posee 30.000 Km², de islas y pantanos cubiertos de vegetación muy densa.

El río Orinoco presenta una capacidad enorme de variación, debido no sólo a los cambios estacionales sino también a efectos derivados de la interacción entre la topografía del fondo, las riberas y a la corriente del río. La interacción de estos factores favorecen o limitan las condiciones de mezcla, así como la resuspensión o hundimiento de los sedimentos (López, Saavedra y Dubois, 1008).

Tabla 2.2 Principales afluentes del río Orinoco (INC, 2008).

Ríos de Llanuras			
Curso alto	Ugueto	Curso medio	Cunucunuma
	Ocamo		Ventuari
	Pedamo		Sipapo
Curso bajo	Caroní	Delta	Mareta
	Suapure		Acure
	Cuchivero		Amacuro
	Cuchivero, Aro		Barima
Ríos de montaña			
Curso alto	Ugueto	Curso medio	Cunucunuma
	Ocamo		Ventuari
	Pedamo		Sipapo
Curso bajo	Caroní	Delta	Mareta
	Suapure		Acure
	Cuchivero		Amacuro
	Caura		Barima
	Aro		

2.3.2 Geomorfología

Presenta medios depositacionales en las planicies de desbordamiento del río y planicies de inundación, con estructuras en forma de diques, bancos, cubetas de inundaciones, depresión marginal, lagunas glaciares coluviales y explayamientos terminales de quebradas laterales (figura 2.5). En el área deltaica predominan las planicies cenagosas fluvio-marinas.

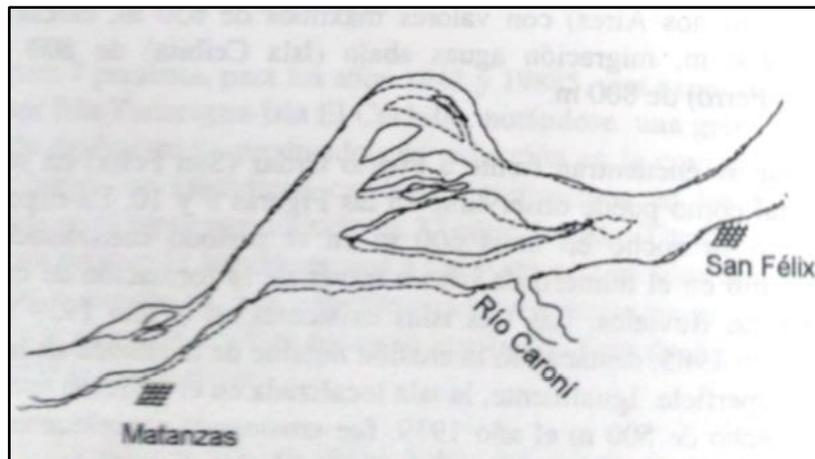


Figura 2.5 Cambios en el río Orinoco frente a Ciudad Guayana (López, Pérez-Hernández y Saavedra, 1998).

El área es morfodinámicamente activa, con inundaciones generalizadas anuales largas, y socavamiento de la orilla (figura 2.6).

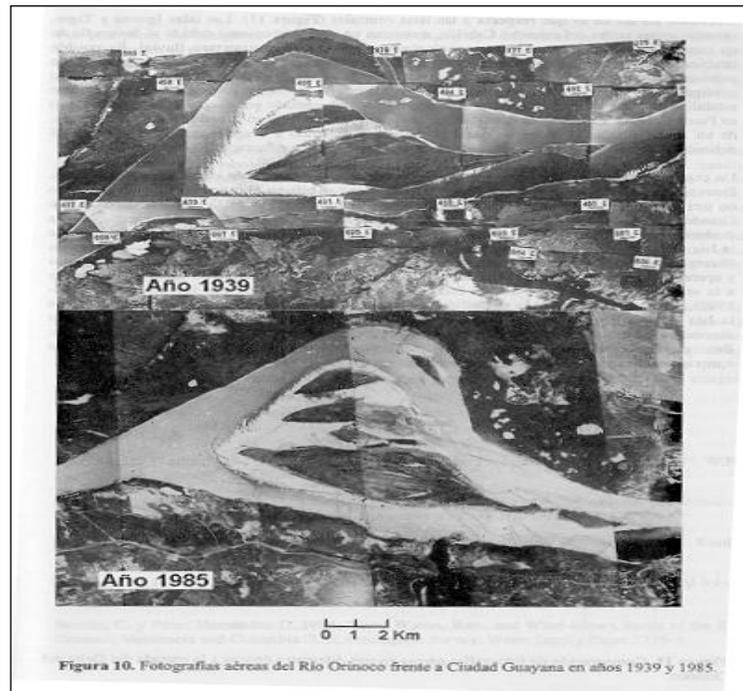


Figura 2.6 Comparación de fotografías aéreas del sector – San Félix de los años 1939 y 1985. (López, Saavedra y Dubois, 1998).

El área en estudio tiene un relieve mayormente plano, con pendientes variables entre dos(2) y tres (3) por ciento. En el contacto con la formación mesa presenta un desnivel fuerte que va degradando a una vertiente suave, muy disertada por la erosión regresiva. En cuanto a su micro-relieve, presenta una tendencia a variar morfológicamente en función del nivel y velocidad del río Orinoco; mientras en la zona deltaica depende del avance de los manglares.

La ribera norte del río en el sector San Félix presenta escarpes de hasta 15.00 m de altura que se pueden observar durante el período de estiaje y que le dieron nombre a la población allí ubicada, Los Barrancos de Fajardo. (Figura 2.7)



Figura 2.7 Vista panorámica de la ribera norte del río Orinoco mostrando a Los Barrancos de Fajardo frente a San Félix.

2.3.4 Geología regional

El Escudo de Guayana forma parte del Precámbrico del Cratón Amazónico y del Oeste de África y se continúa en las Guayanas y parte de Colombia con unidades lito-estratigráficas, metamorfismo y depósitos de minerales similares.

El escudo de Guayana se extiende al sur del río Orinoco y ocupa algo más del 50% de la superficie de Venezuela. El estudio más actualizado sobre el mismo fue realizado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (*United States Geological Service* -U.S.G.S) y C.V.G Tecmin, C.A. El escudo de Guayana (EG) en Venezuela se compone de las siguientes cuatro (4) provincias geológicas: Imataca (IP), Pastora (PP), Cuchivero-Amazonas (PCA) y Roraima (PR), (figura 2.8)

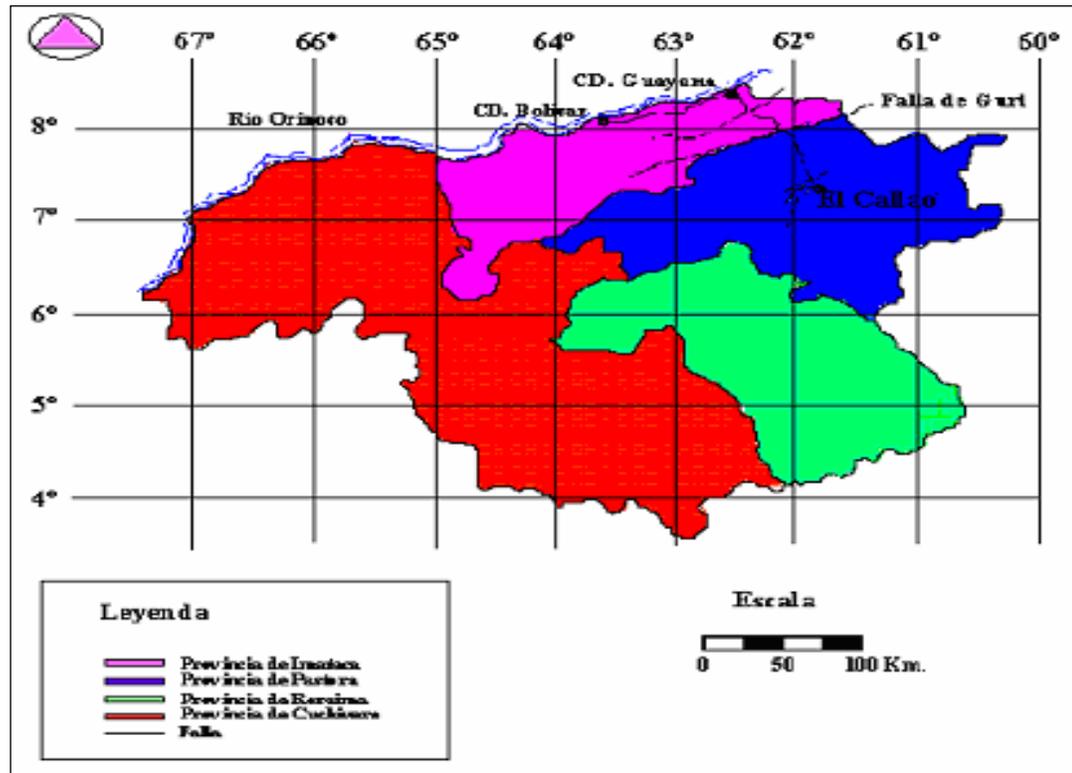


Figura 2.8 Distribución de las Provincias Geológicas. (Mendoza, 2000).

El área estudiada está ubicada dentro del escudo de Guayana, el cual está relacionado con el escudo Brasileño o Amazonia que hasta ahora se ha definido como la estructura geológica más antigua de Sur América. El Escudo de Guayana está formado por diversas litologías arqueozoicas y proterozoicas modificadas en mayor o menor escala, durante una serie de episodios geotectónicos clasificados por Mendoza (1977).

2.3.4.1 Provincia geológica de Imataca

La Provincia Geológica de Imataca se extiende en dirección SW-NE desde las proximidades del río Caura hasta el delta del río Orinoco por unos 550 Km., y en dirección NW-SE aflora desde el curso del río Orinoco hasta la falla de Guri por unos

80 Km. Este es un bloque de 44.000 km², que tiene sobre él remanentes del Cinturón de Rocas Verdes (CRV) (como La Esperanza y Real Corona) y gneises tipo Complejo de Supamo.

Litológicamente se constituye de gneises graníticos y granulitas félsicas (60 % a 70 %), anfibolitas y granulitas máficas y hasta ultramáficas, y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas y granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales de menos metamorfismo. Las rocas más jóvenes se presentan como Cinturones de Rocas Verdes (CRV). Estas rocas de alto grado metamórfico se interpretan (Mendoza, 1977) como evolucionados primitivos CRV y complejos graníticos potásicos y sódicos, varias veces tectonizados y metamorfizados hasta alcanzar la facie anfibolita y granulitas.

2.3.4.2 Formación Mesa

Constituye una secuencia sedimentaria, cuyos sedimentos gradan, de norte a sur, de más gruesos a más finos al alejarse de las cadenas montañosas del norte y desde la parte central del estado Monagas al macizo Guayanés, gradan de más finos a más gruesos.

Litológicamente está conformada por sedimentos areno-arcillosos, donde es común la presencia de madera silicificada; la litología varía de acuerdo al ambiente geográfico desde arenas de grano grueso y gravas con cemento ferruginoso, conglomerado, arenas blanco-amarillas, rojo y púrpura, con estratificación cruzada con lentes discontinuos de arcilla fina arenosa y lentes de limolita, arcillas moteadas y abigarradas, con nódulos sin arenas y arenas no compactadas presentes en los llanos centro-orientales. González de Juana et al (1981), reporta la presencia de fósiles de agua dulce, asociados con arcillas ligníticas y restos de fósiles.

2.3.4.3 Aluviones recientes

Constituidos por sedimentos recientes conformados por arcillas, limos, arenas y gravas, aportados por el río Orinoco durante las inundaciones periódicas en las épocas de lluvias; dichos sedimentos conforman la llanura aluvial del río Orinoco y se extienden hasta la cota 15 msnm. El espesor de esta formación es muy variable, pero en términos generales disminuye de norte a sur, como consecuencia del cambio en la sedimentación fluvio-deltaica y aumenta de oeste a este, por el avance de los sedimentos deltaicos (Ministerio de Minas e Hidrocarburos, 1970).

En cuanto a su sismicidad, el área en estudio presenta peligro sísmico medio con posibles deformaciones de la superficie terrestre (Funvisis, 2013).

2.3.5 Geología del área de estudio

La zona en estudio, se encuentra limitada geológicamente hacia el Norte por la Formación Mesa del Pleistoceno y depósitos aluvionales recientes del Oriente venezolano, y hacia el Sur por las rocas del Precámbrico Inferior del Complejo de Imataca.

La litología está conformada por rocas clásticas no consolidadas (Aluviones), con una permeabilidad que generalmente es variable y alta y con una fecha aproximada de origen que data del Cuaternario Reciente.

2.3.6 Suelos

Sus suelos poseen texturas medias a arcillosas, muy variables en su distribución, y se encuentran intercalaciones de estratos arenosos en el subsuelo, las cuales fueron formadas por material muy reciente, con un alto contenido de mica.

Tabla 2.3 Características litológicas del sector San Félix del río Orinoco (CVG Tecmin, 2015).

Tramo del río	CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS		
	Ribera norte (margen izquierda)	Centro del río	Ribera sur (margen derecha)
San Félix	Arena media a fina, con buen escogimiento. Con un color amarillento muy claro.	Arena de grano fino a medio, con pequeños detritos y restos de materia orgánica.	Arena arcillosa y limo con restos de materia orgánica, de color oscuro.

2.4 Características bióticas

2.4.1 Vegetación

El área de estudio se caracteriza por poseer bosques de galería medios semi-densos, para zonas de límites muy definidos a partir de los bosques del río. De alguna forma esta vegetación ha ido desapareciendo con el tiempo, casi en su totalidad para abrir camino a diversas actividades agropecuarias del sector y así como también a los asentamientos sub-urbanos y rurales.

El resto está ocupado por herbazales anegadizos, las cuales se presentan como comunidades que se caracterizan por la ausencia total de especies leñosas. Ocupan zonas que están sujetas a inundaciones periódicas de gran intensidad y duración tales como bancos, áreas depresionales de islas y otros sitios de rebalse (Rosales y Sánchez, 2000).

2.4.2 Fauna

La fauna silvestre del estado Bolívar, alberga una gran variedad de especies que son características de los territorios del sur del río Orinoco, llegándose a reportar hasta 212 especies de mamíferos pertenecientes a 31 familias.

En la actualidad existen varias especies que se encuentran en peligro de extinción, dentro de las cuales tenemos: el perro de agua (*pteronura brasiliensis*) y el manatí (*trichechus manatus*), también se encuentra amenazada de extinción: la tortuga arrau (*podocnemi sexpansa*) y el conocido caimán del Orinoco (*crocodylu sintermedius*).

Esta zona posee una gran biodiversidad de aves, las cuales oscilan aproximadamente entre 1.108 especies, de este total de aves sólo 41 representan una vital importancia en los aspectos económicos cinegético.

De igual manera se reportan 133 especies de reptiles repartidas en 18 familias (Fundación La Salle, 1993).

2.4.2.1 Ictiofauna

El río Orinoco, en comparación con otros ríos latinoamericanos, presenta un ciclo hidrológico bien marcado que de una forma periódica introduce cambios en el ecosistema, generando variaciones en todos los componentes internos, tanto en la flora como en la fauna, debiéndose producir, por parte de éstos comportamientos adaptativos que de alguna manera le garanticen la sobrevivencia.

La ictiofauna del río Orinoco se estima alrededor de 500 especies de peces la mayoría de ellas realizan movimientos migratorios para diversos fines, tales como reproducción dispersión o alimentación (Fundación La Salle, 1993).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes o estudios previos

Para el desarrollo del este trabajo de investigación, es necesario buscar antecedentes para conocer más sobre el área de estudios o de características y métodos a emplear. Algunas de las investigaciones que aportarán información a este trabajo son los siguientes:

Tocuyo, F. (2018), desarrolló un estudio titulado **“PROPUESTA DE EXTRACCIÓN DE ARENA PARA LA FABRICACIÓN DE VIDRIO MEDIANTE USO DE DRAGA DE CORTADOR EN EL SECTOR MATANZAS - PALO SOLO DEL RÍO ORINOCO, MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA”**, cuyo objetivo principal se centraba en la propuesta técnica del uso de una draga de cortador Beaver 1500 para la extracción de arena con propósito de construcción de vidrio. En esa investigación se hace un desarrollo pormenorizado de los procesos involucrados en el dragado de arenas del lecho del río Orinoco utilizando dragas de cortador, lo cual será evidentemente de gran utilidad complementaria en el presente estudio. Asimismo, se realiza una descripción físico – natural de la zona de estudio lo cual servirá de apoyo informativo y sustanciación de esta investigación dada la cercanía de los sectores Palo Solo y del sector San Félix.

De Souza, J. y Gómez, M. (2019), elaboraron el estudio titulado **“PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE ACOPIO Y CLASIFICACIÓN DE ARENAS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL SECTOR MATANZAS- PALO SOLO, MUNICIPIO INDEPENDENCIA,**

ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA”, cuyo objetivo principal consistía en presentar una propuesta de manejo de arenas dragadas en el sector Palo Solo del río Orinoco (aguas arriba del sector San Félix donde se desarrolla el presente estudio). En esa investigación se ofrecen resultados de las caracterizaciones físico naturales regionales que se corresponden de igual forma con las del sector San Félix por lo cual la investigación es pertinente para servir de apoyo técnico informativo y de sustento metodológico.

Echeverría, D. y Silva, Y. (2010), desarrolló una investigación titulada **“FACTIBILIDAD TECNICA PARA LA APLICACIÓN DE UNA DRAGA DE CORTADOR Y SUCCIÓN PARA LA PROFUNDIZACIÓN DE LA DARSENA DE MANIOBRAS DEL INSTITUTO NACIONAL DE CANALIZACIONES, PUERO ORDAZ, MUNICIPIO CARONÍ, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA”**, cuyo objetivo principal analizaba las condiciones operativas de una draga de cortador en la profundización de la dársena de maniobras y atraque de las embarcaciones de servicio del Instituto Nacional de Canalizaciones (INC), en Puerto Ordaz, estado Bolívar, Venezuela.

Esta investigación tiene un amplio valor metodológico para el presente estudio ya que se expone el uso de dragas de cortador en el río Orinoco.

Noya, C. (2008), elaboró un estudio titulado **“PROPUESTA DE EXTRACCIÓN DE ARENA MEDIANTE DRAGADO DEL LECHO DEL SECTOR SAN FÉLIX DEL RÍO ORINOCO, SAN FÉLIX, MUNICIPIO CARONÍ, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA”**, cuyo objetivo principal trataba sobre la explotación de arena como agregado para la construcción en el sector San Félix del río Orinoco. Dicho trabajo se desarrolla en el área del presente estudio por lo que guarda similitudes en cuanto al medio físico se refiere.

En vista de ello, se conviene en aceptar que esa investigación servirá de apoyo técnico a la presente ya que presenta similitudes en cuanto al medio físico y en cuanto a las herramientas utilizadas.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Cuencas hidrológicas

Una cuenca hidrológica es un área de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. (Aparicio, F. 2001).

3.2.2 Factores climáticos

3.2.2.1 Humedad

El término humedad hace referencia simplemente a la cantidad de vapor de agua contenida en la atmósfera. A cada temperatura le corresponde un límite característico en la cantidad de vapor de agua que la atmósfera puede contener. Este límite se conoce con el nombre de punto de saturación. El cociente entre la cantidad de vapor de agua contenida en la atmósfera y la máxima que podría contener se expresa en forma de porcentaje y se denomina humedad relativa. En el punto de saturación la humedad relativa es 100%; cuando la cantidad de vapor que contiene la atmósfera es igual a la mitad de la máxima posible la humedad relativa es del 50%.

La humedad relativa de la atmósfera puede variar por dos motivos. Si existe una superficie de agua sometida a evaporación, esta hará aumentar la humedad relativa. El otro motivo es una variación de la temperatura. Aunque no se añada vapor de agua a la atmósfera, un descenso de la temperatura se traduce en un aumento de la

humedad relativa. Aunque la humedad relativa es un dato de gran importancia sobre el estado de vapor de agua en el aire, tan solo indica la cantidad relativa con respecto a la de saturación. La cantidad real de humedad presente en la atmósfera se denomina humedad absoluta y se define como la masa de vapor de agua que está contenida en un volumen dado de aire. En cierto, la humedad absoluta es el dato que permite al geógrafo medir un recurso natural básico (agua) desde las regiones polares hasta las ecuatoriales. La humedad absoluta le indica la cantidad de agua que se puede extraer de la atmósfera en la precipitación. El aire frío solo puede proporcionar una pequeña cantidad de lluvia o nieve; el aire cálido puede suministrar grandes cantidades (Chow, Maidment y Mays, 1994).

3.2.2.2 Precipitación

La precipitación tiene lugar cuando en el interior de una nube se produce la condensación con gran rapidez. La lluvia se produce por la coalescencia de numerosas gotas de pequeño tamaño que dan lugar a gotas mayores incapaces de mantenerse en suspensión. Las gotas pueden seguir aumentando de tamaño al chocar unas con otras hasta alcanzar los 7 mm de diámetro; por encima de estas dimensiones son inestables y se rompen en gotas más pequeñas cuando las gotas tienen un diámetro inferior a 1/2 mm constituye la denominada llovizna (Chow, Maidment y Mays, 1994).

3.2.3 Los sedimentos y las partículas

3.2.3.1 Distribución granulométrica y Escala granulométrica

Consiste en clasificar por tamaño los granos que lo componen. Un análisis de esta clase expresa cuantitativamente las proporciones en peso de las partículas de distintos tamaños que hay en el sedimento. La forma de realizarlo es por medio de

una serie de tamices que definen el tamaño de las partículas (Bowles, 1981). (Tabla 3.1).

La escala comúnmente empleada en la actualidad por los sedimentólogos fue adoptada internacionalmente para la clasificación granulométrica de partículas sedimentarias y propuesta en 1922 por C. K. Wentworth, basándose en la anterior escala de J. A. Udden, de 1898; desde entonces se le conoce como la escala de Udden-Wentworth, que toma el milímetro como punto de partida para estimar el diámetro promedio de tamaño para una partícula sedimentaria y emplea la razón $\frac{1}{2}$ para obtener los diámetros límites de sus clases de tamaño de 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, etc.

De esta forma, se definen los términos de la escala granulométrica en bloques, grava, arena, limo y arcilla (Lane, 1947 citados en García, O. 1981). El estudio del tamaño de las partículas da indicio del grado de energía implicado en su mecánica de depositación. (Tabla 3.1).

La escala de Udden - Wentworth es regular, geométrica, no cíclica y no decimal.

Para solucionar la desventaja del manejo de números irracionales, Krumbein propuso la escala PHI. Esta se basa en los diámetros límites en la escala Udden - Wentworth, se expresan como potencias de 2.

$$\begin{array}{cccccccc} 2^{-4} & 2^{-3} & 2^{-2} & 2^{-1} & 2^0 & 2^1 & 2^2 & 2^3 \\ \hline 1/16 & 1/8 & 1/4 & 1/2 & 1 & 2 & 4 & 8 \end{array}$$

Empleando el logaritmo en base 2 del diámetro: $\Phi = -\log_2$ diámetro (mm)

Se coloca $-\log_2$ del diámetro para trabajar con números positivos en las clases más comunes (tabla 3.2).

Tabla 3.1 Escala de Udden-Wentworth para clasificar las partículas de sedimentos clásticos según su tamaño (Modificado del Comité Lane, 1947).

Característica del sedimento		Fragmento	Grado	Tamaño (mm.)		Tamizado	Nombre de la roca consolidada		
				Decimal	Fracción				
Sedimento	Granular	Canto rodado (Cantos grandes)	Muy Grande		4-2 m.				
			Grande		2-1 m.				
			Mediano		1-0,5 m.				
			Pequeño		0,5-0,256 m.				
		Guijarro (Cantos medianos)	Grande		256-128				
			Pequeño		128-64				
		Grava (Cantos pequeños)	Muy Gruesa		64-32			Pasa por el Tamiz N° 3 y es retenida por el Tamiz N° 4	Conglomerado
			Gruesa		32-16				
			Media		16-8				
			Muy Fina		8-4				
	Arena	Muy Gruesa		2-1	Pasa por el Tamiz N° 4 y es retenida por el Tamiz N° 200	Arenisca			
		Gruesa	2-0,5	1-½					
		Media	0,5-0,25	½-¼					
		Fina	0,25-0,0625	¼-1/8					
	Cohesivo	Limo	Grueso	0,0625-0,0312	1/16-1/256	Pasa por el Tamiz N° 200			
			Medio	0,0312-0,016					
			Fino	0,016-0,004					
		Arcilla	Gruesa	0,004-0,002	1/16-1/4096	Pasa por el Tamiz N° 200	Lutitas/Argilitas		
Media			0,002-0,001						
Fina			< 0,001						

Tabla 3.2 Escala Phi de Krumbein, 1947

Clasificación de rocas sedimentarias por el tamaño de los clastos				
según WENTWORTH			según DIN 4022	
Grano diametro (mm)	Subdivisión	Denominación (roca)	Clasificación segun DIN 4022	Grano diametro (mm)
0,0002 mm	pelítica	Pelita	Arcilla	0,002 mm
0,002 mm				
0,02 mm	psamítica	Psamita	Limo	0,0063 mm
				Arcilla fina
0,2 mm	psamítica	Psamita	Arena	0,063 mm
				Arcilla gruesa
2mm	psamítica	Psamita	Arena	0,63mm
2cm				Arena fina
2cm	psefítica	Psefita	Gravas	6,3mm
				Arena gruesa
20 cm	psefítica	Psefita	Piedras	63mm
				Bloques

3.2.3.2 Determinación del grado de redondez de las partículas sedimentarias

Debido a la dificultad de distinguir las ligeras diferencias en la redondez de las partículas pequeñas se han propuesto cinco grados de redondez.

Cada una de las clasificaciones existentes se diferencia cuando se necesita tener una discriminación más afinada y se requieren hacer análisis estadísticos más rigurosos con los resultados (tabla 3.3).

En la tabla 3.3 puede observarse que los cinco grados de redondez propuestos por Russel y Taylor (1937) no son iguales en tamaño. Esta desigualdad surge a raíz de la dificultad en distinguir ligeras diferencias en redondez, cuando los valores de estos son pequeños. Los grados de redondez de acuerdo a Pettijohn, F.J. son los siguientes:

Tabla 3.3 Grados de redondez de las partículas sedimentarias (Russel y Taylor, 1937).

Nomenclatura de los grados de redondez	Russel y Taylor		Pettijohn	
	Límites de las clases	Punto medio	Límites de las clases	Punto medio
Anguloso	0,00 – 0,15	0,075	0,00 – 0,15	0,125
Subanguloso	0,15 – 0,30	0,225	0,15 – 0,25	0,200
Subredondeado	0,30 – 0,50	0,400	0,25 – 0,40	0,315
Redondeado	0,50 – 0,70	0,600	0,40 – 0,60	0,500
Muy Redondeado	0,70 – 1,00	0,850	0,60 – 1,00	0,800

- Anguloso (0-0,15): Las aristas y los vértices son agudos y muestran poca o ninguna prueba de desgaste. Los vértices secundarios son numerosos. (Tabla 3.2).

- Sub-anguloso (0,15-0,25): Los fragmentos mantienen aún su forma primitiva y las caras están virtualmente intactas, pero las aristas y los vértices han sido redondeados en cierto grado mostrando los efectos típicos del desgaste. Los vértices secundarios son numerosos (entre 10-20), pero menos que en los angulosos. (Tabla 3.3).

- Sub-redondeado (0,25-0,40): Las aristas y los vértices están redondeados en curvas suaves y la superficie de las caras primitivas se encuentra bastante reducidas, mostrando considerable desgaste pero manteniendo aún la forma primitiva del grano. Los vértices secundarios están muy redondeados y en número reducido. (Tabla 3.3).

- Redondeado (0,40-0,60): Las caras originales se muestran completamente destruidas, pero todavía pueden presentar alguna superficie plana. Puede haber ángulos cóncavos entre caras remanentes. Todas las aristas y los vértices originales han sido pulidos hasta curvas suaves y amplias. Los vértices secundarios están muy suavizados y escasos (entre 0-5). Con una redondez de 0,6 todos los vértices secundarios desaparecen, y aún se reconoce la forma primitiva.

- Bien o muy redondeado (0,60-1,00): La superficie consta totalmente de curvas amplias, sin caras originales con aristas y vértices; carece de áreas planas y de aristas secundarias. La forma original se reconoce por la forma actual del grano (Tabla 3.3). El esquema actualmente empleado para medir el grado de redondez de los granos de arena y grava implica medidas sobre una proyección de la partícula sobre una superficie plana (Wadell, A. 1.933). La partícula que va a estudiarse se coloca en una placa de vidrio y se agita ligeramente hasta que entre en reposo en su superficie más amplia. Esto normalmente coloca a su diámetro menor en una posición vertical y a su diámetro máximo e intermedio en el plano de la placa. Así puede entonces ser fotografiada a la amplificación deseada o su imagen puede ser proyectada a una superficie (horizontal o vertical) para ser medida (figura 3.1).

De acuerdo con el esquema de Wadell, A (1933), la redondez en una esquina dada de una partícula es r/R , en la cual r es el radio de curvatura en la esquina en cuestión y R es el radio del círculo máximo inscrito.

Por lo tanto, la redondez de la partícula como un todo es el promedio del redondez de todas sus esquinas, es decir, es la suma de los valores de redondez para cada esquina dividida entre el número de radios (figura 3.1)

a. Proyección de una partícula mostrando los radios de curvatura en cada esquina y el círculo máximo inscrito (para calcular su redondez)

b. Proyección de una partícula yaciendo sobre su superficie mayor, mostrando el círculo mínimo circunscrito (para calcular su esfericidad).

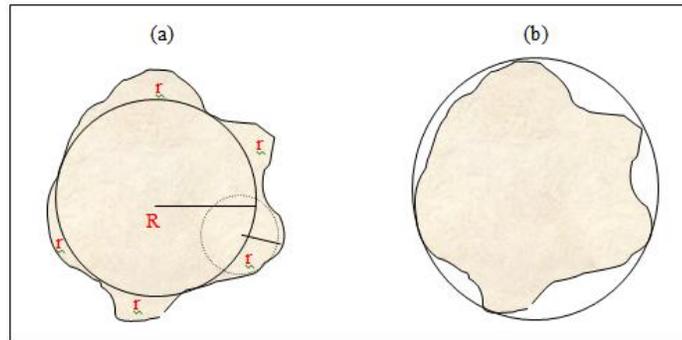


Figura 3.1 Redondez y Esfericidad de las Partículas (Wadell, A. 1933).

3.2.3.3 Agentes geológicos que afectan a los sedimentos

Un sedimento, es un material suelto compuesto por agregados minerales que han sido desprendido de una roca ígnea, metamórfica e incluso sedimentaria llamada roca madre, por procesos de meteorización y erosión y que luego por agentes de transportes como lo son el agua, viento, flujo de masas, son arrastrados y movidos, cuando estos agentes de transporte ya no pueden con la carga que llevan debido a que ha disminuido su energía ocurre la depositación y que generalmente ocurre en zonas deprimidas llamadas cuencas sedimentarias (Figura 3.2).

Un sedimento puede permanecer estable es decir sin movimiento por millones de años hasta consolidarse en roca mediante procesos de sedimentación que lo son la diagénesis (disminución de la porosidad y aumento de compactación), y la litificación (cementación, consolidación y desecación y recristalización)

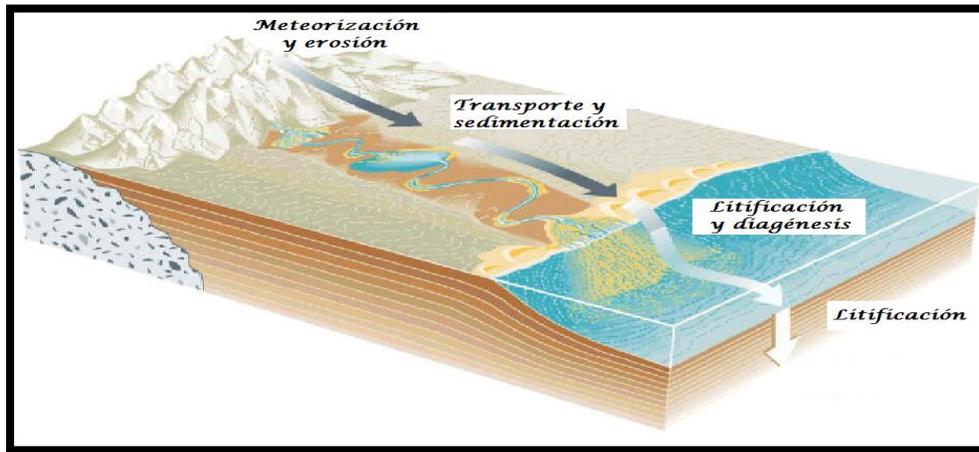


Figura 3.2 Agentes geológicos que afectan a los sedimentos (Anónimo,sf).

3.2.3.4 Madurez textural y mineralógica de sedimentos

Barredo, S. (1999) desde la meteorización hasta la depositación final de un sedimento puede observarse que no todos los minerales se comportan de igual manera ante la destrucción química ya que algunos se mantienen inalterados mientras que otros no. Debido a ello durante el proceso de sedimentación la composición mineralógica original evoluciona hacia un producto final estable. Se pudo determinar que en general el orden de estabilidad de los minerales es inverso a la serie de Bowen, así el olivino se altera más fácilmente que la mica y que el cuarzo que es un mineral muy resistente. La composición de la fracción clástica refleja entonces el grado de destrucción sufrido por la roca ya que estará constituida solo por aquellos minerales más estables.

La importancia mineralógica radica en que la composición de la fracción clástica de un sedimento o una roca sedimentaria no depende solamente de la composición de la roca original sino también de la intensidad y el tiempo con que actuaron los procesos destructivos durante la sedimentación.

La textura, principalmente la redondez, evoluciona durante la sedimentación, se dice que son texturalmente maduros los clastos que estén bien redondeados. Generalmente, los sedimentos con alto índice de madurez mineralógico, son también texturalmente maduros. (Barredo, S. 1999).

3.2.4 Dragado

Es la operación de limpieza de rocas y sedimentos en cursos de agua,, bahías o accesos a puertos. Los dragados se efectúan para aumentar la profundidad de un canal navegable o de un río con el fin de aumentar la capacidad de transporte de agua, evitando así las inundaciones aguas abajo. Asimismo, se pretende con ello aumentar el calado de estas zonas para facilitar el tráfico marítimo por ellas sin perjuicio para los buques, evitando el riesgo de encallamiento.

En función del material del fondo que requiere ser dragado, se utilizan diferentes tipos de dragas. Hay varios tipos de dragas comúnmente utilizadas en este tipo de operación, que se clasifican como mecánica, hidráulica y mixta (mecánica/hidráulica), y cada uno de ellos tiene diferentes tipos de mecanismo y funcionamiento.

Las operaciones de dragado tienen potencialmente un impacto ambiental significativo, que debe ser oportuna y convenientemente evaluado a fin de tomar en consideración las posibles medidas de mitigación de las mismas.

En otras palabras, una obra de dragado se define como el conjunto de operaciones necesarias para la extracción, el transporte y el vertido de materiales situados bajo el agua, ya sea en el medio marino, fluvial o lacustre. Estas tres etapas son fundamentales en toda obra de dragado y deben analizarse con detenimiento para optimizar la operación. El primer paso consiste en extraer el material del fondo, y

para ello se requiere una maquinaria específica, las dragas. Como veremos más adelante, existen numerosos equipos de dragado, que se diferencian principalmente en la forma de realizar la excavación. A continuación se debe efectuar el transporte del material desde el punto de extracción hasta la zona de vertido. El tipo de transporte dependerá también de la draga utilizada, pudiéndose efectuar con la misma embarcación, con gánguiles de carga, o mediante tuberías. Finalmente, se debe seleccionar el lugar de vertido y el método para realizarlo, siendo lo más usual el vertido mediante descarga por el fondo o por bombeo a través de tubería. En la actualidad, la reutilización y el aprovechamiento de los materiales procedentes de dragado es cada vez más frecuente. El dragado es una operación necesaria para el desarrollo y el mantenimiento de las infraestructuras en el medio marino y fluvial, y de su realización depende el desarrollo de los puertos y del tráfico marítimo. Sin embargo, a pesar de su importancia en las obras marítimas y su vinculación al desarrollo económico y social, las técnicas de dragado siguen siendo una de las ramas más desconocidas de la ingeniería civil (Training Institute for Dredging, 1990).

3.2.4.1 Clasificación de las obras de dragado

Las obras de dragado están especialmente relacionadas con la construcción o mantenimiento portuarios y con la regeneración de playas, aunque sus aplicaciones son mucho más diversas. De esta manera, se pueden clasificar las obras de dragado en función de su objetivo o destino. Por otro lado, las condiciones en que se desarrolla el dragado son también muy distintas en función del emplazamiento de la obra y de las características del terreno a dragar.

Estos dos factores permiten también clasificar las obras de dragado. Según el objetivo o destino del dragado Los dragados tienen gran importancia en las obras portuarias, tanto en el mantenimiento y mejora de sus calados, como en el desarrollo de nuevas instalaciones o en la creación de nuevos puertos. La mayoría de puertos

necesitan en algún momento trabajos de dragado para mejorar las condiciones de navegación en su interior. De la misma manera, estas obras permiten mantener o ampliar los cauces de los ríos, y mejorar su capacidad de desagüe.

Las explotaciones de materiales para la construcción y minerales en medio ambiente marino pasan por un dominio de las técnicas de dragado a fin de obtener un rendimiento óptimo. Otro destino cada vez más común del material dragado es su uso como material de relleno o de sustitución. En diversos tipos de obra se requieren rellenos con tierra, como puede ser el trasdosado de muelles, en bases de carreteras, en aeropuertos, o bien la sustitución de terrenos de mala calidad, para mejorar las condiciones geotécnicas en cimentaciones de muelles o de cualquier otro tipo de estructura.

En los últimos años han tomado también gran importancia los dragados asociados a la regeneración y conservación de las playas mediante aportaciones artificiales de arena. En la actualidad las técnicas de dragado están resultando vitales en obras en las que se pretende generar grandes superficies útiles en el mar, a menudo asociadas al transporte de mercancías y pasajeros, como por ejemplo la isla artificial construida en Hong-Kong para albergar un aeropuerto (Figura 3.3).



Figura 3.3 Isla artificial Chek Lap Kok en Hong-Kong construida por relleno hidráulico. (www.bnd.nl)

Según el emplazamiento. Las condiciones en que se desarrollan las obras de dragado son también muy distintas en función del emplazamiento de la obra respecto a la línea de costa, pudiendo realizarse en mar abierto, en la zona costera, o en aguas abrigadas, ya sea en el interior de un puerto, un río o un lago. En capítulos posteriores veremos el equipo de dragado más adecuado en función del emplazamiento de la zona de dragado.

Según las características del terreno. Los terrenos a dragar pueden ser de naturaleza muy diversa, desde rocas duras hasta fangos, por lo que el comportamiento frente a la excavación, al transporte y al vertido es diferente en cada caso. La naturaleza del material a dragar condiciona pues en gran medida la draga y la técnica de dragado utilizada (Training Institute for Dredging, 1990).

3.2.4.2 Tipos de equipos de dragado

Dada la gran diferencia de condiciones respecto a las obras terrestres, se necesita una maquinaria especializada para realizar las obras de dragado que ha evolucionado mucho en los últimos años. Las inversiones necesarias para financiar este tipo de obras son muy superiores a las terrestres, por lo que el tipo de maquinaria escogido será decisivo en el coste final de las operaciones de dragado. Por este motivo, es necesario tener un buen conocimiento de los equipos disponibles en el mercado, en cuanto a sus características, posibilidades de trabajo, rendimientos y costes. La variedad de equipos y métodos de dragado es muy extensa, siendo lo más usual clasificarlos según el método utilizado para la excavación del material en dragas mecánicas o hidráulicas. Dentro de la gran variedad de equipos de dragado existentes, algunos de ellos se han especializado en una de las tres (3) fases de operación (excavación, transporte o vertido), pero otros son capaces de realizar todo el conjunto de la operación sin necesitar equipos o instalaciones auxiliares. La Figura 3.4 muestra los principales equipos de dragado existentes en la actualidad.

Una draga es un equipo, que puede estar instalado en una embarcación o tierra firme, que se utiliza para excavar material debajo del nivel del agua, y elevar el material extraído hasta la superficie estas operaciones se pueden realizar en canales navegables, en puertos, dársenas o embalses (Training Institute for Dredging, 2019)



Figura 3.4 Clasificación de los tipos de draga (Training Institute for Dredging, 2019).

De acuerdo a los registros de la Universidad de Delft en Holanda, el inventario de dragas en el mundo para el año 2019 ascendía a 2603 unidades de las cuales 965 dragas corresponden a las dragas de cortador.

La selección de la draga viene influenciada por el tipo de material a extraer, la cantidad, la profundidad del fondo, el acabado que se quiera conseguir y la economía.

Para el propósito de la presente investigación se hará especial mención de las dragas cortadoras debido a que es el equipo que usualmente se selecciona para las actividades de extracción de arena de los lechos fluviales como el río Orinoco.

- Draga cortadora (o cutter suction dredge): es igual que una draga succionadora estacionaria con la diferencia que lleva una cuchilla cortadora en la entrada de la tubería para disgregar el material. Se fija mediante puntales (*spuds*). Son

capaces de cortar materiales con más de 500 kp/cm² de resistencia a compresión simple. Actualmente son muy usadas por tener muchas ventajas: Extracción de cualquier material, ser capaces de trabajar en aguas someras, dejar un fondo uniforme y tener una alta producción. Sin embargo tienen algunos inconvenientes como son su sensibilidad a las condiciones marinas (oleaje, mareas y vientos fuertes), la limitada distancia de dragado y su alto coste (Training Institute for Dredging, 2019).

3.2.5 Estudios previos al dragado

Para definir correctamente una operación de dragado hay que conocer una serie de aspectos previos sobre las zonas de extracción y de vertido, que pueden resumirse en:

- a. Estudio batimétrico de la zona de dragado y de vertido.
- b. Estudios geotécnicos y geológicas del material a extraer.
- c. Características ambientales de la zona que será intervenida.

Su definición es fundamental a la hora de abordar una operación de dragado y por tanto en la minimización de costes tanto ambientales como económicos, así como en el impacto que las operaciones de vertido van a tener sobre la zona (Landaeta, 2010).

3.2.5.1 Estudio batimétrico de la zona

Para poder calcular de forma precisa los volúmenes disponibles y delimitar las zonas tanto de dragado como de vertido, es imprescindible tener un buen conocimiento del fondo marino. Esta información no suele estar disponible, por lo que resulta necesario realizar una campaña batimétrica que debe contener la siguiente información:

1. Profundidad del fondo en varios puntos de medida
2. Posición planimétrica de los puntos medidos.
3. Medidas de las variaciones del nivel del agua.

Se debe incluir también la definición de todo tipo de obstáculos que puedan representar un peligro para la operación, como cableados, escolleras, afloramientos rocosos (USACE, 1998).

- Medición de la profundidad: en la actualidad los estudios batimétricos se realizan casi exclusivamente mediante el uso de ecosondas para reconocer el relieve del lecho del cuerpo de agua. En el ambiente fluvial de la zona de estudio de esta investigación, el río Orinoco se utilizan con frecuencia estos equipos de ecosondas o ecobatímetros cuyo principio de funcionamiento es la determinación del tiempo transcurrido entre el envío de la señal desde el transductor hasta que es alcanzada por el receptor después de reflejarse en el fondo. De esta manera, la ecosonda permite medir la profundidad tanto del fondo como de cualquier objeto sumergido en el lecho del cuerpo de agua.

El retardo del pulso sonoro enviado y recogido por el receptor permite calcular la profundidad siguiendo la siguiente ecuación:

$$P = (V_s * t) / 2 \quad (3.1)$$

Donde:

T: es el tiempo de retardo en segundos,

V_s: la velocidad del sonido (V_s = 1500 m/s)

P: es la profundidad (m).

La división por dos se utiliza para tener en cuenta el viaje de ida y vuelta del impulso en el agua. Es importante realizar una correcta calibración de la ecosonda, donde uno de los factores básicos influyentes en la medición es la densidad del agua o flujo bifásico del río, puesto que repercuten directamente en la velocidad de propagación de la señal. Estos dos (2) parámetros tienden a cambiar a lo largo del día en el río Orinoco, según la época del año, las aguas tendrán mayor o menor cantidad de sedimentos en suspensión lo cual hace variar la densidad de la mezcla o flujo bifásico (agua con sedimentos), por lo que deberá calibrarse la ecosonda como mínimo una vez al día, y/o preferiblemente al comenzar y al finalizar la campaña batimétrica.

Los equipos de sondeo varían fundamentalmente en la frecuencia alcanzada por sus pulsos sonoros, quienes a su vez determinan la resolución de los resultados y la capacidad de penetración en el fondo. Para estudios batimétricos en el río Orinoco se requieren frecuencias de onda de 33 kHz a 210 kHz. Las frecuencias altas son inmediatamente reflejadas por la primera capa de sedimentos, por lo que sólo aportan información acerca de la superficie del fondo, y son las utilizadas en el caso de los estudios batimétricos en el río Orinoco. Por otro lado, las frecuencias bajas penetran más en el terreno y son reflejadas por las capas de sedimentos inferiores y son utilizadas en las zonas de lecho fangoso no consolidado. (USACE, 1998).

- Posicionamiento planimétrico: a la vez que se mide la profundidad, hay que tomar la posición planimétrica de los puntos. El sistema de posicionamiento utilizado para el posicionamiento de embarcaciones y que garantiza una alta precisión es el GPS diferencial.

El sistema de posicionamiento global (GPS) es un sistema de posicionamiento basado en satélites y operado por el departamento de defensa de los Estados Unidos.

El equipo de trabajo básico en estudios batimétricos consiste en un GPS móvil que se sitúa en la embarcación encargada de realizar la batimetría y que hace de receptor, y un GPS diferencial estacionario que está situado en un punto de coordenadas conocidas en tierra. Esta estación de referencia relaciona cada posición de satélite y hora con una referencia común. Como la estación de referencia conoce su posición exacta en latitud, longitud y altura, calcula las correcciones del satélite y transmite los datos corregidos al receptor móvil. La precisión obtenida con este sistema es de menos de un metro (USACE, 1998).

3.2.5.2 Estudios geotécnicos y geológicos del material a extraer

Antes de proyectar cualquier obra de dragado es necesario disponer de información geotécnica sobre el material a dragar. Gracias a estos estudios podremos:

1. Definir las características físicas y mecánicas del material a dragar.
2. Determinar los volúmenes reales involucrados en el dragado.
3. Establecer la idoneidad de uso de los materiales dragados para construcción

Esta información permitirá seleccionar el equipo de dragado más adecuado, estimando los rendimientos del mismo y las posibles sobre-excavaciones.

El Instituto Nacional de Canalizaciones, como ente gubernamental en Venezuela encargado del dragado de mantenimiento del canal de navegación del río Orinoco, recomienda para describir con precisión los suelos, utilizar el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, donde se distinguen los materiales en no cohesivos (o granulares), cohesivos y rocas. En general, de los suelos deberemos analizar su granulometría, límites de Atterberg, densidad, y resistencia al corte. (Landaeta, 2010).

3.2.5.3 Estudios de caracterización ambiental

Se entiende por Estudio de Impacto Ambiental (EIA) a la aplicación de un procedimiento de análisis de un emprendimiento que permite la identificación, predicción y evaluación de las posibles consecuencias ambientales que se puedan producir durante su realización.

Un EIA debe incluir además, las medidas de mitigación que deban adoptarse a fin de reducir o eliminar los impactos ambientales negativos que puedan producirse. Se entiende por medio ambiente al sistema global constituido por los elementos naturales y artificiales de naturaleza física, biológica y sociocultural y por sus interrelaciones que rigen y condicionan la vida en todas sus manifestaciones.

Se entiende por impacto a todo tipo de afectación a cualquier elemento del sistema medio ambiente que se produzca por causa de la existencia del emprendimiento en cualquiera de sus fases: proyecto, implantación u operación. Sobre la base de estas definiciones, el objetivo del EIA es la identificación y evaluación de todos los impactos que se puedan derivar del emprendimiento tanto sean positivos o negativos, producidos directamente por la ejecución u operación del mismo, o por actividades inducidas que se desarrollen como consecuencia de éste.

El proceso metodológico de un EIA busca alcanzar en la forma más sistemática y objetiva posible, la identificación de estos impactos, su predicción y cuantificación, así como la determinación del grado de riesgo que pueden implicar. No siempre es posible una cuantificación de los impactos identificados, ya que la predicción de los mismos se encuentra condicionada por cuatro (4) aspectos:

1. La carencia de información suficiente sobre algunos de los componentes del medio ambiente que puedan ser fundamentales;

2. La ausencia de un adecuado conocimiento de la respuesta de muchos componentes del sistema biológico y social frente a una acción determinada;

3. Las modificaciones que sufre un proyecto en su versión original al momento de su ejecución y,

4. La no determinación a priori de aspectos constructivos durante la fase de construcción que derivarán de decisiones que se tomen durante el avance de las obras.

Por tanto, y puesto que se ha visto que en la mayoría de los casos sólo un conjunto pequeño de impactos son los responsables de las mayores afectaciones ambientales, y que la reducción o mitigación de los mismos implicaría la minimización de las consecuencias ambientales del emprendimiento hasta niveles admisibles, es sobre este conjunto que se centra la profundidad de los análisis del EIA.

Para Alarcón J. (2009), una caracterización ambiental se define como:

“La ejecución de los estudios de diagnóstico y caracterización ambiental, están dirigidos a documentar las condiciones ambientales existentes en la zona de interés, mediante la realización de una evaluación ecológica que permite conocer la situación actual de variables ambientales específicas, tales como, fauna, vegetación y/o características fisicoquímicas y biológicas de aguas, sedimentos o suelos.”

3.2.6 Determinación del impacto ambiental de una actividad

Según Wortruba H. (1998) considera que el Estudio de Impacto Ambiental es:

“Un estudio de Impacto Ambiental es un conjunto de análisis técnico-científicos, sistemáticos, interrelacionados entre sí, cuyo objetivo en la

identificación, predicción, y evaluación de los impactos significativos positivos y/o negativos, que pueden producir una o un conjunto de acciones de origen antrópico sobre el medio ambiente físico, biológico y humano”.

Para el caso específico de la presente investigación se plantearán los posibles impactos positivos y negativos que podría conllevar la extracción de arenas del lecho del río Orinoco en el área de estudio.

a. Impactos Positivos

Fuente de trabajo: la población accederá a trabajo temporal en la etapa de construcción; posteriormente en la etapa de operación y mantenimiento se considera que el proyecto genera trabajo estable durante el inicio y que este número vaya en aumento.

b. Impactos negativos

1. Profundización de la zona de extracción: esta acción incrementará la turbiedad del agua afectando las condiciones de vida de la biota autóctona. Asimismo, se alterará los patrones de flujo de agua y de sedimentos del río.

2. Remoción de capa superficial de suelos (alteración vegetación y fauna): en la etapa de construcción se efectuará movimiento de tierra a fin de preparar patios de disposición del material extraído, ello afectará la capa fértil del suelo, (Suelo de espesor 0.20 cm.).

3. Movimientos de tierra: la remoción del estrato vegetal originará la acumulación de grandes volúmenes de tierra que deberán ser adecuadamente

dispuestos dentro del área del proyecto para su posterior uso cuando cese la actividad del proyecto.

4. Efectos barreras: construcción de un cerco perimetral cuya infraestructura limitará el acceso de especies de la fauna de la zona al área del proyecto.

5. Alteración de la permeabilidad propia del terreno: la superficie del área de disposición de materiales dragados será inicialmente compactada lo cual alterará la permeabilidad natural del área.

6. Actividades propias de una faena de obras civiles: se generará durante las operaciones ruido, polvo, gases, tránsito, movimiento de maquinaria pesada. (Universidad de Málaga, 2009)

c. Medidas de mitigación

1. Control de los olores: utilización de pantallas vegetales, (árboles, arbustos). Tratamiento de los líquidos percolados. Elevación de la chimenea proveniente de los colectores de gases de la draga de 1.00 a 2.00 m altura adicionales para mejorar la dispersión y dilución.

2. Control de los ruidos: se plantea implementar pantallas vegetales y usar equipos de baja emisión de ruidos. Instalar silenciadores eficientes para las maquinarias, de modo que no perturben la tranquilidad de la zona.

3. Alteración de aguas subterráneas: evitar el derrame de aceites y lubricantes en las zonas de mantenimiento de las maquinarias para evitar filtraciones y percolación a través de los estratos infrayacentes. Utilizar contenedores para almacenar los lubricantes usados.

4. Diseminación de materiales: configurar barreras evitando que el viento incida sobre el frente de trabajo; se plantea la implementación de cerco vivo.

5. Control de material particulado: uso del cerco Vivo en el perímetro del relleno y riego de accesos y de la arena acumulada ya seca para evitar su resuspensión en el air (Landaeta, 2010).

3.2.7 Técnicas de jerarquización del impacto ambiental

Un factor, que hasta la presente fecha, disminuye la calidad de los estudios de impacto ambiental es el uso de una gran diversidad de métodos con inconsistencias metodológicas e incluso conceptuales, sumado al uso de juicios de valor que dependen del profesional que los ejecuta y a que las escalas de valoración cualitativas no son claras o adecuadas, lo cual sesga los resultados. Por lo anterior, se presenta a continuación un marco metodológico cualitativo para la evaluación del impacto ambiental de proyectos de obras civiles en el contexto latinoamericano. Existen varias técnicas para jerarquizar los impactos ambientales identificados que hayan sido generados por acciones o actividades de carácter antrópico, de uso arraigado y popular en Venezuela durante las dos (2) décadas transcurridas del siglo XXI.

La literatura reporta métodos de listas, redes de interacciones, matrices de interacciones, sistemas cartográficos, indicadores, análisis multicriterio, simulación y predicción, software y Ad-Hoc. De todas estas metodologías, en Latinoamérica las Ad-Hoc son las de mayor uso, especialmente Conesa, RAM, Arboleda y Leopold (1971), y Criterios relevantes de Buroz (1990).

3.2.7.1 Matriz de Leopold

La matriz de Leopold es un método cuantitativo de evaluación de impacto ambiental creado por *US Geological Survey* en 1971. Esta matriz fue originalmente diseñada para analizar los impactos ambientales de Proyectos Mineros debido a las regulaciones ambientales surgidas en los Estados Unidos de Norteamérica en 1969. Se utiliza para identificar el impacto inicial de un proyecto en un entorno natural. El sistema consiste en una matriz con columnas representando varias actividades que ejerce un proyecto (por ejemplo.: desbroce, extracción de tierras, incremento del tráfico, ruido, polvo, etc), y en las filas se representan varios factores ambientales que son considerados (aire, agua, geología, etc.). Las intersecciones entre ambas se numeran con dos (2) valores, uno indica la magnitud (de -10 a +10) y el segundo la importancia (de 1 a 10) del impacto de la actividad respecto a cada factor ambiental.

Las medidas de magnitud e importancia tienden a estar relacionadas, pero no necesariamente están directamente correlacionadas. La magnitud puede ser medida en términos de cantidad: Área afectada de suelo, Volumen de agua contaminada... Por ejemplo, el caso de una corriente de agua que erosiona una gran cantidad de suelo. En este caso, el impacto tiene una magnitud significativa, pero la importancia que tenga respecto al medio ambiente puede ser baja, ya que es una pequeña parte de suelo.

En la Tabla 3.4 se muestra un fragmento de una matriz de Leopold en la cual se observa en posición horizontal los factores ambientales y en forma vertical las acciones del proyecto. También se presentan en este tipo de tablas, la ponderación de las interacciones tanto cualitativa y cuantitativa.

Tabla 3.4 Fragmento de la matriz de Leopold (Ramos Soberanis, 2004)

		suministro de ganado	descarga de ganado	manejo del ganado en corrales	pesa y limpieza del ganado	proceso de sacrificio	manejo del ganado en canal	elaboración de embutidos	manejo del producto terminado	manejo de cuartos fríos	movimiento de personal
TIERRA	1 Recursos minerales										
	2 Suelos aprovechables										
	3 Materiales explotables					4					
	4 Geosférico					4					

En total resultan 8800 interacciones totales (100 acciones posible x 88 efectos ambientales. (U.S. Geological Survey, 1971.)

- Deficiencias de la Matriz de Leopold: presenta una serie de deficiencias, entre las que vale mencionar:

La matriz de Leopold no es selectiva y no posee ningún mecanismo para destacar áreas críticas de interés. Relacionada a esto está el hecho de que la matriz no distingue entre impactos transitorios y duraderos, aunque se pudieran preparar matrices separadas para cada período de tiempo.

Una de las fallas más criticadas de la matriz es su falta de objetividad cada usuario tiene la libertad de escoger el número (entre 1 y 10) o el número (entre 1 y 5) que mejor le parece que representa la magnitud e importancia del impacto. Tampoco se prevé la probabilidad de que ocurra el impacto, cada predicción es tratada como si tuviera 100 por ciento de probabilidad de ocurrir. Similarmente, no hay manera de indicar la variabilidad ambiental que incluiría la posibilidad de casos extremos que presentarían peligros no aceptables si ocurriesen, la matriz no es eficiente en la identificación de interacciones (Ramos Soberanis, 2004).

Otras deficiencias resaltadas por Neuberger-Cywiak, (2010) son:

- Analiza sólo la situación sin proyecto.
- Es atemporal, analiza simultáneamente todos los efectos sin considerar su posible encadenamiento.
- El proceso aritmético de los resultados de cada interacción lleva a una evaluación incompleta de la viabilidad del proyecto.

3.2.7.2 Índice Batell-Columbus

La técnica del Índice Batell-Columbus fue diseñada para Proyectos Hidráulicos. Mediante esta técnica se analizan la calidad ambiental de la situación sin proyecto y la calidad ambiental de la situación con proyecto. Tal como se indicó anteriormente, en esta técnica se subdivide al ambiente en categorías ambientales, las categorías ambientales en componentes ambientales y estas últimas en variables ambientales. A cada variable ambiental se le asigna un peso relativo que resulta de distribuir 1000 puntos entre todas las variables. También, a cada variable se le prepara una curva de calidad ambiental, la cual permite normalizar la calidad ambiental de cada variable a una escala común, a través de la cual se pueden realizar operaciones aritméticas.

Una vez asignados los pesos relativos (pr) y preparadas las curvas de calidad ambiental (CA) la técnica consiste en calcular un Índice de Calidad Ambiental (ICA) el cual resulta de la diferencia entre el Índice de Calidad Ambiental de la Situación con Proyecto (ICA_{scp}) y el índice de Calidad Ambiental de la Situación Sin Proyecto (ICA_{ssp}); cada índice se obtiene de la siguiente forma:

$$ICA_{ssp} = \text{Peso relativo} * CA_{ssp} \quad (3.3)$$

$$ICA_{scp} = \text{Peso relativo} * CA_{scp} \quad (3.4)$$

$$ICA = ICA_{scp} - ICA_{ssp} \quad (3.5)$$

Para el análisis de los impactos ambientales se prepara una tabla donde se escriben los resultados y finalmente se realiza la suma algebraica de los mismos; el resultado permite analizar la viabilidad ambiental del Proyecto.

Al igual que la Matriz de Leopold, esta técnica presenta algunas deficiencias:

- No analiza la situación con proyecto más medidas.
- Es atemporal, analiza simultáneamente todos los efectos sin considerar su posible desencadenamiento.
- El procesamiento aritmético de los resultados lleva una evaluación incompleta de la viabilidad del proyecto.

3.2.7.3 Método de criterios relevantes integrados

Para su aplicación en la presente investigación se hará énfasis en el método de los Criterios Relevantes Integrados (Buroz, 1990) por ser uno de los más utilizados actualmente en Venezuela. El método está basado en un análisis multicriterio, partiendo de la idea de que un impacto ambiental se puede estimar a partir de la discusión y análisis de criterios con valoración ambiental, de los cuales se seleccionan dependiendo de la naturaleza del proyecto.

Para identificar los impactos que están operando o interactuando sobre el área previamente seleccionada, es requisito indispensable conocer las diferentes actividades que se generan durante la ejecución del proyecto y las cuales producen efectos sobre el medio físico, biológico y socio-económico.

Se mantiene un orden consecutivo según el medio afectado:

Medio Biológico	MB - 01
Medio Socioeconómico	MSE – 01

En la siguiente tabla 3.5, se observa los efectos sobre el medio físico, biológico y socio-económico.

Tabla 3.5 Ejemplo de matriz para la identificación de impactos (Buroz, 1990).

ACTIVIDAD	SUB- ACTIVIDADES	IMPACTOS		
		MEDIO FÍSICO	MEDIO BIOLOGICO	MEDIO SOCIO- ECONOMICO

- Variables del método.

Este método considera que el valor del impacto ambiental (VIA), generado por una acción es producto de las siguientes variables:

1.- Intensidad (I): Cuantificación de la fuerza, peso o rigor con que se manifiesta el proceso o impacto puesto en marcha. Generalmente es el indicador que muestra el valor del cambio. Para ello es necesario buscar una función que permita valorarlo, la cual se acostumbra llamar función de transformación o función de valor. Esta función permite, por ejemplo, expresar la pérdida de la calidad del agua en términos de la reducción de mg/l de oxígeno disuelto, o de disminución de pH desde 7 a 5.5 y así sucesivamente. Es frecuente el uso de fórmulas y modelos para predecir los cambios.

2.- Extensión (E): Influencia espacial o superficie afectada por la acción antrópica. Es decir, Medida del ámbito espacial o superficie donde ocurre la afectación. Generalmente se expresa en términos de superficie, pero también puede hacerse como porcentaje de la superficie afectada sobre la total del proyecto. En otros casos, por ejemplo en proyectos a desarrollar en corredores o derechos de paso, puede ser más práctico valorarlos en términos de longitud o de porcentaje de la longitud total. Finalmente en otros casos, cuando no sea fácil cuantificarla, el especialista puede establecer diferencias cualitativas de la extensión al calificarla como: regional, general en el proyecto, local o puntual.

3.- Duración (D): Lapso o tiempo que dura la perturbación. Período durante el cual se sienten las repercusiones del proyecto o número de años que dura la acción que genera el impacto. Generalmente se mide en el número de años que dura la acción que genera el impacto. Los intervalos que se usan en este caso normalmente son: desde permanentemente (durante toda la vida del Proyecto), hasta más de 10 años, de 5 a 10 años, de 2 a 5 años y desde menos de 2 hasta instantánea. En algunos casos se incluyen consideraciones espaciales para valorar mejorar el indicador, como el carácter de continuidad o intermitencia del impacto; por ejemplo, si hay un riesgo permanente de que ocurra, pero sólo en un período o fracción de tiempo. En algunos casos especiales puede ser importante valorar el tiempo que tarda en manifestarse un impacto desde el momento en que se inicia la acción generadora, dado que si éste es largo, hay más posibilidades de prevenirlo tomando en cuenta las medidas necesarias. En este caso, frecuentemente se establecen las categorías siguientes; impacto inmediato a la acción generadora o hasta 1 mes después; ocurrencia rápida, cuando demora entre 1 mes y 1 año en manifestarse; media, entre 1 y 2 años; y tardía cuando requiera más de 2 años. Si este criterio se maneja como indicador individual, se identifica como Desarrollo.

4.- Reversibilidad (Rv): La posibilidad o dificultad para retornar a la situación actual. Evidentemente, una vez que cesa la acción generadora del impacto y se produce un nuevo equilibrio, es posible cuantificar criterios o atributos que permitan comparar las condiciones antecedentes del medio con las posteriores a la alteración, pero como la evaluación tiene un carácter predictivo, la comparación normalmente se lleva a cabo a través de la revisión bibliográfica o experiencia del especialista en casos similares que muestren la mayor o menor capacidad de recuperación del ambiente. En algunos casos se emplean criterios de valoración, simples o complejos, que se correlacionan en alguna medida con la reversibilidad, por ejemplo condiciones edáficas, clima, biodiversidad original del medio afectado, etc.

5.- Riesgo (Ri): Probabilidad de que el efecto ocurra. : Para determinar el riesgo es usual utilizar la fórmula siguiente:

$$R = 1 - (1 - 1/tr)^n \quad (3.3)$$

Donde:

R = el riesgo.

n = duración o vida útil del proyecto.

tr = período de retorno del evento.

En algunos casos, si existen datos estadísticos, se emplea esa información. En otros casos puede ser muy difícil o innecesario precisar el riesgo y por tanto, simplemente éste se establece según el criterio del especialista en términos de: cierto, alto, medio, bajo y nulo. Lógicamente que cuando el riesgo que ocurra el impacto es cero, ello significa que no es necesario continuar evaluando el impacto en el sitio bajo análisis.

- Escala de valoración para las variables

Para las variables intensidad, extensión, duración, reversibilidad y riesgo se determinan con base en una escala de 1 a 10 (tabla 3.7). Inicialmente se resolvió escoger una escala del 1 al 10, asignando el mínimo valor (1) cuando el criterio bajo análisis no sufría casi ningún cambio y el máximo (10) cuando se esperaba que éste fuese radical.

Sin embargo, repetidos análisis de sensibilidad mostraron que no era necesario utilizar toda la escala de valores, sino que bastaba emplear sólo algunos de éstos, de modo que se tomó la costumbre de usar sólo las cantidades 2, 5, y 10 para reportar cambios bajos o escasos, medios y altos respectivamente. Más recientemente se ha visto la tendencia a emplear también el valor de 7, adicionalmente a los ya citados.

Tabla 3.6 Escala de clasificación de impactos (Buroz, 1990).

Valor	Intensidad	Extensión	Duración	Reversibilidad	Riesgo
6-10	Alta	Generalizada > 75%	Larga (>5años)	Irreversible (baja capacidad o irrecuperable)	Alto (>50%)
3-5	Media	Local o Extensiva 10% - 75%	Media (2>5 años)	Medianamente reversible de 11 a 20 años, largo plazo	Medio (10 a 50%)
1-2	Baja	Puntual < 10 %	Corta (<2 años)	Reversible (a corto plazo <de 10 años)	Bajo (<10%)

- Ecuación del Valor de Impacto Ambiental (VIA)

Posterior a la asignación de valores para cada una de las variables antes descritas se procede a introducir esos datos en la siguiente fórmula, para asignarle una categoría:

$$VIA = I \times Wi + E \times We + D \times Wd + Rv \times WRv + Ri \times WRi \quad (3.2)$$

- Peso a asignar a cada indicador

Desde la primera evaluación que utilizó el método, se reconoció que no necesariamente todos los indicadores tenían igual importancia. Por ello quedó claro que el valor de impacto no debía resultar de un promedio simple de los valores asignados a cada indicador, sino de una ponderación de los mismos.

En consecuencia, a fin de determinar el peso de cada uno, se utilizó entre los diferentes especialistas participantes en la evaluación la técnica de consenso del Método Delphi, para seleccionar los ponderados o pesos.

Tabla 3.7 Criterios de Evaluación y peso asignado (Buroz, 1990).

Indicador	Peso (%)
Intensidad	30
Extensión	20
Duración	10
Reversibilidad	20
Riesgo	20

Para la ponderación de los pesos asignados a los criterios la metodología recomienda los siguientes:

Para la Intensidad: $WI = 30 \%$,

Para la Extensión: $WE = 20 \%$,

Para la Duración: $WD = 10 \%$,

Para la Reversibilidad: $WRe = 20 \%$

Para el Riesgo: $WRi = 20 \%$

Los impactos ambientales negativos generados en el medio físico, biológico y socio-económico, tomando en cuenta la intensidad, extensión, duración, reversibilidad y riesgos son resumidos en la tabla 3.8 de ejemplo:

Tabla 3.8 Ejemplo de Impactos ambientales negativos en el medio físico (Buroz, 1990).

IMPACTOS	Intensidad Wi = 0,30	Extensión We = 0,20	Duración Wd = 0,10	Reversibilidad Wrv = 0,20	Riesgos Wri = 0,20	Total V.I.A.
MEDIO FÍSICO (MF)						
MF-01- Generación de procesos erosivos (Suelo)	2 (0.6)	2 (0.4)	5 (0.5)	2 (0.4)	5 (1.0)	2.9
MF-02- Alteración de los patrones de drenaje. (Suelo)	2 (0.6)	2 (0.4)	5 (0.5)	2.(0.4)	5 (1.0)	3.4

Una vez que se han aplicado las metodologías pertinentes, para identificar los impactos ambientales, los ordenamos de mayor a menor valor, con el fin de establecer prioridades, en cuanto a las propuestas y ejecución de medidas.

La tabla 3.9, presenta la Jerarquización de los impactos a partir del valor de impacto ambiental (VIA).

Tabla 3.9 Jerarquización de los impactos (Buroz, 1990).

CATEGORÍA	VALOR DE VIA
Muy alta	VIA >8
Alta	6 < VIA ≤ 8
Moderada	4 < VIA ≤ 6
Baja	VIA ≤ 4

En la tabla 3.10, se ejemplifica la jerarquización de los distintos impactos, en atención a una escala que varía entre 1 y 10:

Tabla 3.10 Ejemplo de Jerarquización de Impactos y relevancia (Buroz, 1990).

RELEVANCIA	PUNTAJE	IMPACTOS
SEVEROS	MAYORA 8	0
MODERADOS	6 - 8	MB-05, MB-09, MB-10, MB-12
LEVES	4 - 6	MB-04, MB-11, MF-11, MB-13, MB-07, MB-08, MSE-03, MSE-04, MB-02, MB-03
OMISIBLES	MENORA 4	MF-01, MF-02, MF-03, MF-04, MF-05, MF-06, MF-07, MF-08, MF-09, MF-10, MF-12, MB-14, MB-15, MSE-01, MSE-02, MB-06, MF-13, MF-14, MF-15, MF-16, MF-17, MF-18, MF-19, MF-20, MB-01.

Medidas ambientales de prevención, mitigación o corrección:

Categoría I. Probabilidad de ocurrencia muy alta. $VIA \geq 8$ (muy altos). Máxima atención. Medidas preventivas para evitar su manifestación.

Categoría II. Probabilidad de ocurrencia alta. $6 < VIA < 8$ (altos). Medidas mitigantes o correctivas (preferiblemente estas últimas). Normalmente exigen monitoreo o seguimiento.

Categoría III. Probabilidad de ocurrencia moderada. $4 < VIA < 6$. Medidas preventivas, que pueden sustituirse por mitigantes, correctivas o compensatorias cuando el impacto se produzca, si aquéllas resultaran costosas.

Categoría IV. Probabilidad de ocurrencia baja o media. $VIA \leq 4$. No se aplican medidas, a menos que se trate de áreas críticas o de medidas muy económicas.

Ficha descriptiva del resultado de la evaluación:

1. Fase del proyecto en que se produce el impacto

2. Actividades y acciones que contribuyen a que se produzca.
3. Efectos derivados.
4. Ubicación geográfica del medio o área afectada
5. Breve descripción del Proyecto
6. Evaluación del impacto. Consiste en la emisión de un juicio de valor sobre los criterios utilizados (VIA)

Este método de Criterios Relevantes Integrados es el de mayor aceptación en Venezuela por parte de las Compañías Asesoras ya que posee un esquema de trabajo generalizado así como un procedimiento estandarizado y sencillo a seguir. No se quiere decir en ningún momento que este es el mejor método. Tal como se podrá observar cada método tiene sus ventajas y desventajas. Lo importante es saber visualizar los posibles impactos a todo nivel y seguidamente analizar cada impacto de la forma más objetiva posible, tomando en cuenta los alcances y las desventajas del método escogido y evaluando el impacto que se encuentre con valores dudosos, con ayuda de un comité multidisciplinario (Neuberger-Cywiak, 2005) .

3.3 Bases legales

3.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela

Desde el año 1999 la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (CRBV) elevó a rango constitucional el cuidado y la protección del ambiente, dándole carácter de bien jurídico protegido. Es ahora un deber y derecho de todos proteger al

ambiente, la diversidad biológica, genética, los procesos ecológicos, los parques nacionales, entre otros. Así mismo, es una obligación fundamental del Estado, con nuestra activa participación, garantizar que nos desenvolvamos en un ambiente libre de contaminación, protegiendo el aire, agua, suelos, las costas, el clima, la capa de ozono y las especies vivas.

En este marco, la CRBV establece como obligatorio realizar estudios de impacto ambiental y sociocultural para todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas, a los fines de verificar el cumplimiento de las disposiciones ambientales contenidas en la normativa legal vigente y determinar los parámetros ambientales que deben establecerse para cada proyecto o programa; todo esto para asegurar la sustentabilidad ambiental e impacto socio cultural.

Artículo 129. Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y socio cultural. El Estado impedirá la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos, así como la fabricación y uso de armas nucleares, químicas y biológicas. Una ley especial regulará el uso, manejo, transporte y almacenamiento de las sustancias tóxicas y peligrosas.

En los contratos que la República celebre con personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, o en los permisos que se otorguen, que involucren los recursos naturales, se considerará incluida aun cuando no estuviera expresa, la obligación de conservar el equilibrio ecológico, de permitir el acceso a la tecnología y la transferencia de la misma en condiciones mutuamente convenidas y de restablecer el ambiente a su estado natural si éste resultara alterado, en los términos que fije la ley.

3.3.2 Ley Orgánica del Ambiente.

Esta fue la primera ley creada en Venezuela, en Junio de 1976, con el propósito de proteger al ambiente. Cualquier actividad que pueda causar algún daño al ambiente, está sujeta a control gubernamental, a través del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. En el caso de actividades de energía, minería y producción de hidrocarburos, este control es ejercido también, por el Ministerio de Energía y Minas. La ley establece los principios generales para la conservación, defensa y mejoramiento del medio ambiente para el beneficio de la calidad de vida (OBJETIVO). Para alcanzar este propósito, esta ley contiene una lista de actividades que pueden causar daños al ambiente.

La ley ha sido desarrollada en grandes áreas:

1. Planificación ambiental como instrumento para alcanzar las metas de la ley (establece lineamientos para la administración y manejo de las actividades capaces de dañar el ambiente).

2. Crea Agencias Nacionales de Protección Ambiental.

3. Define violaciones y penalidades (define también daño ambiental permitido). La ley provee para casos de responsabilidad estricta, bajo la cual, la persona que ha cometido un daño a tierras públicas (o privadas) estará obligado a indemnizar al gobierno (o al propietario). La parte responsable puede solamente oponer como defensa la existencia de fuerza mayor o que el daño fue causado por terceras personas. Si son varias las personas que han contribuido al daño, éstas serán responsables en conjunto.

Principios rectores:

La ley sigue varios principios para lograr sus objetivos, algunos de los cuales son:

Desarrollo sustentable como medio de obtener un balance entre el derecho al desarrollo y la preservación del ambiente para generaciones futuras.

Conservación, Protección y mejoramiento del ambiente considerado de interés público.

Principios contenidos en algunos tratados internacionales, como por ejemplo la Declaración de Estocolmo. (Antakly Heredia, 1998).

3.3.3 Ley Penal del Ambiente

Esta ley, creada en Enero de 1992, complementa a la Ley Orgánica del Ambiente y su objetivo principal es determinar que se debe considerar como delitos ambientales; generalmente definidos como acciones que violan las reglas establecidas para la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, y establece penalidades criminales para esos delitos. Bajo esta ley, es posible sancionar crímenes ocasionados por unas conductas de negligencia o imprudencia. Aunque las penalidades estipuladas para estas circunstancias serán reducidas a un tercio o la mitad de las penas normales aplicables a los crímenes cometidos con intención. La ley también crea un sistema de medidas precautelativas para la restitución y reparación, con la finalidad de minimizar el daño ambiental.

Principales delitos:

1. Daño al suelo, vegetación y topografía del paisaje.
2. Descarga ilegal de aguas contaminadas.

3. Descargas de hidrocarburos en ambientes acuáticos.
4. Práctica de actividades prohibidas en áreas protegidas.
5. Disposición o abandono de desechos violando estándares.
6. Extracción ilegal de minerales no-metálicos.
7. Deforestación de cuencas hidrográficas utilizadas para suplir aguas.

Penalidades:

1. Prisión.
2. Arresto.
3. Multas.
4. Trabajos comunitarios.

También establece penalidades accesorias para personas naturales y para personas jurídicas. Una compañía es culpable de un delito ambiental cuando la acción es cometida por decisión de su órgano ejecutivo. Acciones legales en relación a ese tipo de delitos son escuchadas por los tribunales penales.

Prescripción:

a. Cuando los delitos requieren de prisión por un término mayor a tres años, prescribe a la acción después de cinco años.

b. Delitos que conlleven una pena de prisión menor a tres años y arresto mayor que seis meses, la acción prescribe a los tres años.

c. Cuando la penalidad es de arresto menor a seis meses, el tiempo de prescripción es de un año.

d. Las acciones civiles prescriben a los diez años. (Antakly Heredia, 1998)

3.3.4 Decretos y leyes

3.3.4.1 Decreto 638 Normas Sobre la calidad del aire y control de la contaminación atmosférica (26/abril/1995).

Estas reglas establecen como su principal objetivo el control de la calidad del aire; para lograrlo establece estándares de calidad de aire, límites de emisiones y clasifica el aire por zonas.

3.3.4.2 Decreto 1257: Normas sobre evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente (13/marzo/1996).

Este Decreto establece los procedimientos para los casos cuando una evaluación ambiental previa es necesaria, de las actividades industriales o comerciales susceptibles de degradar el ambiente. Determina los métodos técnicos de evaluación, para verificar el daño ambiental permisible de los programas y proyectos de desarrollo. EL cumplimiento de estos procedimientos y métodos le dan al inversionista una mayor seguridad legal, cuando las autorizaciones para las actividades propuestas están sometidas a un criterio técnico estricto, determinado por la aplicación de tecnologías transferidas, estudios de impactos ambientales y estudios ambientales específicos, empleados en procedimientos racionales y expeditos. (Antakly Heredia, 1998).

3.3.4.3 Norma Venezolana Concreto. Agregados. Requisitos. COVENIN 277

A continuación se copia textualmente los aspectos de interés de la norma vinculados a la presente investigación:

1 Objeto

Esta Norma Venezolana contempla los requisitos mínimos que deben cumplir los agregados finos y gruesos utilizados en el concreto. Esta Norma no contempla las características de los agregados livianos (peso unitario suelto inferior a 1.000 kg/m

3 Requisitos

3.1 Agregado fino

El agregado fino debe estar constituido por arena de río, de mina (véase Nota 1) o proveniente de piedras trituradas; de otra fuente o de arena de mar siempre que cumplan con los requisitos que establece la presente Norma Venezolana (véase Nota 2). Caso especial a objeto de estudio, es la arena proveniente de reciclaje de concreto.

Nota 1: las arenas micáceas debido a su constitución, son poco apropiadas para utilizarse en la fabricación de concreto y por lo tanto deben evitarse.

Nota 2: las arenas de mar suelen contener altas proporciones de sales, las cuales deben ser eliminadas para que cumplan los límites establecidos en la presente Norma Venezolana

Granulometría

La granulometría determinada según la Norma Venezolana COVENIN 255 debe estar comprendida entre los límites que se indican en la Tabla 3.11, excepto los casos indicados en el punto 3.1.1.1.

3.1.1.1 Puede ser necesario usar por motivos técnicos, materiales con desgastes distintos que no estén dentro de los límites establecidos en la Tabla 1 (véase Nota 3). En estos casos deben establecerse de acuerdo a las normas establecidas o por acuerdo entre las partes involucradas, manteniéndose estable, con variaciones en el módulo de finura menores de $\pm 0,20$.

Nota 3. Arenas y otros materiales con granulometrías especiales, pueden ser necesarios en casos tales como:

- para combinar adecuadamente con otros agregados
- para concretos con muy alto contenido de cemento
- para concretos pobres y otros

En estos casos se puede permitir el uso de arenas provenientes de la trituración de rocas con contenidos de 13% a 15% de finos, pasante por el cedazo COVENIN #200 (75 μm).

Tabla 3.11 Límites en la granulometría

Cedazos COVENIN (*)	Porcentaje que pasa		
9,51 mm; (3/8")	100		
4,76 mm; (#4)	85	-	100
2,38 mm; (#8)	60	-	95
1,19 mm; (#16)	40	-	80
595 μm ; (#30)	20	-	60
297 μm ; (#50)	8	-	30
149 μm ; (#100)	2	-	10
75 μm ; (#200)	0	-	5

3.4 Definición de términos básicos

a. Aguas Someras: se les denominan aguas someras a sectores de un río o lago donde las aguas son poco profundas (Chow, Maidment y Mays, 1994).

b. Afluente: es aquel río que desemboca en otro río y que tiene menos caudal y menos cuenca de recepción que el río principal (Chow, Maidment y Mays, 1994).

c. Batimetría: la batimetría representa la morfología o relieve del fondo marino, es el equivalente submarino de la altimetría. Consiste en determinar la profundidad midiendo el tiempo que le toma a una onda acústica, enviada desde el barco, viajar a través del agua hacia el fondo marino y luego volver al barco (Training Institute for Dredging, 2019).

d. Cabrestante: es un dispositivo mecánico, impulsado por un motor eléctrico, destinado a levantar y desplazar grandes cargas (Landaeta, 2010).

e. Calado: el calado es la altura de la parte sumergida del casco (PIANC, 2015).

f. Cantara: es el lugar de almacenamiento del material removido antes de ser vertido (Landaeta, 2010).

g. Cuchara: herramienta utilizada para remover el material del suelo (Training Institute for Dredging, 2019).

h. Deforestación: la deforestación es la destrucción a gran escala de los bosques por la acción humana (Landaeta, 2010).

- i. Emisión: liberación de sustancias, preparaciones, organismos o microorganismos al medio ambiente como resultado de la actividad humana. (OEA, 1999).
- j. Eslora: longitud total de una embarcación desde proa hasta popa (PIANC, 2015).
- k. Granulometría: es la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca (Bowles, 1981).
- l. Pontón: barco chato para pasar los ríos, construir puentes y limpiar el fondo de los puertos con el auxilio de algunas máquinas (Training Institute for Dredging, 2019).
- m. Popa: parte trasera de una embarcación (PIANC, 2015)..
- n. Proa: parte delantera de una embarcación (PIANC, 2015).
- o. Tolva: accesorio de draga en forma de embudo destinado al depósito de materiales granulares o pulverizados, removidos del lecho del río (Training Institute for Dredging, 2019).
- p. Vertido: proceso en el cual sale el material de la embarcación al lugar de depósito (Landaeta, 2010).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Según Danhke, G., (1986) afirma que:

“Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así y valga la redundancia describir lo que se investiga”.

Este tipo de investigación es descriptiva porque buscamos determinar los impactos ambientales que se generarían durante el proceso de extracción y almacenamiento de arena del lecho del río Orinoco en el sector San Félix.

4.2 Diseño de investigación

En el caso de la investigación tratada en este documento se debe acotar que la misma ha sido tratada bajo estrategia o diseño de campo y de investigación documental.

4.2.1 Investigación de campo

Según los autores Palella y Martins (2010), define que la Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta. (p.88). Se afirma que esta

investigación es de campo ya que se efectuó reconocimiento geológico y geomorfológico directamente de la zona de estudio

4.2.2 Investigación documental

Según el autor Arias, F. (2012), define: la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos. (p.27)

La presente investigación es documental porque información como datos climatológicos que fueron obtenidos directamente del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) y la ubicación geográfica por medio de cartas de navegación provenientes del Instituto Nacional de Canalizaciones (INC) y cartas geográficas emitidas por el Instituto Geográfico Nacional “Simón Bolívar” (IGNSB).

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

La población según Balestrini (1997), se define como "cualquier conjunto de elementos de la que se quiere conocer o investigar alguna de sus características". (P 126)

En el presente caso se considerará como población de la investigación toda la superficie de las riberas, el lecho y cuerpo de agua del sector San Félix del río Orinoco.

4.3.2 Muestra de la investigación

La muestra según Balestrini (1997), se define como: "una parte o subconjunto de la población" (p.130); ésta podrá representar o no en buena forma a la población y su tamaño dependerá del tipo de estudio que se desee realizar y de acuerdo a la profundidad del mismo.

4.3.2.1 Tamaño de la muestra

Se considera que la población a partir de la cual se deberá tomar las muestras, está constituida por los materiales del lecho del sector en estudio. En el caso específico que se trata en esta investigación, obtener una muestra que sea representativa de la población es un proceso un tanto complicado.

En ese sentido, se considera que se trata de una población de muy grandes dimensiones que podría ser considerada como casi infinita por cuanto la zona de estudio tiene un área aproximada de 400.000 m². Ahora bien, si se toma en cuenta que en un metro cuadrado del lecho se podrían extraer un total de cien (100) muestras superficiales, con una dimensión cúbica cada muestra de 10 cm x 10 cm x 10 cm aproximadamente. En vista de que la Gravedad específica para las arenas del río Orinoco (Marcucci, 1974; Corona, 1983; Echeverría, 1991) está alrededor de 2.64, implicaría que una muestra extraída pesaría aproximadamente 2.64 kg-f y que en un metro cuadrado del lecho, las cien (100) muestras que se podrían extraer pesarían alrededor de 264 kg-f.

Este elemental análisis parece indicar que considerando tomar sólo muestras de la capa superficial del lecho, conocida sedimentológicamente como coraza, en toda la extensión del área de estudio sería posible extraer de toda la población, un total

aproximado de 40.000.000 de muestras para un peso total de 105.600.000 kgr-f de materiales del lecho del río Orinoco en el área de estudio.

Tal como se puede observar esta cantidad de muestras y su peso, hace inviable pretender analizar toda la población, por lo que la población se considerará infinita y aun cuando se pretenda definir un tamaño de muestra que sea estadísticamente representativa de la población, utilizando la formulación para dimensionar una muestra para una población infinita, observamos que también lo hace inmanejable física y financieramente para los propósitos y condiciones de esta investigación, tal como se observa a continuación:

$$n = (Z^2 p q) / e^2 \quad (4.1)$$

Donde:

N: Población: infinita

Nivel de confianza: 95% lo cual implica $Z = 1.96$

p: probabilidad de ocurrencia = 0.50

q = probabilidad no ocurrencia = 0.50

e: error = 5%

n: tamaño de la muestra = 384 muestras

En función a lo anterior, esta investigación se efectuará con una muestra no representativa o una muestra a criterio. Con base en esa apreciación, para el tamaño de la muestra se deberán tomar en consideración los siguientes aspectos:

1. Debido a que las muestras serán tomadas con un muestreador izado a mano con cuerdas, la selección de los sitios de muestreo deberán limitarse a profundidades menores de 15.00 m.

2. Las muestras serán tomadas en un patrón simétrico uniforme distribuido en toda el área de estudio.

3. Debido a la inoperatividad que presentan los laboratorios de Mecánica de suelos y de Sedimentología de la Escuela de Ciencias de la Tierra para el momento de realizar esta investigación, se solicitará el apoyo de otros laboratorios privados (Ingeotest de Venezuela) a fin faciliten sus espacios y equipos para realizar los ensayos.

4. La no disponibilidad de capacidad de transporte adecuado para la movilización de las muestras desde el área de estudio hasta el laboratorio también limita la cantidad de carga a transportar.

Dadas las condiciones limitantes expuestas y conocido el tamaño que debería tener una muestra estadísticamente representativa, se decidió extraer una cantidad de muestras limitado a catorce (14).

4.3.2.2 Ubicación de los puntos de muestreo

La posición de los puntos de muestreo se ha previsto según un patrón uniforme de geometría regular constituido por tres (3) ejes longitudinales y nueve (9) ejes paralelos entre sí, trazados transversalmente al área de estudio y ortogonales al eje longitudinal de los bordes norte y equidistantes a 250 m entre sí. Asimismo los tres (3) ejes longitudinales estarán alineados a lo largo del centro y de los bordes norte y sur del área de estudio, todos estos ejes longitudinales tendrán una dirección aproximada noreste a suroeste (figura 4.1).

4.5.1.2 Observación directa

Por otra parte, también se utilizará la observación directa, la cual según Arias, F. (2006), es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad.

4.5.1.3 Consultas electrónicas a la web

Las consultas en la web es aquella técnica de recopilación en la que la información es tomada de páginas de internet, tales como la página del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH).

4.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizaron en esta investigación son:

1. GPS,
2. Cámara fotográfica digital,
3. Estación total,
4. Equipo de computación,
5. Internet,
6. Cartas de navegación,
7. Planos batimétricos
8. Imágenes satelitales de la zona.

4.6 Flujograma de la investigación

A continuación se presenta una relación esquematizada de las actividades vinculadas a los objetivos específicos de la investigación:

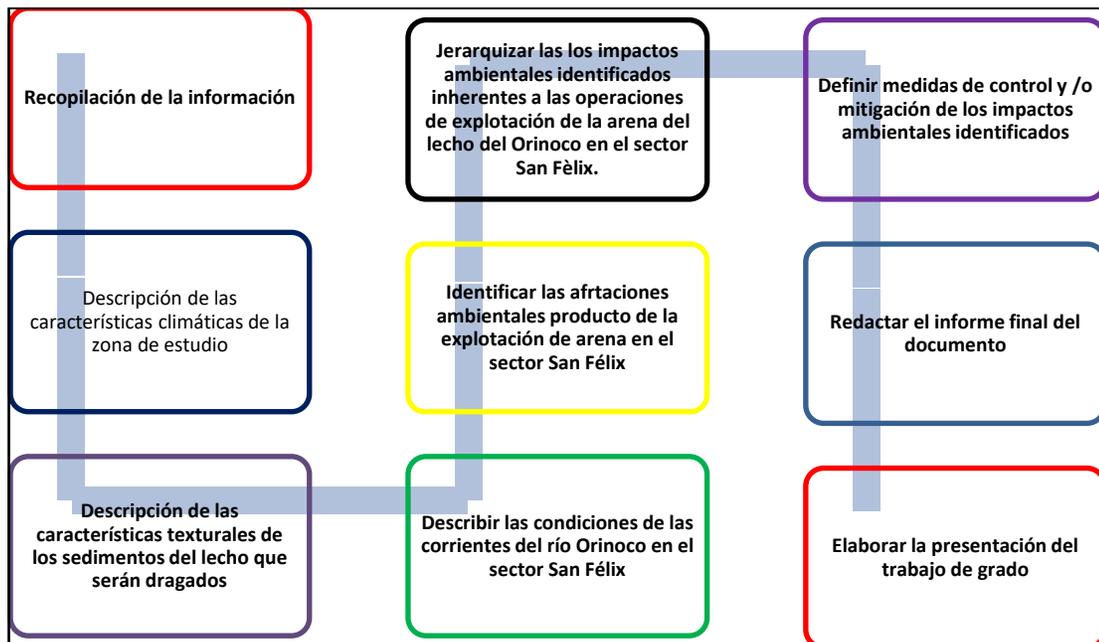


Figura 4.2 Flujograma de la investigación.

Se ha considerado prudente a continuación esquematizar la relación de actividades que integran el proceso de explotación de arena tal y como se prevé que sea aplicado en el área de estudio. Aun cuando se reconoce que este proceso no forma parte integrante de las actividades que deben desarrollarse durante esta investigación, se asume que es vinculante al presente estudio toda vez que de dicho proceso se derivan actividades que podrían impactar negativamente el ambiente.

Tal como se puede observar en la figura 4.3 en el proceso intervienen seis (6) entes o protagonistas principales y se ejecutan un total de treinta y dos (32) actividades o subprocesos relevantes

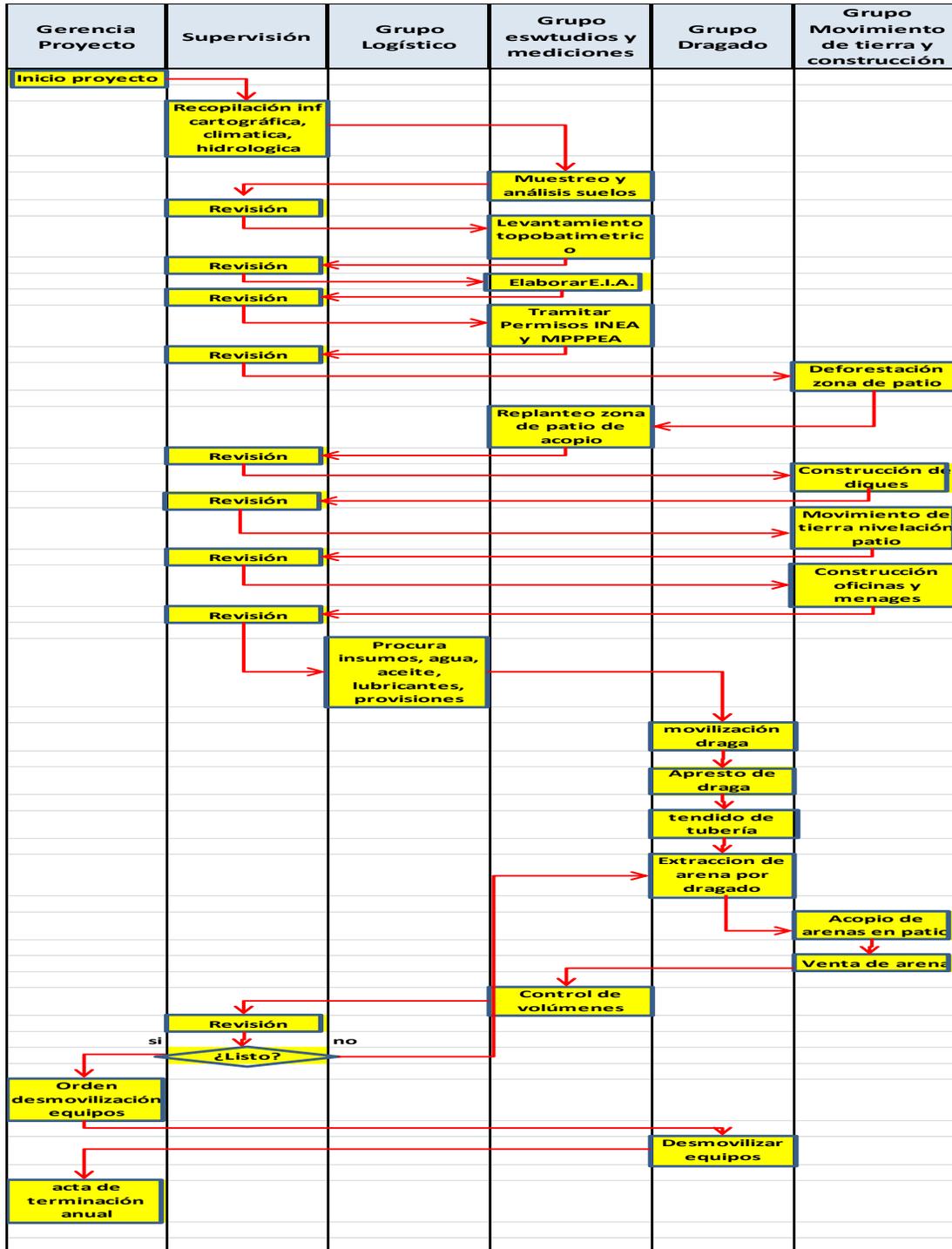


Figura 4.3 Esquematización del proceso de explotación de arena que se aplicará en el sector San Félix del río Orinoco.

4.7 Procedimiento para el logro de los objetivos

A continuación se relacionan las actividades vinculadas a los objetivos específicos formulados que deben ser realizadas para su cumplimiento:

4.7.1 Descripción de las características relevantes del medio ambiente potencialmente afectadas por un proceso de extracción de arena en el área de estudio

4.7.1.1 Obtención de la información climatológica relevante

Desde el punto de vista climático se recabará la información climatológica histórica de al menos los últimos 30 años anteriores a la fecha de esta investigación que haya sido registrada y/o almacenada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). Esta información es ubicable a través de la página web de la mencionada institución: www.inameh.gob.ve

4.7.1.2 Obtención de la información hidrológica del área de estudio

En cuanto a los aspectos hidrológicos se refiere, se recopilará la información hidrológica del río Orinoco que haya sido medida y registrada por la CVG Gerencia del Canal de Navegación del Orinoco (antes Instituto Nacional de Canalizaciones, Gerencia Canal del Orinoco). Entre la información hidrológica relevante para la caracterización del medio físico natural se pueden mencionar:

a. Los niveles promedio mensuales de la superficie de agua del río según el limnógrafo de Palúa correspondiente al período 1943 – 2020.

b. La velocidad y caudal de las corrientes del flujo de agua medidos durante las campañas de aforo en la sección de aforo en el sector donde se encuentra la zona de estudio correspondientes al período 1992 – 2006

4.7.1.3 Obtención de la información textural de los suelos

La obtención de esta información se realiza en dos (2) fases: muestreo en campo y análisis textural de las muestras en laboratorio.

- Muestreo: se tomarán catorce (14) ejemplares en la zona de estudio, tomados con un muestreador manufacturado de forma prismática y sección transversal cuadrada de cuatro (4) pulgadas de lado y catorce (14) pulgadas de longitud, con un extremo del prisma sellado y en el otro extremo abierto se dispone un asa metálica para ser retenido por la cuerda de sujeción.

Previamente en la ribera sur del río, en el tramo paralelo a la zona de estudio, se hincan nueve (9) estacas o banderines alineados paralelos a la ribera y separados 250 m entre sí los cuales servirán al operador del motor fuera de borda de la embarcación (tipo falca) para alinearse en las secciones trasversales de muestreo.

Se procede a posicionar relativamente la embarcación en cada sección transversal de muestreo guiándose con las marcas en tierra y ortogonalmente con el eje del muelle de San Félix. Luego, con un equipo GPS se toman las coordenadas UTM de la posición donde se muestreará. Se procurará que las muestras sean tomadas de acuerdo al patrón simétrico uniforme mostrado en la figura 4.1.

Posteriormente, el muestreador es lanzado al agua asido a una cuerda graduada (para medir la profundidad), una vez llega al fondo el muestreador, se arrastra unos

cinco (5) metros con el bote y se procede a su izado utilizando la misma cuerda para recobrar el equipo de muestreo. Se procede a transferir la muestra a una bolsa plástica la cual será sellada e identificada, se registra en la libreta de campo: Identificación de la muestra, coordenadas Norte y Este, profundidad de muestreo, identificación de la sección de muestreo y la fecha y hora del muestreo. Una vez tomadas todas las muestras, se trasladan al laboratorio de la empresa Ingeotest de Venezuela.

- Análisis de las muestras: se procede a realizar el análisis granulométrico de cada ejemplar de acuerdo a la normas ASTM D421 y ASTM D422. Luego se construye la gráfica de la curva de distribución granulométrica.

Se realizarán los ensayos de determinación de los límites de Atterberg según la norma ASTM D423 y ASTM D424 siempre y cuando el porcentaje de pasante del tamiz 200 supere el 5% de la cantidad de muestra ensayada en el análisis granulométrico. Se procede a la clasificación de las muestras de acuerdo a lo establecido en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

Se realizará un ensayo de carácter sedimentológico para la determinación de forma de las partículas utilizando un microscopio óptico de acuerdo a la clasificación de Udden Wentworth (1922).

4.7.1.4 Obtención de la información batimétrica y topográfica del área de estudio

Para la obtención de la información batimétrica de la zona de extracción de las arenas en el río Orinoco, se realiza mediante un levantamiento batimétrico o sondeo.

- Medición de profundidades y coordenadas: utilizando como plataforma una embarcación tipo falca, para la medición de profundidades una ecosonda Raytheon modelo 719B, para el posicionamiento planimétrico se utiliza dos (2) equipos GPS Garmin (una estación móvil en la embarcación y una fija en una estación de coordenadas conocidas en el muelle de San Félix). Las lecturas de profundidad medidas por la ecosonda Raytheon y las de coordenadas UTM arrojadas por el equipo GPS móvil serán registradas por la computadora e integradas con el programa Hydro. Las mediciones de puntos se realizará con una separación cada 50 m de acuerdo a un patrón de líneas de sondeo transversales a la zona de estudio. El programa Hydro ordenará quinteto de valores (coordenada ESTE, coordenada NORTE, profundidad, hora y fecha de la medición) en un archivo ASCII para su posterior post-procesamiento.

- Corrección de profundidades medidas: las profundidades serán corregidas al Datum NAB (sumadas) a la altura del nivel del río registrada en el limnógrafo de Palúa interpoladas entre las lecturas de inicio y final del nivel del río según la hora de medición del punto.

- Corrección del registro de coordenadas: las coordenadas UTM medidas y almacenadas por el GPS fijo durante el tiempo de ejecución del levantamiento serán introducidas en el programa Hydro, el cual determinará las correcciones de coordenadas mediante diferencias entre las coordenadas medidas por el GPS fijo y Las coordenadas UTM del Punto conocido del muelle de San Félix de acuerdo a las horas específicas de las mediciones de profundidades y coordenadas medidas desde la embarcación. Finalmente, se aplicará cada corrección de las coordenadas calculadas a cada una de las coordenadas UTM específicas medidas.

- Construcción del plano batimétrico: Finalmente, mediante el programa AUTOCAD Civil ·3D se realiza la construcción del plano batimétrico respectivo.
- Construcción del plano topográfico de la zona de acopio: se realiza un levantamiento taquimétrico de radiación con un teodolito marca Leica y una mira estadimétrica determinando posiciones planimétricas y alturas de los puntos relevantes del terreno. Posteriormente, con el programa AUTOCAD Civil 3D se procede a la construcción del plano topográfico respectivo.

4.7.2 Identificación de los elementos del sistema de extracción y acopio de arena del lecho del río Orinoco que se efectuará en el sector San Félix

Debido a que se considera que los elementos que integran el sistema de extracción y acopio de arena del lecho del río Orinoco son los que intervienen en los procesos y actividades que potencialmente podrían generar impactos ambientales, se procederá a identificar a dichos elementos físicos que participan en cada fase del proceso. Para ello se identificarán mediante una matriz los elementos físicos de cada sistema y la actividad que realiza, tanto para los procesos de extracción como para los procesos que se llevan a cabo para el acopio de materiales.

4.7.3 Identificación de los factores que generan impactos ambientales en el proceso de extracción de arena del lecho del río Orinoco

En este sentido, y con base a los elementos y actividades identificados en el punto anterior, se procede a seleccionar todos aquellos elementos y actividades que pudiesen de alguna manera afectar al ambiente, bien sea al medio físico (los suelos, al cuerpo de agua y al aire), al medio biótico (flora y fauna), o al medio socioeconómico (afectación del hombre y a la sociedad).

4.7.4 Evaluación ambiental a través de la jerarquización de los impactos que se han identificado generados por el proceso de extracción de arena en el área de estudio

Para ello se utilizará el método de los criterios relevantes de Buroz expuesto en el capítulo III (numeral 3.12.11.2) el cual estará basado en asignar a cada factor identificado un valor de acuerdo al nivel del impacto tal y como se describen a continuación:

1. Asignar un nivel (1 al 10) a cada parámetro de evaluación de acuerdo a la escala de valoración presentada en la tabla 3.6
2. Asignar un peso o importancia a cada parámetro de evaluación (WI, WE, WD, WR_v, WR_i).
3. Efectuar el cálculo del Valor del Impacto Ambiental (V.I.A) para cada impacto identificado previamente mediante la sumatoria de los productos del nivel asignado a cada parámetro multiplicado por los Pesos según la ecuación 3.1:

$$VIA = I \times Wi + E \times We + D \times Wd + Rv \times WRv + Ri \times WRi$$

4. Se categorizan los impactos por su jerarquización de acuerdo al V.I.A obtenido de acuerdo a la tabla 3.9.

4.7.5 Formulación de las medidas de mitigación o control de los impactos ambientales generados de acuerdo a su relevancia

De acuerdo a la categorización jerárquica, de mayor a menor (I, II, III o IV) de los impactos ambientales según el valor del impacto ambiental (V.I.A.) se decidirán

el tipo de medidas a que haya lugar. En ese sentido de acuerdo a la categoría del impacto se tendrá:

Para Categoría I: se aplicarán medidas preventivas para evitar su manifestación.

Para Categoría II: se aplicarán medidas mitigantes o correctivas (preferiblemente estas últimas). Normalmente exigen monitoreo o seguimiento.

Para Categoría III: se aplicarán medidas preventivas, que pueden sustituirse por mitigantes, correctivas o compensatorias cuando el impacto se produzca, si aquéllas resultaran costosas.

Para Categoría IV: No se aplican medidas, a menos que se trate de áreas críticas o de medidas muy económicas.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Después de haber realizado todas las actividades correspondientes a cada uno de los procesos englobados en la metodología de este proyecto, los cuales son necesarios para cumplir con los objetivos del mismo, se procedió a analizar e interpretar los resultados obtenidos.

5.1 Descripción de las características relevantes del medio ambiente vinculadas al proceso de extracción de arena en el área de estudio

5.1.1 Descripción de los parámetros climáticos relevantes del área de estudio

Con base a los registros del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) y CORPOELEC de precipitación, evaporación, temperatura, insolación, humedad relativa y viento captadas en las estaciones climatológicas más cercanas al área de estudio (estación Macagua de CORPOELEC y la estación Puerto Ordaz del INAMEH), se utilizaron sus registros para establecer las características del clima considerando los promedios mensuales y anuales de los parámetros mencionados.

Sin embargo, es necesario acotar que actualmente no se mantienen actualizados los registros almacenados en digital y reportados por el INAMEH y en algunos casos presentan registros de atraso de hasta 10 años. En la tabla 5.1, se muestra la clasificación y ubicación de las estaciones antes citadas.

Tabla 5.1 Clasificación y ubicación de las estaciones climatológicas utilizadas (INAMEH, 2017).

Estación	Tipo	Serial	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Administrador
Macagua	C1	8106	08°17'29''	62°39'21''	79	CORPOELEC
Puerto Ordaz R-A	C2	3813	08°19'00''	62°43'00''	51	INAMEH

El área del proyecto se enmarca en la zona de vida Bosque seco Tropical (Bs-T), según la clasificación climática de Holdridge.

En el área de estudio se recibe una pluviosidad promedio alrededor de los 1088 mm anuales, la temperatura media anual oscila alrededor de los 27°C y su evaporación promedio supera los 2200 mm por año. De acuerdo con esto, el área se clasifica como de clima cálido tropical de sabana isotérmico (Awgi), caracterizado por presentar un período de lluvia y otro de sequía, bien definidos, con una oscilación térmica promedio inferior a los 5 °C.

5.1.1.1 Precipitación

El valor promedio anual de precipitación para la zona del proyecto es de 1000 mm, el cual fue estimado a partir de los promedios anuales de las estaciones localizadas alrededor del área de estudio. En la tabla 5.2, se muestran los promedios mensuales y el total anual de precipitación para el período 1950-2016; con base a ellos se elaboró la figura 5.1.

El régimen pluviométrico es de tipo unimodal, es decir, se registra un solo tope de lluvia durante el año. Este ocurre en los meses del verano astronómico (junio, julio y agosto), lo cual corresponde con la época de mayor actividad de la convergencia intertropical, responsable directa de la distribución temporal de las lluvias en el territorio venezolano.

En estos tres (3) meses se recoge más del 54% del volumen total de precipitación anual. El valor más bajo de precipitación se registra en los tres primeros meses del año (enero, febrero y marzo).

Tabla 5.2. Precipitación media mensual y anual (mm). Período 1950-2016 (INAMEH, 2017).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz R-A	36,3	27,3	21,5	28,7	89,9	179,3	162,6	133,9	83,7	81,6	83,2	69,3	997,4

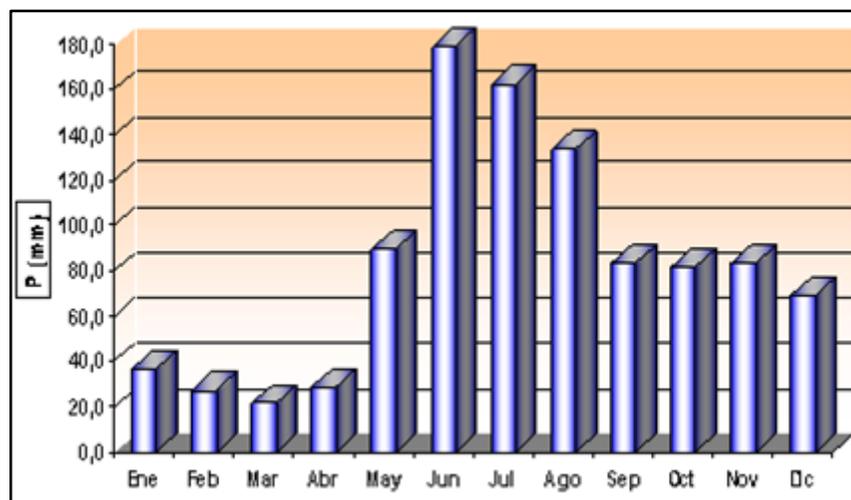


Figura 5.1 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2017).

5.1.1.2 Evaporación

La evaporación promedio anual en la zona es bastante elevada, esto es alrededor de 2140 mm/ año. Esta variable climática no tiene una oscilación anual de alto rango, sin embargo es posible diferenciar en su comportamiento temporal, dos épocas donde ocurren los valores más altos, lo cual casi coincide con las épocas de equinoccio de primavera y otoño.

En estos meses (marzo y octubre) ocurren altas temperaturas, mayor cantidad de horas de brillo solar, baja humedad relativa, así como, un aumento de la velocidad del viento. Por otra parte, la evaporación registra sus valores más bajo durante los meses de julio y diciembre, es decir en las épocas de mayor pluviosidad y menor temperatura respectivamente.

En la tabla 5.3, se indican los promedios mensuales, así como el valor total medio anual de la estación Puerto Ordaz R-A y la figura 5.2 muestra el comportamiento anual de dicha variable.

Tabla 5.3. Evaporación media, mensual y anual (mm). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz R-A	173	182	225	219	197	149	157	158	177	183	173	149	2139

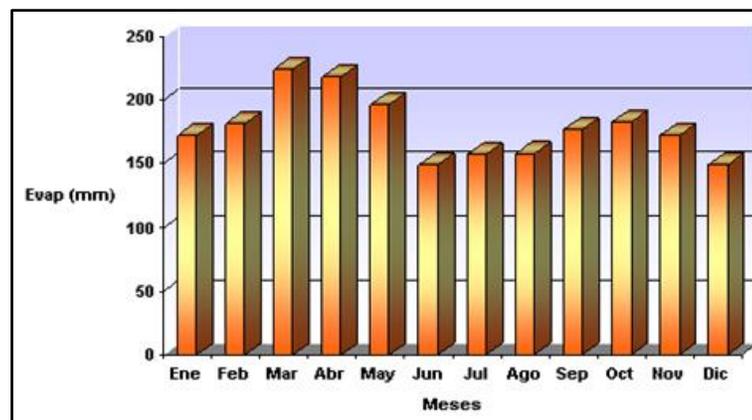


Figura 5.2 Variación anual de la evaporación (mm). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2017).

5.1.1.3 Temperatura

En la zona, la temperatura promedio anual está entre 26,4 °C y 27,4° C. Por encontrarse en la zona tropical, se cumple la condición de isoterminia, es decir, la diferencia de los valores de temperatura entre el mes más cálido y el más frío no supera los 5 °C. En la tabla 5.4, se indican los valores medios de temperatura para la estación Puerto Ordaz R-A. Con base a dichos valores se construyó la figura 5.3 que muestran el comportamiento anual en la estación mencionada.

Tabla 5.4 Temperatura máxima, media y mínima (°C). Período 1950-2016. (INAMEH, 2017).

Estación	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz	Máxima Media	31,1	32,0	32,9	33,4	33,1	31,4	31,4	32,1	33,0	33,1	32,7	31,2	32,3
	Media	25,5	25,8	26,8	27,4	27,4	26,4	25,9	26,3	26,7	26,8	26,4	25,3	26,4
	Mínima Media	21,3	21,0	22,0	22,7	23,1	23,0	22,0	21,8	21,6	21,7	21,7	21,0	22,0

La distribución anual de la temperatura, al igual que la evaporación es de tipo bimodal. Se observa que las mayores temperaturas ocurren en la primavera astronómica, marzo – abril, con un máximo secundario en septiembre – octubre (otoño astronómico). Las temperaturas más bajas se registran en el lapso diciembre – febrero (invierno astronómico) y en el mes de junio, coincidiendo con la época de máxima pluviosidad. Por otra parte, la amplitud térmica anual promedio es de 2,2 °C, lo que ratifica la condición de isoterminia del clima del área.

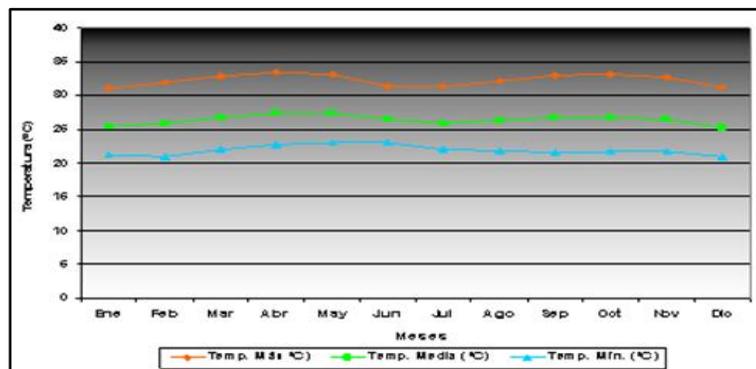


Figura 5.3 Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima (°C) en la Estación Puerto Ordaz R-A (INAMEH, 2017).

5.1.1.4 Insolación

La variación temporal de la insolación depende del movimiento anual aparente del sol, de la nubosidad, las precipitaciones y el estado de transparencia de la atmósfera.

Con base en las estaciones cercanas a la zona se estima que el área del proyecto recibe una insolación media anual alrededor de 7,1 horas de sol.

Los valores más altos ocurren en los meses de enero a marzo y un segundo pico menos importante ocurre en los meses de septiembre y octubre. Los menores valores de brillo solar ocurren durante los meses junio y diciembre, lo que demuestra la alta nubosidad presente en la zona en dichos meses, por la temporada de lluviosa. (Tabla 5.5 y Figura 5.4).

Tabla 5.5. Insolación media mensual y anual (horas de sol). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz R-A	7,3	7,5	7,6	7,0	7,0	6,1	6,8	7,1	7,8	7,8	7,8	6,9	7,2



Figura 5.4 Variación anual de la insolación (horas). Estación Puerto Ordaz (INAMEH,2017).

5.1.1.5 Humedad Relativa

La humedad relativa media anual está por el orden del 75 %, según los datos de la estación Puerto Ordaz R-A.

En la tabla 5.6, se presentan los valores medios mensuales y anuales de humedad relativa para dicha estación y en la figura 5.5 se muestra su distribución en el año.

De acuerdo a ello, se observa que la humedad relativa media mensual alcanza su mayor valor (82%), en el mes de máxima precipitación (julio-agosto), y el mínimo durante los meses de marzo y abril (66%).

Tabla 5.6. Humedad relativa media mensual y anual (%). Período 1950-2011. (INAMEH, 2017).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz R-A	75	71	67	66	72	80	81	82	77	76	78	78	75

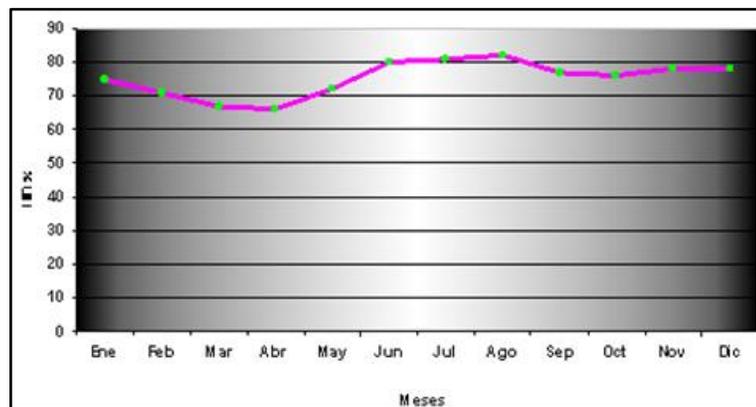


Figura 5.5 Variación anual de la humedad relativa (%). Estación Puerto Ordaz. (INAMEH, 2017).

5.1.2 Descripción de las condiciones texturales de los sedimentos del lecho del área de estudio

Se realizó una extracción de catorce (14) muestras de materiales del lecho el día 14/05/2021 de acuerdo al patrón de muestreo uniforme presentado anteriormente en el Capítulo IV

Para la ejecución del muestreo se utilizó un muestreador manufacturado (según se describió en el numeral 4.7.2.3), prestado por la CVG - Gerencia del Canal de Navegación del Orinoco (CVG-GCNO).

El recorrido a través de los sitios de muestreo en la zona de estudio, se efectuó en una embarcación tipo falca que fue contratada en el puerto de San Félix, específicamente en el embarcadero a la chalana.

Para el posicionamiento planimétrico de la embarcación en los sitios de muestreo escogidos se utilizó un equipo GPS marca Garmin, modelo eTrex.

Para facilitar las maniobras del operador del motor fuera de borda, se siguió, un recorrido o patrón de navegación de trayectorias sub-paralelas a la ribera derecha descendente del río, alineados con el muelle de San Félix y con nueve (9) marcas o estacas hincadas en tierra adyacentes a la línea de la costa, manteniendo una alineación (colineal) paralela a la ribera con una separación cada 250 m (según se describió en el numeral 4.7.2 del Capítulo IV).

En la tabla 5.7 se presentan las coordenadas UTM de ubicación de los puntos de muestreo de suelos en el área de estudio.

Tabla 5.7 Coordenadas UTM (REGVEN, huso 20, elipsoide GRS-80) de ubicación de los puntos de muestreo de suelos (Hernández, 2021).

Punto de muestreo	Coord. Este	Coord Norte
SF1	537752	926377
SF2	537715	926415
SF3	537936	926534
SF4	538163	926601
SF5	538103	926713
SF6	538343	926796
SF7	538625	926865
SF8	538484	927001
SF9	538757	927068
SF10	538992	927078
SF11	538848	927285
SF12	539136	927316
SF13	539373	927290
SF14	539188	927541

Las muestras extraídas fueron transportadas al día siguiente hasta las instalaciones de la empresa A.C. Ingeotest de Venezuela, quienes amablemente facilitaron sus instalaciones y equipos para el análisis de las muestras. Allí se les realizaron ensayos de análisis granulométrico de acuerdo a la norma ASTM D421 y un ensayo para la determinación de la forma de las partículas (Apéndices A.1 hasta A.14).

En las figuras 5.6 y 5.7 se muestran imágenes del proceso de pesaje de los tamices durante el ensayo granulométrico y del análisis morfosκόpico de las partículas respectivamente.



Figura 5.6 Pesaje de tamices durante el análisis granulométrico.



Figura 5.7 Ejecución de análisis de forma de las partículas.

Cabe destacar que la totalidad de las muestras extraídas del lecho, en la zona de futura explotación de las arenas del lecho durante esta investigación, resultaron ser arenas medias a gruesas mal gradadas (SP) con pocos finos de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, en vista de ello no fue necesario realizar ensayos para la determinación de Límites de Atterberg. Asimismo, el análisis morfoscópico indicó que se trata de materiales con una forma de partículas predominantemente sub-redondeadas a sub-angulosas tal como se muestra en el apéndice B.1.

Con la finalidad de validar la caracterización textural de las muestras tomadas durante la presente investigación se decidió realizar una revisión de los resultados de los análisis granulométricos realizados durante otras investigaciones previas en el Sector San Félix por Noya (2009), encontrándose que aunque los muestreos efectuados durante ese año corresponden a ubicaciones del canal de navegación (fuera de la zona de estudio de explotación de arenas establecido en esta investigación), los resultados corresponden también a arenas mal gradadas (SP). De igual manera, la revisión de los análisis morfoscópicos realizados a esas muestras indicaron formas de partículas sub-angulosas lo cual guarda correspondencia en cierto grado con las muestras actuales de esta investigación.

Vistos los resultados de los análisis efectuados en esta investigación y al contrastarlos con los requerimientos para agregados para concretos y morteros establecidos en la Norma Venezolana COVENIN 277 presentada en las bases legales del Capítulo III de este documento, se observa que las arenas cumplen las condiciones establecidas en la mencionada regulación.

5.1.3 Descripción de las condiciones hidráulicas del área de estudio

Para la caracterización hidráulica del sector San Félix se revisaron y analizaron los parámetros principales que describen el cuerpo de agua como son: la velocidad de la corriente, los caudales y los niveles del río medidos y reportados por la CVG Gerencia del Canal de Navegación del Orinoco (antes Instituto Nacional de Canalizaciones -INC) en los registros históricos de las campañas de mediciones realizadas en la sección de transversal de aforo ubicada en la progresiva milla 179.0 en el sector San Félix del río Orinoco.

En la tabla 5.8 se presenta los resultados de las campañas de aforos para la determinación de los tres (3) parámetros antes indicados (caudales, niveles y velocidades).

Tabla 5.8 Valores de velocidad de la corriente, caudales y niveles del sector San Félix (INC, 2020).

Fecha de medición	Fuente de Información	Sección de aforo	Progresiva de Ubicación	Gasto Sólido (Ton-día)	Gasto líquido (m ³ /s)	Velocidad Media del flujo(m/s)	Nivel Palúa (m)
20/03/02	INC 1-2002	San Félix	179.0		9427.72	0.36	1.37
14/06/00	INC 4-2000	San Félix	179.0		50325.91	1.22	8.18
06/09/00	INC 3-2000	San Félix	179.0	352909.81	61576.95	1.39	9.58
13/12/00	INC 2-2000	San Félix	179.0	124457.49	24907.44	0.74	4.5
23/03/00	INC 1-2000	San Félix	179.0	39482.05	13056.23	0.47	1.35
08/12/99	INC 4-1999	San Félix	179.0	247715.45	25829.52	0.78	4.37
30/04/99	INC 1-1999	San Félix	178.9	300763.92	28455.56	0.83	4.93
14/12/98	INC 4-1998	San Félix	179.0	133086.59	27506.32	0.81	4.1
29/03/98	INC 1-1998	San Félix	179.0	9521.52	8079.38	0.29	1.43
01/06/97	INC 2-1997	San Félix	179.0	471072.15	38234.39	0.93	5.45

Con los datos del INC (2020) anteriores (tabla 5.8) se ha construido una correlación de los parámetros caudal, velocidad del flujo y niveles del río lo cual

podría utilizarse para pronosticar cualquiera de los parámetros citados conociendo sólo dos (2) de ellos (figura 5.8).

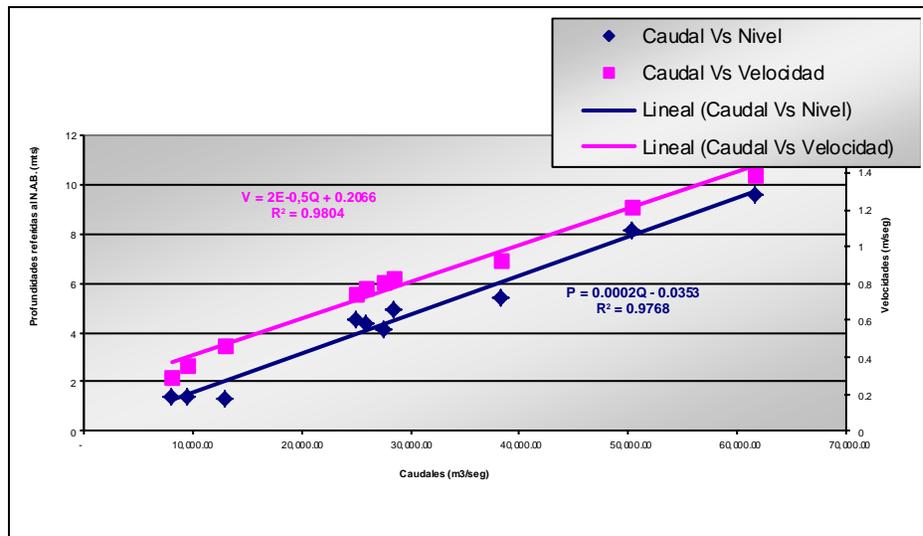


Figura 5.8 Correlación de Velocidad, caudales y niveles del río Orinoco en la sección de aforo del sector San Félix (milla 179.0).

A continuación se presentan las condiciones de variación de niveles que presenta la superficie del agua en el sector San Félix a través de un hidrograma el cual se ha construido con base a los registros históricos de niveles del río para el período 1943 - 2018 de la estación limnigráfica de Palúa, ubicada en el muelle de la CVG Ferrominera Orinoco, S.A. en San Félix. Cabe destacar que los valores mostrados en el hidrograma se encuentran referidos a la curva – Datum Nivel de Aguas Bajas (NAB) y su corrección para convertir al Datum Nivel Medio del Mar es 0.43 m para el caso del limnógrafo de Palúa (Figura 5.9).

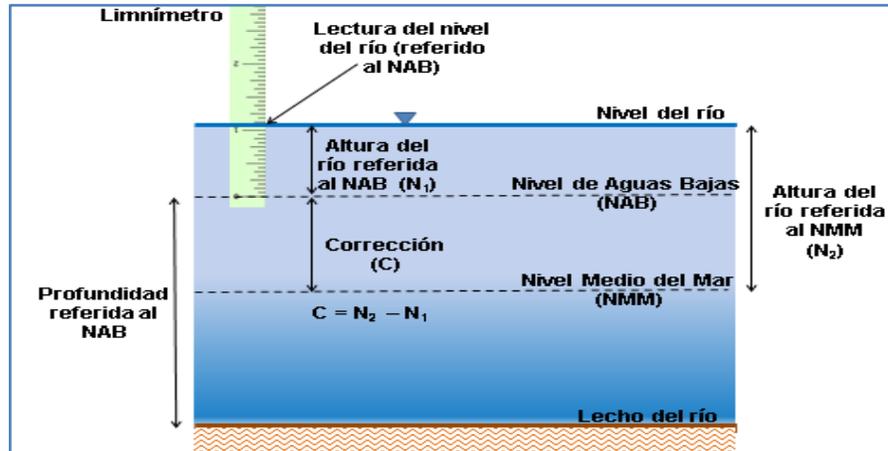


Figura 5.9 Relación de conversión entre lecturas NAB y lecturas NMM.

Esta información de variaciones de niveles es relevante para la presente investigación toda vez que la incidencia de las operaciones de dragado de extracción de arenas del lecho y por lo tanto las implicaciones ambientales de ese hecho, se verán afectadas por estas variaciones de la superficie del agua y por ende de la profundidad del lecho (figura 5.9 y 5.10).

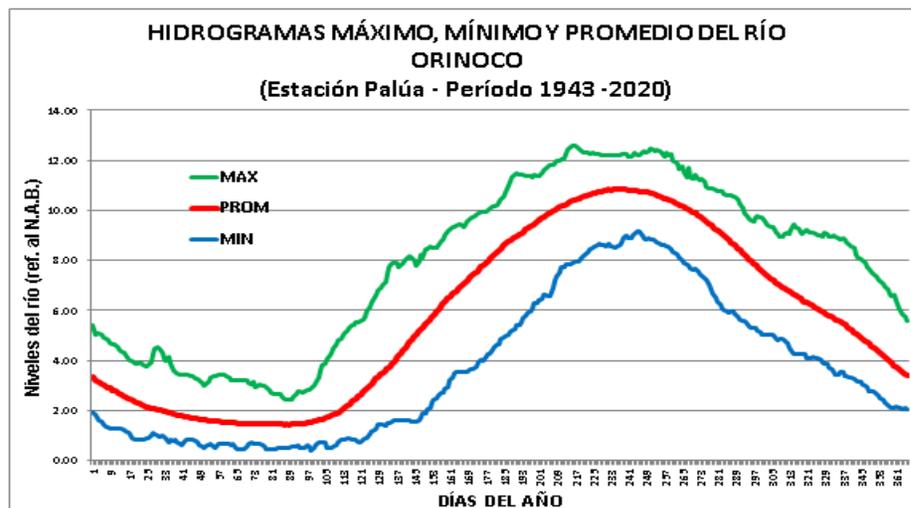


Figura 5.10 Hidrograma del río Orinoco para la estación Palúa para el período 1943-2020.

5.1.4 Descripción de las condiciones batimétricas y topográficas del área de estudio

El proceso de extracción de arena del lecho del río mediante dragado es, sin lugar a dudas, uno de los mayores impactos del proyecto específicamente sobre el lecho mismo del río y en el cuerpo de agua.

En ese sentido, la afectación de incremento artificial de las profundidades, el incremento de la turbiedad por agitación, el constante sonido de los motores de las bombas y generadores de la draga, la emisión de gases de quemado de combustibles fósiles, entre otras son varias de las actividades que habrán de ser consideradas en la evaluación ambiental.

Sin embargo, en este punto debemos partir de realizar una medición de la situación del lecho fluvial mediante la realización de un levantamiento batimétrico que se realizó en el mes de Mayo 2021 y en el cual la autora de esta investigación participó bajo la coordinación del asesor académico de este trabajo de grado, Finalmente, con los datos de este levantamiento se construyó el plano batimétrico que se muestra en el Apéndice D.1.

Asimismo, la zona de acopio del material dragado tiene una superficie de 10 hectáreas con una pendiente de sur a norte aproximadamente de 2 grados y se encuentra ubicada en la ribera sur del río Orinoco, adyacente a los silos de almacenamiento de granos del muelle de la Corporación Venezolana de Guayana y a una laguna natural de inundación del río Orinoco.



Figura 5.11 Área de acopio, sin preparación, ubicada en la costa sur del río Orinoco en San Félix.

Una vez levantada topográficamente esta zona de acopio se procedió a la construcción del plano topográfico de dicha zona (Apéndice D.2) para almacenamiento de 2 millones de metros cúbicos aproximadamente, se procede a su intervención propiamente dicha, con la deforestación total de la zona y la eliminación sistemática de la capa vegetal.



Figura 5.12 Zona de ubicación del área de dragado y patio de acopio en imagen de satélite Landsat del 20/01/2020 (Google Earth, 2020 modificado de Hernández, 2021)

En la tabla 5.9 se presentan las coordenadas de los meridianos y paralelos que limitan a la zona de dragado.

Tabla 5.9 Coordenadas UTM de ubicación de la zona de dragado.

Coordenada Este	Coordenada Norte
537700	926425
536766	926381
539183	927554
539536	927304

Seguidamente, se deberá proceder a construir un dique perimetral de dos (2) m de altura que permitiría la retención del material arenoso dragado y un sistema de canales de drenaje, que facilitaría el desalajo de las aguas vertidas en el patio.



Figura 5.13 Ejemplo de construcción de un dique para acopio de arena dragada lo cual implica deforestación y remoción total de la capa vegetal (Dredging International, 2018).

5.2 Identificación de los elementos de los sistemas de explotación de arena del lecho del río

En la tabla 5.10 se observa que entre los elementos que intervienen en el sistema de dragado se eligió a una draga IHC Holland del tipo Beaver 1500 para las operaciones de dragado de extracción de arena en la zona de estudio. Sin embargo, la operación está condicionada por la profundidad del río y el alcance de la escalera de escarificación y succión de la draga propuesta la cual alcanza entre 5.00 m y 15.00 m. Estas condiciones de profundidades adecuadas se alcanzan generalmente entre los meses de noviembre y abril, en la zona de extracción del sector San Félix.

En vista de ello, el dragado será de carácter estacional y anual por cuanto el ascenso del nivel de la superficie del agua limitará las operaciones cuando esta supere los 20.00 metros.

Por esta razón, y de acuerdo a los registros anuales de niveles del río Orinoco en el sector San Félix que mantiene la CVG - GCNO se prevé que se podrían mantener operaciones de extracción de arena aproximadamente durante seis (6) meses en el período antes mencionado.

En este punto es conveniente recalcar que el área de proyecto que será intervenida por la actividad de dragado tiene una superficie aproximada de 335.000 m² y considerando una altura del banco de arena a extraer de 1.80 m, se estima un volumen de dragado en el orden de 600.000 m³. anuales.

Asimismo se estima una producción teórica de la draga de cortador IHC Holland Beaver 1400 es de aproximadamente unos 1.220 m³/hora de bombeo de material de igual característica que el del lecho (figura 5.x)

Tabla 5.10 Vinculación de los elementos integrantes de los sistemas de extracción y acopio, su participación en el proceso y el ámbito de operación.

Elemento del sistema	Actividad de intervención	Medio físico intervenido
Sistema de dragado		
Draga de cortador IHC Beaver 1500	Escarificar y succionar arena del lecho	Cuerpo de agua Lecho fluvial Ictiofauna Flora fluvial Aire
Tubería flotante de descarga	Conducción del material extraído desde la zona de dragado hasta la ribera	Cuerpo de agua Ribera del río
Lancha o remolcador	Movilizar y posicionar a la draga	Cuerpo de agua
Sistema de acopio		
Monitor de descarga	Descarga y conformación de pilas	Suelos Zona de acopio Estratos infrayacentes
Dique artificial	Retención de material dragado	Suelos Zona de acopio
Pala frontal	Deforestación, nivelación del terreno, conformación de pilas, distribución de material en patio	Suelos Zona de acopio Aire Flora zona de acopio
Cribas de clasificación	Separación granulométrica del material	Suelos Zona de acopio Aire
Canal de drenaje	Desalojo del agua del material dragado	Suelos Zona de acopio Cuerpo de agua Estratos infrayacentes
Vialidad de acceso	Acceso vehicular	Suelos zona de acopio aire
Oficinas, taller y depósitos	Facilidades administrativas, logísticas y de mantenimiento	Suelos zona de acopio Estratos infrayacentes Cuerpo de agua

En la figura 5.14 se presenta una imagen de una draga tipo IHC Holland Beaver 1500 del tipo propuesta para realizar el dragado planteado en esta investigación.



Figura 5.14 Dragadora de cortador-succión tipo IHC Beaver 1500 sin los mástiles de izado de anclas desplegados (IHC-TID, 1992).

La siguiente figura 5.15 presenta la imagen aérea típica que ofrecería el proceso de acomodación de un patio de acopio de material dragado.



Figura 5.15 Aspecto de acomodación de un patio de acopio, obsérvese la remoción de la capa vegetal y alteración total de los estratos superficiales y del paisajismo natural (Dredging International, 2018).



Figura 5.16 Las aguas de escorrentías cargadas de sedimentos drenarían hacia el río incrementando la turbiedad del agua y afectando flora e ictiofauna (Dredging International, 2018).

5.3 Identificación de los impactos ambientales generados por las operaciones de extracción y acopio de la arena

Se ha definido como área de influencia directa al conjunto de extensiones territoriales sobre las cuales las afectaciones podrán darse directamente. En consecuencia esta área está compuesta por:

- a. La zona de dragado
- b. La zona de acopio
- c. Zonas intermedias de la ribera

Se desarrollarán una serie de actividades factibles de provocar impactos ambientales:

- a.** Dragado de extracción de arenas
- b.** Transporte en tubería de las arenas

- c. Construcción de patio de acopio (deforestación y construcción de diques de contención
- d. Transporte terrestre de materiales

Dichas actividades podrán afectar distintas zonas de las mencionadas en el punto anterior y producir diversos impactos ambientales en función del área de desarrollo de la actividad y de las características de la misma.

Esta actividad tiene dos (2) áreas de afectación bien definidas en las que deben estudiarse los impactos ambientales: o la primera es la correspondiente al área de dragado en sí misma, que es la zona subacuática ocupada por el emprendimiento o la segunda se asocia al área de disposición final de las arenas extraídas, una importante franja de la margen fluvial y el canal de navegación.

- a. Afectación del lecho fluvial
- b. Afectación a la calidad de las aguas
- c. Afectación a la biota fluvial
- d. Afectación a la navegación
- e. Afectación al personal de operadores

Los impactos debidos a la operación son consecuencia directa de la capacidad operativa de la draga. Los principales impactos que se producirán en la fase de operación son:

1. Cambios sustanciales en el funcionamiento de los ecosistemas fluviales ribereños que particularizan el acuatorio interior. Con la introducción del dragado como acción principal utilizando dragas estacionarias de corte y remoción, se produce un proceso de extracción total de la capa superior de fondo superior a 3,0 metros de profundidad. Se destruye parte del fondo genético, nichos ecológicos y hábitat, sobre todo de la biota fluvial del lecho.

2. Pérdidas totales del genofondo que particularizan el ecosistema de la ribera fluvial, lo cual implica la pérdida de individuos, y se refuerza el impacto potencial.

3. Cambios sustanciales en las propiedades visuales del paisaje natural que caracteriza al ecosistema de la ribera fluvial. Todo cambio que se introduce en los ecosistemas naturales cambia el estatus de paisaje visual, máxime cuando la ribera fluvial, como ecosistema, tiene una expresión externa única para estas unidades fluviales. La eliminación conlleva cambios significativos.

4. Variaciones sustanciales en relieve del lecho fluvial a consecuencias del dragado. El dragado se encamina a la búsqueda de profundidades, que de hecho cambia localmente el relieve subacuático por sustracción, lo que hace cambiar el funcionamiento del acuatorio bajo el efecto de esta acción.

5. Variaciones sustanciales en relieve de la zona de acopio a consecuencias de los procesos de deforestación y movimientos de tierra con remoción de la capa vegetal para la nivelación de los patios de laboreo y embarque para acarreo de las arenas.

6. Pérdidas de las propiedades físicas y de la estructura edáfica de los suelos y estratos infrayacentes en la zona de acopio por variaciones en la textura (porosidad,

permeabilidad) por los procesos de esponjamiento, compactación, depositación de partículas, entre otras.

7. Generación de turbidez en el acuatorio motivado por el gran volumen de las partículas sólidas en suspensión, que se traslada por las corrientes de fluviales tanto a riberas como hacia el interior del cauce fluvial. La turbidez generada por el dragado en estos acuatorios cuyo funcionamiento está supeditado a fuertes intercambios de los flujos de las mareas.

8. Cambios de las propiedades originales del sustrato del fondo fluvial y del ecosistema de la margen fluvial por la introducción de nuevas sustancias. Inevitablemente el dragado conduce a cambios de sustancia en las particularidades del sustrato, toda vez que se barre la superficie de intercambio mayor del ecosistema y aparecen nuevos elementos en superficie que necesitan de un proceso de reajuste y adaptabilidad.

9. Cambios potenciales de los flujos y direcciones de los mismos, tanto en la zona ribereña como en el interior del río, como portadores de sustancias y energía que dominan los ecosistemas fluviales. Con el dragado y aumento de las profundidades del acuatorio, crean una sinergia en los sistemas de flujos, tanto direccionalmente como en velocidades.

10. Transformaciones parciales de la calidad del aire por la incorporación de gases y partículas de polvo durante la etapa constructiva del patio de acopio y la vialidad de acceso. En la conformación del patio y sus diques de contención, con la circulación de equipos de gran porte necesariamente se genera un gran volumen de material particulado en suspensión que conduce de cierto modo al enrarecimiento del aire, con influencia en la vegetación y la fauna.

11. Aumento del consumo de portadores energéticos durante la etapa de ejecución. La ejecución de ambas obras en tierra y en el río necesariamente conlleva un considerable gasto de combustible por el tipo de equipamiento que se necesita. Esto inevitablemente encarece todo el proceso de ejecución.

12. Contaminación ambiental potencial tanto en el acuatorio como en el ecosistema de la ribera fluvial a consecuencia de derrames de combustibles o lubricantes por manejo inadecuado. Resulta lógico que todo el equipamiento implica el uso de combustibles y lubricantes, que la mayor parte se suministra en los lugares de trabajo y siempre existe el riesgo de derrames y por ende la contaminación del medio.

13. Incremento de posibilidad de colisiones entre embarcaciones con caída de restos metálicos contaminantes al lecho fluvial.

No se plantea para este proyecto una fase de terminación definitiva, sino de cese parcial de actividades de dragado durante el período de aguas altas debido a las limitaciones operativas del equipo (longitud de los puntales y de la escalera de dragado) para dragar durante la época de aguas altas del río Orinoco. Por el tipo de infraestructura y servicios en cuestión.

El proyecto se considera de duración indefinida con cese anual durante seis (6) meses aproximadamente en las operaciones de dragado, pero el proceso de venta y acarreo o transporte de las arenas acopiadas será de carácter continuo.

A continuación en la tabla 5.11 se presenta la relación de los impactos ambientales relevantes que han sido identificados y que merecen consideración en este documento.

Tabla 5.11 Identificación de los impactos ambientales generados (Hernández, 2020).

Actividad	Sub-actividad	Impactos negativos		
		Medio Físico	Medio Biológico	Medio Socioeconomico
Operaciones de Dragado	Excavación subacuática	MF-1: Afectación del relieve lecho por excavación MF-2: Incremento de la turbidez de las aguas por resuspensión del material arenoso durante el dragado. MF-3: Contaminación del agua por eventual derrame de combustible durante abastecimiento de equipos de dragado MF-4: Afectación de los patrones de corrientes fluviales en la zona con incidencia en otras áreas del río (ribera y zonas interiores) MF-5 Cambios en las propiedades originales del sustrato por incorporación de nuevas sustancias	MB-1: Alteración del por destrucción del fondo genético por dragado MB-2: Destrucción del genofondo y con ello la biota del lecho. MB-3: Pérdida de individuos del ecosistema ribereño.	MSE-1 Cambios en las propiedades visuales del paisaje natural. MSE-2: Aumento del consumo de portadores energéticos por consumo de derivados del petróleo (combustibles y lubricantes).
	Maniobras de posicionamiento	MF-6: Contaminación del lecho fluvial por descargas de residuos metálicos producto de posibles colisiones entre embarcaciones durante las maniobras.		
Bombeo de la mezcla agua-arena por tubería hasta patio de acopio	Disposición de arenas en el patio	MF-7: afectación por relleno de arena en la ribera del río.	MB-4: Afectación por eliminación de la vegetación gramíneas autóctonas de la zona.	
Construcción de patio de acopio	Movimiento de tierra para nivelación de terreno en el área del patio de acopio	MF-8: Contaminación sónica por Incremento del tráfico de camiones en la zona MF-9: Afectación de la calidad del aire por gases y suspensión de material particulado MF-10 Afectación del suelo y subsuelo por derrames de combustibles y lubricantes		
Mantenimiento preventivo de la draga de cortador	Suministro de aceite y lubricante a la maquinaria	MF-11: Genera vertidos de aguas oleosas (lubricantes) en el río. MF-12: Acumulación de residuos oleosos sobre la margen sur derecha descendente con posible infiltración de dichas aguas contaminando los suelos y aguas subterráneas---	MB-5: Disminución de la ictiofauna en el río----	----

5.4 Evaluación ambiental a través de la jerarquización de los impactos antes identificados

Una vez presentados los impactos ambientales negativos se procederá a la jerarquización de los impactos ambientales a través del cálculo del Valor del Impacto Ambiental (VIA) establecido en el método de los Criterios Relevantes Integrados de Buroz (1990).

A tal fin, se iniciará por la valoración de los impactos ambientales negativos en el medio físico (tabla 5.12):

Tabla 5.12 Impactos ambientales negativos en el medio físico. (Hernández, 2020).

Impacto	Intensidad Wi = 0.3	Extensión We = 0.2	Duración Wd = 0.1	Reversibilidad Wre = 0.2	Riesgo Wri = 0.2	Total VIA	Categoría
MF-1: Afectación del relieve del lecho por excavación	4(1.2)	2(0.4)	2(0.2)	2(0.4)	2(0.4)	2.6	Omisible
MF-2: Incremento de la turbidez de las aguas por resuspensión del material arenoso durante el dragado.	2(0.6)	3(0.6)	2(0.2)	1(0.2)	2(0.4)	2.0	Omisible
MF-3: Contaminación del agua por eventual derrame de combustible durante abastecimiento de equipos de dragado	4(1.2)	4(0.8)	2(0.2)	1(0.2)	2(0.4)	2.8	Omisible
MF-4: Afectación de los patrones de corrientes fluviales en la zona con incidencia en otras áreas del río (ribera y zonas interiores)	2(0.6)	2(0.4)	1(0.1)	1(0.2)	2(0.4)	1.7	Omisible
MF-5 :Cambios en las propiedades originales del sustrato por incorporación de nuevas sustancias	2(0.6)	2(0.4)	4(0.4)	4(0.8)	2(0.4)	2.6	Omisible
MF-6: Contaminación del lecho fluvial por descargas de residuos metálicos producto de posibles colisiones entre embarcaciones durante las maniobras.	4(1.2)	2(0.4)	5(0.5)	4(0.8)	3(0.6)	3.5	Omisible
MF-7: afectación por relleno de arena en la ribera del río.	2(0.6)	2(0.4)	5(0.5)	4(0.8)	2(0.4)	2.7	Omisible
MF-8: Contaminación	2(0.6)	5(1.0)	2(0.2)	1(0.2)	1(0.2)	2.2	Omisible

Impacto	Intensidad Wi = 0.3	Extensión We = 0.2	Duración Wd = 0.1	Reversibilidad Wre = 0.2	Riesgo Wri = 0.2	Total VIA	Categoría
sónica por Incremento del tráfico de camiones en la zona							
MF-9: Afectación de la calidad del aire por gases y suspensión de material particulado	2(0.6)	5(1.0)	2(0.2)	1(0.2)	1(0.2)	2.2	Omisible
MF-10 Afectación del suelo y subsuelo por derrames de combustibles y lubricantes	4(1.2)	2(0.4)	5(0.5)	5(1.0)	3(0.6)	3.7	Omisible
MF-11: Afectación por vertidos de aguas oleosas (lubricantes) en el río.	4(1.2)	5(1.0)	2(0.2)	5(1.0)	3(0.6)	4.0	Omisible
MF-12: Acumulación de residuos oleosos sobre la margen sur derecha descendente con posible infiltración de dichas aguas contaminando los suelos y aguas subterráneas---	4(1.2)	2(0.4)	2(0.2)	5(1.0)	3(0.6)	3.4	Omisible

A continuación se efectuará la valoración del impacto ambiental negativo en el medio biológico (Tabla 5.13):

Tabla 5.13 Impactos ambientales negativos en el medio biológico. (Hernández, 2020).

Impacto	Intensidad Wi = 0.3	Extensión We = 0.2	Duración Wd = 0.1	Reversibilidad Wre = 0.2	Riesgo Wri = 0.2	Total VIA	Categoría
MB-1: Alteración del por destrucción del fondo genético por dragado	7(1.4)	3(0.6)	5(0.5)	4(0.8)	3(0.6)	3.9	Omisible
MB-2: Destrucción del genofondo y con ello la biota del lecho.	7(2.1)	4(0.8)	5(0.5)	5(1.0)	3(0.6)	5.0	Leve
MB-3: Pérdida de individuos del ecosistema ribereño.	7(2.1)	3(0.6)	5(0.5)	3(0.6)	3(0.6)	4.4	Leve
MB-4: Afectación por eliminación de la vegetación gramíneas autóctonas de la zona.	7(2.1)	3(0.6)	5(0.5)	3(0.6)	3(0.6)	4.4	Leve
MB-5: Disminución de la ictiofauna en el río	4(1.2)	3(0.6)	3(0.3)	3(0.6)	3(0.6)	3.3	Omisible

En cuanto a la valoración del impacto ambiental negativo en el medio socioeconómico esta se presenta en la tabla 5.14.

Tabla 5.14 Impactos ambientales negativos en el medio socio-económico (Hernández, 2020).

Impacto	Intensidad Wi = 0.3	Extensión We = 0.2	Duración Wd = 0.1	Reversibilidad Wre = 0.2	Riesgo Wri = 0.2	Total VIA	Categoría
MSE-1 Cambios en las propiedades visuales del paisaje natural	7(2.1)	3(0.6)	5(0.5)	6(1.2)	3(1.2)	5.0	Leve
MSE-2: Aumento del consumo de portadores energéticos por consumo de derivados del petróleo (combustibles y lubricantes).	7(2.1)	4(0.8)	5(0.5)	6(1.2)	3(1.2)	5.2	Leve

5.5 Formulación de medidas de mitigación o control de los impactos ambientales

Como resultado del proceso de evaluación de impacto ambiental, la autoridad ambiental dispondría de los elementos con medidas específicas para prevenir, mitigar o corregir los principales impactos ambientales significativos identificados a lo largo de la fase de ejecución del proyecto de dragado, a tales efectos resulta necesario destacar que en el proceso de evaluación se respetaron las indicaciones establecidas por el MPPP Ecosocialismo y Agua.

Impacto MF-1. Medidas: adoptar medidas tendientes a evitar y corregir las acciones que favorezcan la erosión y otras formas de degradación o modificación de las características topográficas y geomorfológicas del sustrato.

Impacto MF-1. Medidas: el dragado debe ejecutarse durante el período de sequía, posterior al mes de noviembre, donde el comportamiento de la dinámica

fluvial (sobre todo viento generador de oleaje) ya que ofrece profundidades adecuadas para que pueda operar la draga.

Impacto: MF-1. Medidas: solo se autorizará la ejecución de la variante que consiste en dragado por succión utilizando un equipamiento de draga estacionaria de corte y el bombeo de todo el material hacia la zona occidental de la parcela logrando posteriormente su redistribución.

Impacto MF-3, MF-5, MF-6, MF-10, MF-11 y MF-12. Medidas: establecer un tratamiento adecuado a todas las sustancias susceptibles de provocar contaminación en las aguas o alterar el equilibrio de los ecosistemas.

Impacto MF-6. Medidas el inversionista garantizará incorporar a los proyectos equipos de posicionamiento, radares, radios VFH y UHF, que permitan dar soluciones preventivas a los riesgos de colisiones a las embarcaciones con posible descargas de materiales metálicos al lecho, en el medio fluvial, ante eventos adversos, sobre todo por la acción de los fuertes vientos y del oleaje que se generan durante los períodos de sequía o por la impericia o negligencia de los operadores de los equipos.

Impacto MF-7. Medidas: el material de relleno procedente de las canteras habilitadas en tierra y el material del dragado mismo, se emplea solo en la conformación de los vaciaderos, cuya área será conforme con las dimensiones previstas para la conformación de la plataforma donde se va a construir posteriormente las oficinas y el patio de almacenamiento propiamente dicho.

Impacto: MF-8 y MF-9. Medidas: los equipos y vehículos empleados deben estar en buen estado técnico afín de no ocasionar vertimientos accidentales de hidrocarburos a la zona costera o en las áreas donde se confina el material dragado. Asimismo, con una emisión de gases de los escapes del motor en condiciones

controladas al igual que el estado de la maquinaria no debería producir ruidos molestos por desperfectos en los sistemas de silenciadores.

Impacto MB-1, MB-2 y MB-5. Medidas: asegurar que las nuevas tecnologías a emplear no resulten agresivas al medio, utilizando los patrones actuales de desarrollo tecnológico.

Impacto: MB-1 y MB-4. Medidas: el área de la ribera escogida fundamentalmente y que separa el patio de acopio en la ribera, del área de dragado debe ser talada a mano y retirada la hierba, nunca con el uso de técnicas de desbroces, lo que minimiza el impacto sobre el ecosistema.

Impacto MB-2. Medidas: monitorear transformaciones en la biota bentónica, utilizando grupos focales en no menos de cinco (5) puntos en el acuatorio Fluvial en el sector San Félix.

Impacto MB-2. Medidas: monitorear transformaciones en la biota bentónica, utilizando grupos focales como mínimo en cuatro (4) parcelas, dos (2) de ellas en los límites con el acuatorio fluvial y dos (2) hacia la zona interior, con frecuencia trimestral.

Impacto MF-1 y MB-4. Medidas: el titular garantizará la estabilidad de las estructuras de conformación en los patios de acopio mediante soluciones tecnológicas de mínimo impacto ambiental, así como confinar mediante diques el material depositado de manera que no ocurran escurrimientos de sedimentos hacia el medio fluvial.

Impacto MB-4 y MSE-1. Medidas: el contratista garantizará mediante obras ingeniería el debido intercambio que mantenga el flujo laminar entre las dos (2) zonas que conforman el trazado del sistema vial de acceso a los patios de acopio.

Impacto MSE-2. Medidas: el ejecutor garantizará que en el flujo tecnológico (vinculado con los procesos de extracción por succión, transporte del material por conducto y la depositación técnica, en los vaciaderos de acuerdo con el proyecto), se cumplan buenas prácticas en relación con la minimización de impactos adicionales, consumos energéticos y desechos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Los parámetros climáticos analizados permiten afirmar que el clima predominante en la zona de estudio se corresponde con un clima cálido tropical de sabana isotérmico (Awgi) de acuerdo a la clasificación climática de Köppen y geológicamente se encuentran representado por una litología de rocas precámbricas del Complejo Imataca, aunado a sedimentos del Reciente.

2. La zona del proyecto se encuentra en un tramo del río Orinoco geomorfológicamente con moderada a baja pendiente y aun cuando no meandrea como es típico en los cauces de ríos maduros de escasa pendiente, se mantiene en este tramo con un alineamiento relativamente recto debido a que el río traza su cauce acuñado a las rocas duras del complejo Imataca.

3. Según el Sistema de Clasificación Unificada de Suelos, los suelos muestreados en el sector San Félix y posteriormente analizados en el Laboratorio de la empresa Ingeotest de Venezuela resultaron ser arenas medias a gruesas mal gradadas (SP). Por otra parte, las formas predominantes en relación con la geometría de los granos son sub-redondeadas a sub-angulosas.

4. El proyecto está concebido para ser desarrollado bajo un régimen de ejecución en fases anuales análogas durante la etapa climática del período de sequía correspondiente a la etapa de aguas bajas del ciclo hidrológico del río la cual ocurre entre los meses de noviembre hasta abril aproximadamente (cuando las profundidades del río se adecuen a las capacidades operativas de la draga de cortador).

5. Se prevé un volumen de extracción y acopio de arena anual de aproximadamente 600000 m³. El proyecto ocupará físicamente un área de influencia directa de 435000 m² (335000 m² de área de dragado y 100000 m² de área de acopio. Asimismo, se estima un área de influencia indirecta de 10 Km².

6. Mediante el análisis del proceso de dragado y acopio del material arenoso, se identificaron diecinueve (19) potenciales impactos ambientales, doce (12) afectando al medio físico, cinco (5) afectando al medio biológico y dos (2) afectando al medio socio-económico.

7. A través del método de los Criterios Relevantes Integrados de Buroz (1990) se efectuó la jerarquización de los impactos ambientales que fueron identificados concluyéndose que todos se mantienen en un rango de nivel de clasificación entre omisible y leve. Tal circunstancia obedece a que la dinámica hidrosedimentaria del río Orinoco, donde se incluyen parámetros tales como: magnitud de los caudales, variación de niveles y velocidades de corrientes, tasa de sedimentación del río, entre otras, genera la reducción anual y sistemática de los impactos ambientales identificados.

8. Aun cuando la totalidad de los impactos ambientales identificados fueron jerarquizados como de categorías omisibles o leves, se han planteado en este documento medidas para la mitigación de aquellos aspectos remanentes que el río Orinoco, en su trabajo hidrológico anual de restablecimiento de las condiciones de equilibrio, no alcanzase a eliminar totalmente. De cualquier manera, es necesario acotar que la totalidad de las medidas a implementar tienen su basamento en acciones de origen gerencial y de supervisión – control de que las actividades operativas se realicen dentro de las especificaciones ambientales establecidas por la normativa legal vigente y por las condiciones contractuales entre las partes (Estado – Contratista).

Recomendaciones

1. Se recomienda a los tesisistas y tutores de la Escuela de Ciencias de la Tierra para acudir al empresariado público y privado de la región Guayana promocionando la ejecución de Estudios de Impacto Ambiental similares al planteado en este documento, resolviendo las necesidades empresariales de la zona en esta área del conocimiento y apoyando el financiamiento de la labor de investigación de la Escuela.

2. Se sugiere a la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente a gestionar ante los entes competentes la aplicación de las figuras jurídicas establecidas en el marco legal vigente que rige la materia para la creación de diversos entes con fines diversificados que permitan mercadear, proyectar y ejecutar los servicios de estudios y proyectos técnico - económicos que puedan ser desarrollados dentro del ámbito universitario y que coadyuven al financiamiento de la Casa Más Alta en el cumplimiento de su misión de Docencia, Extensión e Investigación.

3. Se recomienda a las autoridades de la Escuela de Ciencias de la Tierra a promocionar, ante los entes gubernamentales y privados, la posibilidad de que la comunidad universitaria se integre a la búsqueda e implementación de soluciones de acuerdo a las realidades y necesidades de las empresas estatales y privadas para realizar los estudios y proyectos que en el área de competencia de las carreras que se imparten en la Escuela, estas puedan requerir.

REFERENCIAS

Acuña, M. y Echeverría, D. (2001). **EVALUACIÓN DE LAS ÁREAS DE DESCARGA PARA DRAGAS AUTOPROPULSADAS DE SUCCIÓN Y TOLVAS EN EL SECTOR SAN FÉLIX DEL RÍO ORINOCO. MUNICIPIO CARONÍ. ESTADO BOLÍVAR. VENEZUELA.** Gerencia Canal del Orinoco. Instituto Nacional de Canalizaciones. Puerto Ordaz.

Alarcon, J. (2009). **LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.** Editorial Limusa. Medellín.. Página 15.

Allen, J. (1987). **SEDIMENTARY STRUCTURES, THEIR CHARACTER AND PHYSICAL BASIC DEVELOPMENTS IN SIDIMENTOLOGY.** Amsterdam Elsevier Vol. 1. pp 663.

AMB (2014). **REGISTROS METEOROLÓGICOS DE LA ESTACIÓN DE CIUDAD BOLÍVAR.** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Caracas.

American Bureau Shipping –ABS (1997). **SHIPS AND BULK CARRIERS REGISTER BOOK.** Londres.

Antakly Heredia, Angela (1998). **DESARROLLO ARMÓNICO AMBIENTAL Y OPORTUNIDADES DE INFRAESTRUCTURA EN EL ESTE DE VENEZUELA,** Venezuelan American Partnership.

Aparicio, F. (2001). **HIDROLOGÍA SUPERFICIAL.**

Arias, Fidas. (2012). **ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO.** Caracas. Páginas 15 a 22.

Arias, F. (1996). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA.** (6° Edición). Episteme, Caracas, pp 17.25.

Balestrini, M. (1997). **COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.** Editorial BL Consultores asociados, Caracas, Venezuela, (p. 137).

Balestrini, M. (2002). **COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.** Editorial BL Consultores asociados, Caracas, Venezuela, (Pp. 9, 74).

Barredo, S. (1999). **EL FANGLOMERADO PANUL COMO UNIDAD DIFERENCIADA DE LA FORMACIÓN PORTEZUELO, SU IMPORTANCIA EN EL ANÁLISIS EVOLUTIVO DE LA SUBCUENCA RINCÓN BLANCO, PROVINCIA DE SAN JUAN.** 14º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 441-444, Salta.

Bavaresco de Prieto, Aura (2011). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.** Ediciones Paraninfo. Caracas. Páginas 30 a 35.

Bowles, Joseph (1981). **MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS E INGENIERÍA CIVIL.** Series McGraw Hill, Latinoamericana. pp 35-40,175-180.

Buroz Castillo, E. (1990) **MÉTODO DE LOS CRITERIOS RELEVANTES INTEGRADOS.** Sillón XVII de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Buroz Castillo, E. (1996). **LA GESTIÓN AMBIENTAL: MARCO DE REFERENCIA PARA LAS EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL.** Fundación Polar. Caracas

Carpio, E. y Díaz, K. (2012). **ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO AMBIENTALES DEL RÍO CURIAPO EN ÉPOCA DE LLUVIA Y SEQUÍA DURANTE EL 2008 – 2011, EN CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO AUTÓNOMO HERES, ESTADO BOLÍVAR. UNIVERSIDAD DE ORIENTE. CIUDAD BOLIVAR.** Trabajo de grado, Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar. Pp77 a 92.

CEDEX, (1994). **DIRECTRICES PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL DRAGADO Y SU REUBICACIÓN EN AGUAS DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE.** Madrid.

CEDETRABAJO. (2011). **LA MINERÍA EN BOGOTÁ NO ES MEJOR QUE EN EL RESTO DEL PAÍS.** Bogotá D.C

Consultora Ingeniería Caura C.A. (1994). **ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL DRAGADO DEL RÍO ORINOCO.** Tramo Matanzas-Boca Grande, Caracaspp.16,21-23

Corona, P. (1983). **PROYECTO ORINOCO.** Instituto Nacional de Canalizaciones. Caracas.

Corrales, J. (1977). **ESTRATIGRAFIA.** Editorial Ruedo. Madrid – España. Pp 717.

C.V.G. Edelca, C.A. (2012). **INFORME DE RECOPIACIÓN DE DATOS METEOROLÓGICOS DE LA CUENCA DEL RÍO CARONÍ**. Ciudad Guayana.

C.V.G Técnica Minera C.A., (1989). **INFORME DE AVANCE NC 20 – 14 Y NC 20 – 15, CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS Y VEGETACIÓN TOMO I, II, III**. Ciudad Bolívar, Venezuela. pp 185-203, 441-444, 453-461

CVG Técnica Minera, C.A. (2002). **INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES DEL ESTADO BOLIVAR**. Puerto Ordaz.

CVG Técnica Minera, C.A. (2015). **GEOLOGÍA DE LA FACHADA NORTE DE CIUDAD GUAYANA**. Puerto Ordaz.

Chang, F. (1988). **TOTAL BED MATERIAL DISCHARGE IN ALLUVIAL CHANNELS**. U.S. Geological Survey. New York.

Chow, Ven Te. (2004). **HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS**. Editorial Nomos S.A, Bogotá, Colombia, (pp. 5-23).

Chow, V.T.; Maidment, D. y Mays, L. (1994). **HIDROLOGÍA APICADA**. Editorial McGraw-Hill. Bogotá.

Chova, C., Tarín, J. y Popovich, N.(2014) **¿CÓMO SE ELIGE EL MÉTODO DE TRANSPORTE DE LA CARGA?**
<http://laclasedeoscaboluda.blogspot.com/2014/04/como-selecciono-el-medio-de-transporte.html>. Consultado el 21/04/2018

Danhke, G. (1986). **INVESTIGACIÓN Y COMUNICACIÓN**. Editorial McGraw-Hill. México.

De Souza, J. y Gómez, M. (2019), **PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE ACOPIO Y CLASIFICACIÓN DE ARENAS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL SECTOR MATANZAS- PALO SOLO, MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA**. Trabajo de Grado. Escuela de Ciencias de la Tierra. Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar.

Diccionario de la lengua castellana. (2012). **REAL ACADEMIA ESPAÑOLA**, Edición Madrid.

Dredging International (2018). Curso de dragado. Universidad del Zulia. Maracaibo.

Echeverría, D. (1991). **CARACTERIZACIÓN TEXTURAL DE LOS SEDIMENTOS DEL LECHO DEL RÍO ORINOCO EN EL TRAMO MATANZAS – SAN FÉLIX.** Instituto Nacional de Canalizaciones. Ciudad Guayana.

Echeverría, D. y Silva, Y. (2010), **FACTIBILIDAD TECNICA PARA LA APLICACIÓN DE UNA DRAGA DE CORTADOR Y SUCCIÓN PARA LA PROFUNDIZACIÓN DE LA DARSENA DE MANIOBRAS DEL INSTITUTO NACIONAL DE CANALIZACIONES, PUERO ORDAZ, MUNICIPIO CARONÍ, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.** Gerencia Canal del Orinoco. División Control de Producción.

Fuerza Aérea de **Venezuela.** F.A.V. (2012). **INFORMES DE AVANCES METEOROLÓGICOS DE CIUDAD BOLÍVAR.** Ciudad Bolívar.

Fundación La Salle (1993). **INVENTARIO ILUSTRADO DE LA BIOTA RIBEREÑA DEL RÍO ORINOCO FRENTE A CIUDAD GUAYANA.**

Fundación Wikipedia (2021). **IMPACTO AMBIENTAL DE LA MINERÍA.** Consultado el 01/11/2021. https://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental_de_la_miner%C3%ADa

Furnas, C. C. y McCarthy, Joe (1984). **COLECCIÓN CIENTÍFICA DE LIBROS DE TIME LIFE: EL INGENIERO** (Segunda edición). Ediciones Culturales Internacionales. Ciudad de México, pp 12.

García, O. (1981). **APUNTES DE ESTRATIGRAFÍA.** Escuela de Ciencias de la Tierra. Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar. Pp, 6-11

García, A. (2017) **EQUIPOS DE DRAGADO DEL MUNDO.** Instituto Nacional de Canalizaciones. Caracas.

García, M y Maza J. (1998). **ORIGEN Y PROPIEDADES DE LOS SEDIMENTOS. CAPÍTULO 6 DEL MANUAL DE INGENIERÍA DE RÍOS.** México. Pp 258.

García, M. y Maza, J. (1998). **TRANSPORTE DE SEDIMENTOS. CAPÍTULO 7 DEL MANUAL DE INGENIERÍA DE RÍOS.** México. pp 111.

González de Juana, C., Iturralde, J. y Picard, X. (1980). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**. Edición Foninves. Caracas. pp 70.

Griem, W. (1999). **LAS DUNAS DE ATACAMA**. Santiago de Chile.

Guzman, J. (1992). **TRANSPORTE DE SEDIMENTOS**. Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar.

Häberer, H (sf). **GUÍA DE MANEJO AMBIENTAL PARA MINIRÍA NO METÁLICA**. Consultado el 10/08/2021. <https://www.elaw.org/system/files/pe.guia+ambiental+mineria+no+metalica.pdf>

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (1994). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**. Editorial Mc.Geaw Hill, México, (p. 212).

Hurtado de Barrera. (2008). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Magisterio, Bogotá, Colombia, (p. 459).

International Holland Constructions – Training Institute for Dredging (IHC-TID) (1992). Cutter suction dredge Training Course. Amsterdam.

Hjulstrum, F. (1935). **LA ACTIVIDAD MORFOLÓGICA DE LOS RÍOS ILUSTRADO POR RIVER FYRIS**. Boletín del Instituto Geológico, Uppsala, vol. 25, cap. 3.

Instituto de Mecánica de Fluidos, U.C.V. (1998). **SISTEMA FLUVIAL ORINOCO – APURE. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO**. Caracas. pp 35-42.

Instituto Nacional de Canalizaciones (INC) (1997). **EL RIO ORINOCO Y EL CANAL DE NAVEGACION**. Puerto Ordaz.

Instituto Nacional de Canalizaciones (INC) (1994). **ANUARIO DE NIVELES DEL RIO ORINOCO**. Puerto Ordaz.

Instituto Nacional de Canalizaciones (INC) (1994). **FACILIDADES PORTUARIAS EN EL TRAMO MATANZAS – BOCA GRANDE DEL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO**. Puerto Ordaz.

Instituto Nacional de Canalizaciones - INC (2000). **ESPECIFICACIONES PARA PROYECTOS DE DRAGADO**. Caracas.

Instituto Nacional de Canalizaciones - INC (2008). **EL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO EN IMÁGENES**. Caracas.

Krumbein, W.C y Sloss, L.L. (1963). **STRATIGRAPHY AND SEDIMENTATION**. Segunda edición. Freeman and Co. San Francisco. pp 660.

Landaeta, C. (2001) **DRAGADO DE LOS CANALES DE VENEZUELA** Instituto Nacional de Canalizaciones. Caracas.

Landaeta, C. (2010) **IMPLICACIONES AMBIENTALES DEL DRAGADO DE MANTENIMIENTO DE CANALES DE NAVEGACIÓN**. Instituto Nacional de Canalizaciones. Caracas.

Lane, E.W. (1947), **REPORT OF THE SUBCOMMITTEE ON SEDIMENT TERMINOLOGY**. Volumen 28, pp 936 – 938

Leeder, M. (1982). **SEDIMENTOLOGY.PROCESS AND PRODUCT**. London George Allen and Unwin. Boston Sydney. pp 60-620.

Ledermán, D. y Maloney, W. (2007). **NATURAL RESOURCES NEITHER CURSE NOR DESTINY**. A United State SustainableDevelopment Journal.

Leopold, L.B., Clarke, F.E.; Hanshaw, B.B. y Balsley, J.E. (1971). **A PROCEDURE FOR EVALUATING ENVIRONMENTAL IMPACT**. U.S. Geological Survey Circular 645, Washington, D.C

Llorca, J. (1997). **TÉCNICAS DE DRAGADO**. Buenos Aires. Pp. 8 -12

López, L. (1998). **CARTILLA DE URBANISMO**. Editores Presa Peyran editores, Caracas, Venezuela.

López, T. y Martínez, A. (1991). **EL MUNDO MÁGICO DEL VIDRIO**. Universidad Autónoma de México. México.

López, J.L; Saavedra, I. y Dobois (1998) **PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS DEL RÍO ORINOCO**. Caracas.1eras Jornadas Venezolanas de investigación sobre el río Orinoco. Caracas.

López, J.L; Pérez-Hernández, D. y Saavedra, I. (1998) **CAMBIOS MORFOLÓGICOS EN EL RÍO A TRAVÉS DEL TIEMPO**. Caracas.1eras Jornadas Venezolanas de investigación sobre el río Orinoco. Caracas.

Luna Hernández, J.A. (2015). **EL IMPACTO AMBIENTAL POR LA ACTIVIDAD DE EXPLOTACIÓN DE CANTERAS EN LA LOCALIDAD DE USME Y SUS PRINCIPALES MEDIDAS DE MANEJO.** Consultado el 15/07/2021.

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6331/Art%C3%ADculo%20EL%20IMPACTO%20AMBIENTAL%20POR%20LA%20ACTIVIDAD%20DE%20EXPLOTACI%C3%93N%20DE%20CANTERAS%20EN%20LA%20LOCALIDAD%20DE%20USME%20Y%20SUS%20PRINCIPALES%20MEDIDAS%20DE%20MANEJO.pdf;sequence=1>

Marcucci, E. (1974). **ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL DRAGADO EN EL RÍO ORINOCO.** Instituto Nacional de Canalizaciones. Caracas.

McCandless, G. C. (1965). **RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA PARTE OCCIDENTAL DEL ESTADO BOLÍVAR.** Boletín de Geología Vol. 7 (13). Pp 19-28.

Méndez, R. (2006). **SEDIMENTOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS.** Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Mendoza, V.(2000). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAERICANO.** Ciudad Bolívar. Pp 25 – 37.

Mendoza, V. (1977). **PROCESOS DISCORDANTES DEL COMPLEJO IMATACA.** Ciudad Bolívar.

Meneses, S. (1980) **MANUAL DE MEDICIONES HIDROMÉTRICAS E HIDRODINÁMICAS.** Ediciones de la Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Miall, A. (1981). **ANALYSIS OF FLUVIAL DEPOSITION AL SYSTEMS.** Am. Ass. Petrol. Geol. Conference. (Inédite).pp 68.

Ministerio de Minas e Hidrocarburos (1970) **“LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA”.** Editorial Sucre. Caracas. Venezuela.

Ministerio de Minas e Hidrocarburos (1999). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA.** Boletín Geología. Tercera Edición. Editorial Sucre, Caracas, Venezuela. Pp 414-415.

Ministerio de Minas e Hidrocarburos. (1970). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA.** Segunda edición. Editorial Sucre, Caracas, Venezuela, (pp. 16-414).

Neuberger-Cywiak, L. (2010). **DIFERENTES MÉTODOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)**. Universidad Simón Bolívar. Caracas.

Noya, C. (2008), **PROPUESTA DE EXTRACCIÓN DE ARENA MEDIANTE DRAGADO DEL LECHO DEL SECTOR SAN FÉLIX DEL RÍO ORINOCO, SAN FÉLIX, MUNICIPIO CARONÍ, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**. Trabajo de Grado de la Escuela de Ciencias de la Tierra. Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar.

Organización de Estados Americanos - OEA (1999). **DICCIONARIO AMBIENTAL**. Washington. Pp 25 a 32

Parella S., S. y Martins P., F. (2010). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA**. FEDUPEL, 3era edición. Caracas, pp10, 33.

Pettijhon, F. (1949). **SEDIMENTARY ROCKS**. Editorial Harper y Brothers. New York.

Pettijohn, J. (1980). **ROCAS SEDIMENTARIAS**. Editorial Universitaria, Buenos Aires. pp. 16-38.

PIANC (1998). **REGULACIONES PARA LA DISPOSICIÓN DE MATERIAL DRAGADO**. París.

PORTAFOLIO. (2012). **EL 92% DE LA MINERÍA EN BOGOTÁ ES ILEGAL**. Economía.

Power, H, García Reinaldo y Saavedra Iván., (1998). **SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA DISPOSICIÓN DE MATERIAL DRAGADO EN EL RÍO ORINOCO**. Instituto de Mecánica de Fluidos. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. pp 330-331.

Power, Henry., García Martínez, Reinaldo y Saavedra, Iván., (1989). **SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA DISPOSICIÓN DE MATERIAL DRAGADO EN EL RÍO ORINOCO**. Instituto de Mecánica de Fluidos. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. pp 330-331.

Pravia, J. (1997). **APUNTES DE MECÁNICA DE SEDIMENTACIÓN**. Escuela de Ciencias de la Tierra, Núcleo Bolívar, Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar.

Rosales, J. y Sánchez, L. (2000). **CARACTERIZACIÓN BIÓTICA DE LOS HUMEDALES Y LAGUNAS DE INUNDACIÓN DE LA RIBERA DERECHA DESCENDENTE DEL RÍO ORINOCO FRENTE A CIUDAD GUAYANA.** Fundación La Salle. Ciudad Guayana.

Russel, R.D y Taylor, R.W. (1937). **ROUNDNESS AND SHAPE OR MIDDIDDIPPI RIVER SANDS.** Jour. Geol., Vol. 45, Pp 225'267

Sabino C. (1992). **EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.** Editorial Panapo. Caracas. 134-145

Shields, A. (1936). **APPLICATION OF SIMILARITY PRINCIPLES, AND TURBULENCE RESEARCH TO BED-LOAD MOVEMENT.** California of Institute of Technology. Pasadena.

Silva, G. (2003). **EROSIÓN FLUVIAL Y TRANSPORTE SEDIMENTOS EN RÍOS.** Trabajo de grado. Colombia. Pp 158.

Spaletti Luis A. (2007). **TEXTURA DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS CLÁSTICAS** (10 de mayo 2012). Facultad de Ciencias y Museo UNLP.<http://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/sedimentologia/pdf/textura.pdf>.

Tamayo y Tamayo, M. (2006). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.** Editorial Limusa, Distrito Federal, México, (p. 71).

Training Institute for Dredging - IHC Holland TID-IHC. (1990). **DREDGING COURSE.** Rotterdam.

Training Institute for Dredging - (2019). **CURSO DE DRAGADO PARA LATINOAMÉRICA.** Panamá.

Tamayo y Tamayo, M. (2004). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.** 4ta edición, Editorial Limusa. México, pp 64-82.

Tocuyo, F. (2018). **PROPUESTA DE EXTRACCIÓN DE ARENA PARA LA FABRICACIÓN DE VIDRIO MEDIANTE USO DE DRAGA DE CORTADOR EN EL SECTOR MATANZAS - PALO SOLO DEL RÍO ORINOCO, MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA.** Trabajo de grado Escuela de Ciencias de la Tierra. Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN). (2009). **GUÍA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA MINERÍA NO METÁLICA**. Consultado el 03/09/2021. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2009-131.pdf>

US Army Corps of Engineers (2017) **MANUAL DEL PROGRAMA HECRAS**. Vicksburg.

US Army Corps of Engineers (USACE) (1998). **CURSO DE LEVANTAMIENTOS BATIMÉTRICOS**. Escuela de las Américas. Panamá Vicksburg.

Universidad de Oriente. - UDO (2001). **GUÍAS DE PRÁCTICAS DE SEDIMENTOLOGÍA**, Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar, Venezuela, Pp. 7, 12, 14,18).

Universidad de Oriente. (2011). **MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO**, Ciudad Bolívar, Venezuela, (pp. 1-36).

U.S. Geological Survey (19xx). **LA MATRIZ DE LEOPOLD PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL**. Washinton.

Van Rijn, Leo., (1990). **PRINCIPLES OF SEDIMENT TRANSPORT IN RIVER, ESTUARIES AND COASTAL SEAS**. University of Utrecht. Department of Physical Geography. pp 4.1-4.33.

Vigueras, M. (1997). **INGENIERÍA MARÍTIMA. DRAGADOS**). Madrid.

Wadell, H.A. (1932). **SHAPE AND ROUNDNESS OF ROCK PARTICLES**. The Journal of Geology, 40, 443-451. <http://dx.doi.org/10.1086/623964>

Wentworth, C. (1922). **A GRAIN SIZE DISTRIBUTION AND STATISTICS PACKAGE FOR THE ANALYSIS OF UNCONSOLIDATED SEDIMENTS**. Editorial John Wiley & Sons. New York

Wortruba H. (1998). **BUENAS PRÁCTICAS DE CONTROL AMBIENTAL**". Universidad de México. México. Página 7

Zinck, Alfred. (1977). **LOS RÍOS DE VENEZUELA**. Cuadernos Lagoven, Caracas, Venezuela.

APÉNDICES

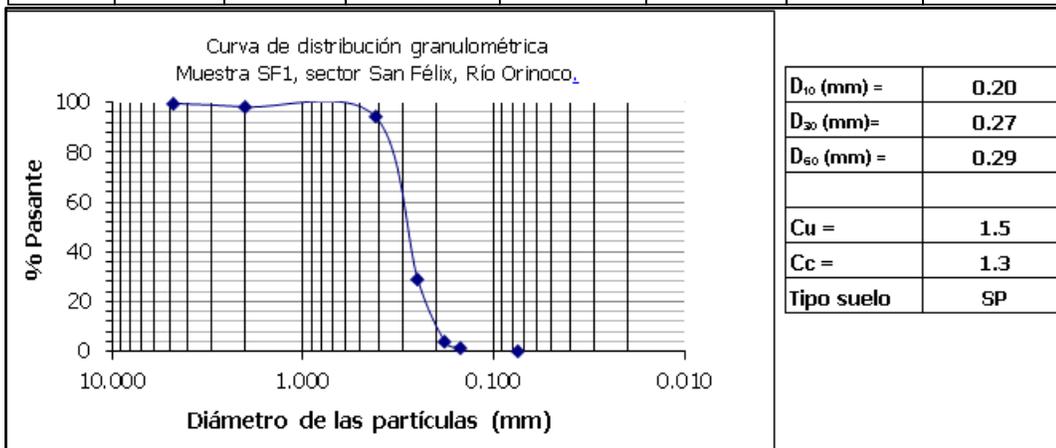
APÉNDICE A
ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

Proyecto:	Tesis EIA incidencia explotación arena sector San Félix	Ubicación:	Río Orinoco
Ubicación muestra:	E 537752, N 926377 (Sector San Félix)	Laboratorio:	INGEOTEST DE VENEZUELA
Código muestra:	SF1	Profundidad::	lecho
Operador:	H. Hernández		
Descripción:	Suelo granular (arenoso), no cohesivo, color beige, inodoro, sin pegajosidad		

Tamiz No	Tamiz (mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + suelo (gr)	Suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.750	747.2	749	1.8	0.37	0.37	99.63
10	2.000	643.2	650.2	7	1.43	1.80	98.20
40	0.419	566.2	584.3	18.1	3.70	5.49	94.51
60	0.250	512	834.1	322.1	65.79	71.28	28.72
80	0.180	515	636.4	121.4	24.80	96.08	3.92
100	0.150	395.6	407	11.4	2.33	98.41	1.59
200	0.075	482.3	488.7	6.4	1.31	99.71	0.29
PAN	0.000	483.6	485	1.4	0.29	100.00	0
Peso Suelo Final(gr)				489.60	100.00		
Peso Suelo inicial(gr)				490.00			
%ERROR				0.08			



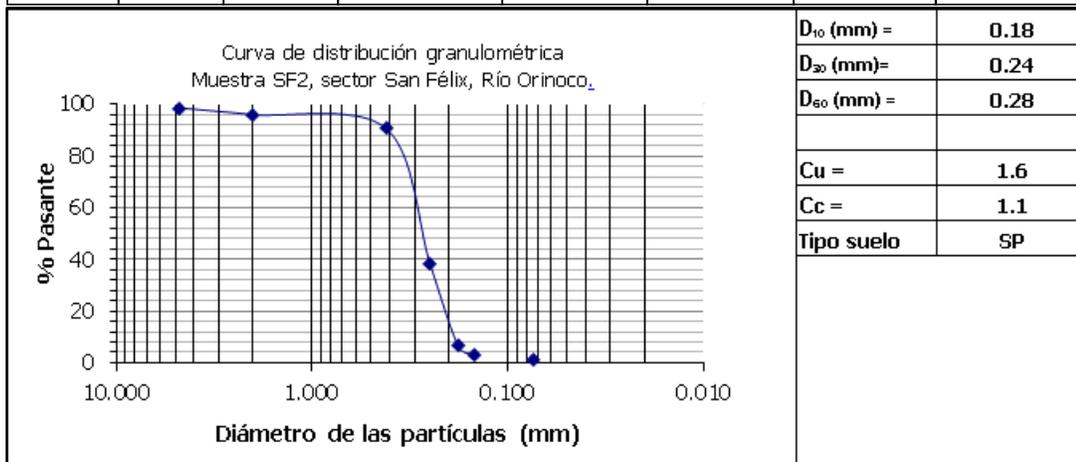
A.1 Análisis granulométrico de la muestra SF1 (Hernández, 2021).



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

Proyecto:	Tesis EIA incidencia explotación arena sector San Félix	Ubicación:	Río Orinoco
Ubicación muestra:	E 537752, N 926377 (Sector San Félix)	Laboratorio:	INGEOTEST DE VENEZUELA
Código muestra:	SF2	Profundidad::	lecho
Operador:	H. Hernández		
Descripción:	Suelo granular (arenoso), no cohesivo, color beige, inodoro, sin pegajosidad		

Tamiz No	Tamiz (mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + suelo (gr)	Suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.750	747.2	752.75	5.54	1.40	1.40	98.60
10	2.000	643.2	653.45	10.25	2.59	3.99	96.01
40	0.419	566.2	587.22	21.02	5.32	9.31	90.69
60	0.250	512	720.00	208.00	52.59	61.90	38.10
80	0.180	515	639.58	124.58	31.50	93.40	6.60
100	0.150	395.6	409.04	13.43	3.40	96.80	3.20
200	0.075	482.3	491.14	8.84	2.24	99.03	0.97
PAN	0.000	483.6	487.43	3.82	0.97	100.00	0
		Peso Suelo Final(gr)		395.50	80.78		
		Peso Suelo inicial(gr)		400.00			
		%ERROR		1.12			



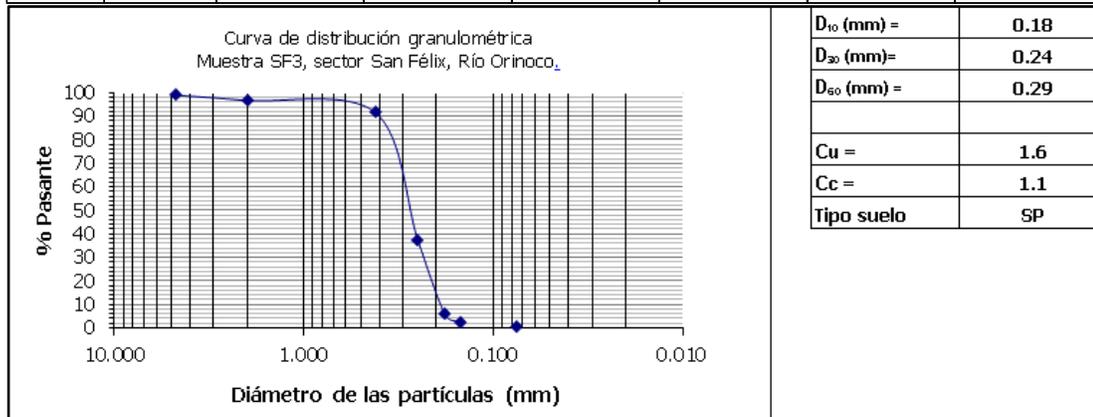
A.2 Análisis granulométrico de la muestra SF2 (Hernández, 2021).



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

Proyecto:	Tesis EIA incidencia explotación arena sector San Félix	Ubicación:	Río Orinoco
Ubicación muestra:	E 537936, N 926534 (Sector San Félix)	Laboratorio:	INGEOTEST DE VENEZUELA
Código muestra:	SF3	Profundidad::	lecho
Operador:	H. Hernández		
Descripción:	Suelo granular (arenoso), no cohesivo, color beige, inodoro, sin pegajosidad		

Tamiz No	Tamiz (mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + suelo (gr)	Suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.750	747.20	751.25	4.05	1.03	1.03	98.97
10	2.000	643.20	652.15	8.95	2.28	3.31	96.69
40	0.419	566.20	586.05	19.85	5.06	8.37	91.63
60	0.250	512.00	725.16	213.16	54.29	62.65	37.35
80	0.180	515.00	638.31	123.31	31.40	94.06	5.94
100	0.150	395.60	408.22	12.62	3.21	97.27	2.73
200	0.075	482.30	490.17	7.87	2.00	99.27	0.73
PAN	0.000	483.60	486.46	2.85	0.73	100.00	0.00
Peso Suelo Final(gr)				392.66	100.00		
Peso Suelo inicial(gr)				400.00			
%ERROR				1.83			



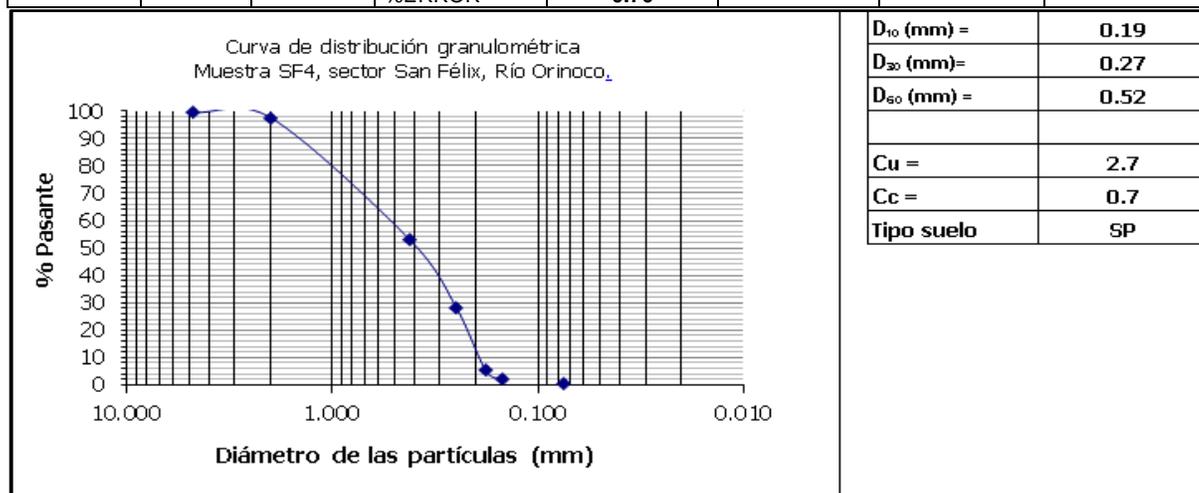
A.3 Análisis granulométrico de la muestra SF3 (Hernández, 2021).



**UNIVERSIDAD DE
ORIENTE**
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE
MINAS**

Proyecto:	Tesis EIA incidencia explotación arena sector San Félix	Ubicación:	Río Orinoco
Ubicación muestra:	E 538163, N 926601 (Sector San Félix)	Laboratorio:	INGEOTEST DE VENEZUELA
Código muestra:	SF4	Profundidad::	lecho
Operador:	H. Hernández		
Descripción:	Suelo granular (arenoso), no cohesivo, color beige, inodoro, sin pegajosidad		

Tamiz No	Tamiz (mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + suelo (gr)	Suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.750	747.20	749.00	1.80	0.50	0.50	99.50
10	2.000	643.20	650.20	7.00	1.93	2.43	97.57
40	0.419	566.20	728.01	161.81	44.67	47.10	52.90
60	0.250	512.00	601.15	89.15	24.61	71.72	28.28
80	0.180	515.00	598.25	83.25	22.98	94.70	5.30
100	0.150	395.60	407.00	11.40	3.15	97.85	2.15
200	0.075	482.30	488.70	6.40	1.77	99.61	0.39
PAN	0.000	483.60	485.00	1.40	0.39	100.00	0.00
Peso Suelo Final(gr)				362.21	100.00		
Peso Suelo inicial(gr)				365.00			
%ERROR				0.76			



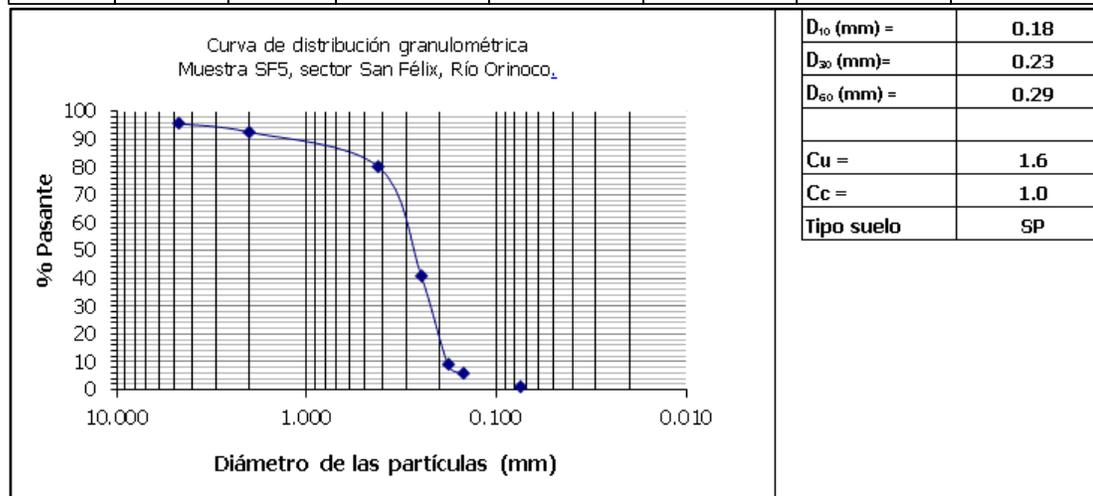
A.4 Análisis granulométrico de la muestra SF4 (Hernández, 2021).



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

Proyecto:	Tesis EIA incidencia explotación arena sector San Félix	Ubicación:	Río Orinoco
Ubicación muestra:	E 538103, N 926713 (Sector San Félix)	Laboratorio:	INGEOTEST DE VENEZUELA
Código muestra:	SF5	Profundidad::	lecho
Operador:	H. Hernández		
Descripción:	Suelo granular (arenoso), no cohesivo, color beige, inodoro, sin pegajosidad		

Tamiz No	Tamiz (mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + suelo (gr)	Suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.750	747.20	764.22	17.02	4.31	4.31	95.69
10	2.000	643.20	655.53	12.33	3.13	7.44	92.56
40	0.419	566.20	615.28	49.08	12.44	19.88	80.12
60	0.250	512.00	666.20	154.20	39.08	58.96	41.04
80	0.180	515.00	641.62	126.62	32.09	91.05	8.95
100	0.150	398.12	410.34	12.22	3.10	94.15	5.85
200	0.075	475.00	492.71	17.71	4.49	98.64	1.36
PAN	0.000	483.60	488.98	5.38	1.36	100.00	0.00
Peso Suelo Final(gr)				394.55	100.00		
Peso Suelo inicial(gr)				400.00			
%ERROR				1.36			



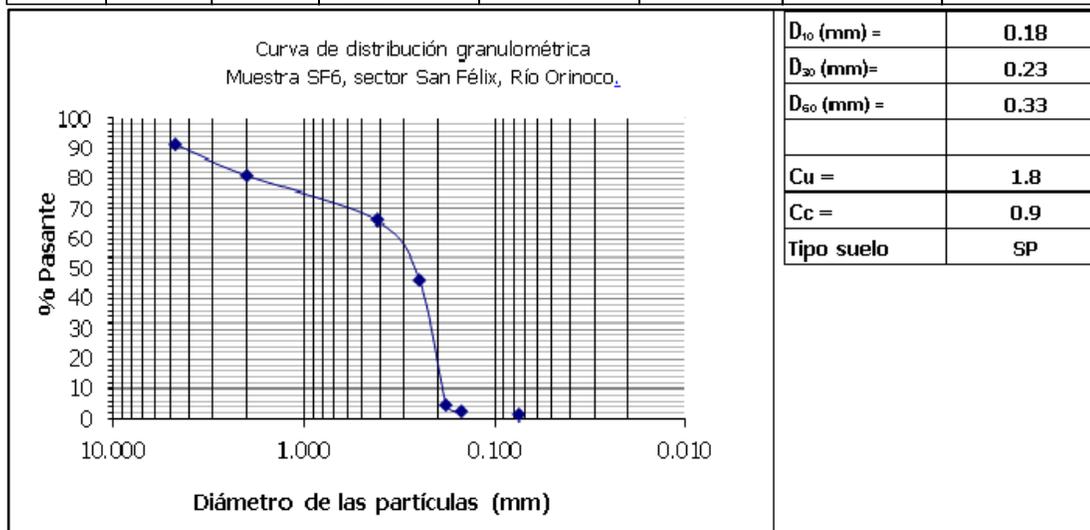
A.5 Análisis granulométrico de la muestra SF5 (Hernández, 2021).



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

Proyecto:	Tesis EIA incidencia explotación arena sector San Félix	Ubicación:	Río Orinoco
Ubicación muestra:	E 538343, N 926796 (Sector San Félix)	Laboratorio:	INGEOTEST DE VENEZUELA
Código muestra:	SF6	Profundidad::	lecho
Operador:	H. Hernández		
Descripción:	Suelo granular (arenoso), no cohesivo, color beige, inodoro, sin pegajosidad		

Tamiz No	Tamiz (mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + suelo (gr)	Suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.750	747.20	781.17	33.97	8.58	8.58	91.42
10	2.000	643.20	684.20	41.00	10.36	18.94	81.06
40	0.419	566.20	625.38	59.18	14.95	33.88	66.12
60	0.250	512.00	590.18	78.18	19.75	53.63	46.37
80	0.180	515.00	680.04	165.04	41.68	95.31	4.69
100	0.150	401.25	410.54	9.29	2.35	97.66	2.34
200	0.075	489.30	492.95	3.65	0.92	98.58	1.42
PAN	0.000	483.60	489.22	5.62	1.42	100.00	0.00
Peso Suelo Final(gr)				395.93	100.00		
Peso Suelo inicial(gr)				400.00			
%ERROR				1.02			



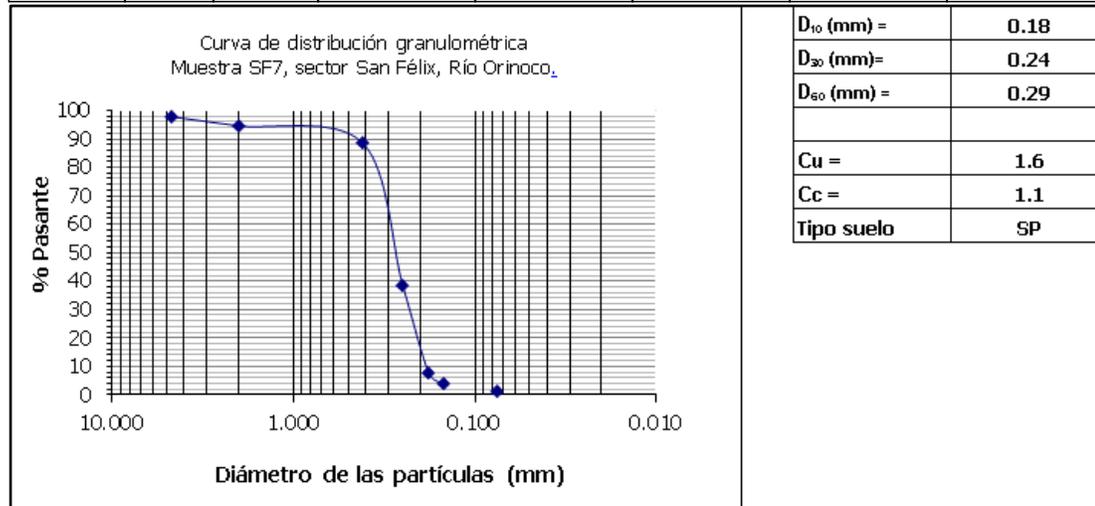
A.6 Análisis granulométrico de la muestra SF6 (Hernández, 2021).



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

Proyecto:	Tesis EIA incidencia explotación arena sector San Félix	Ubicación:	Río Orinoco
Ubicación muestra:	E 538625, N 926865 (Sector San Félix)	Laboratorio:	INGEOTEST DE VENEZUELA
Código muestra:	SF7	Profundidad::	lecho
Operador:	H. Hernández		
Descripción:	Suelo granular (arenoso), no cohesivo, color beige, inodoro, sin pegajosidad		

Tamiz No	Tamiz (mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + suelo (gr)	Suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.750	747.20	756.27	9.07	2.19	2.19	97.81
10	2.000	643.20	656.51	13.31	3.21	5.40	94.60
40	0.419	566.20	589.97	23.77	5.73	11.13	88.87
60	0.250	512.00	720.19	208.19	50.23	61.36	38.64
80	0.180	515.00	642.57	127.57	30.78	92.14	7.86
100	0.150	395.60	410.95	15.35	3.70	95.84	4.16
200	0.075	482.30	493.44	11.14	2.69	98.53	1.47
PAN	0.000	483.60	489.70	6.10	1.47	100.00	0.00
Peso Suelo Final(gr)				414.50	100.00		
Peso Suelo inicial(gr)				420.00			
%ERROR				1.31			



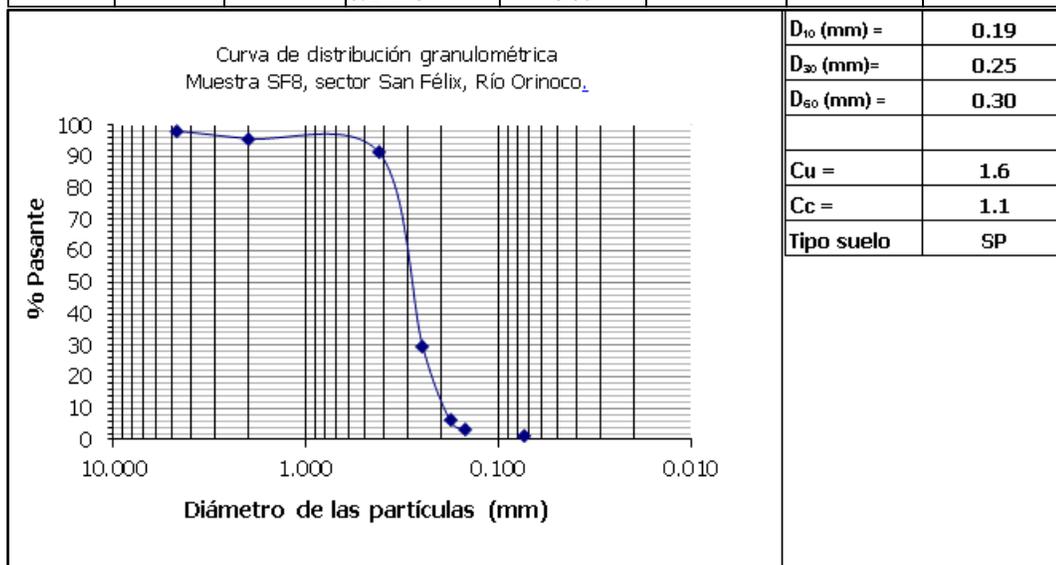
A.7 Análisis granulométrico de la muestra SF7 (Hernández, 2021).



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

Proyecto:	Tesis EIA incidencia explotación arena sector San Félix	Ubicación:	Río Orinoco
Ubicación muestra:	E 538484, N 927001 (Sector San Félix)	Laboratorio:	INGEOTEST DE VENEZUELA
Código muestra:	SF8	Profundidad::	lecho
Operador:	H. Hernández		
Descripción:	Suelo granular (arenoso), no cohesivo, color beige, inodoro, sin pegajosidad		

Tamiz No	Tamiz (mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + suelo (gr)	Suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.750	747.20	756.49	9.29	1.73	1.73	98.27
10	2.000	643.20	656.70	13.50	2.51	4.24	95.76
40	0.419	566.20	590.14	23.94	4.45	8.69	91.31
60	0.250	512.00	842.44	330.44	61.43	70.11	29.89
80	0.180	515.00	642.76	127.76	23.75	93.86	6.14
100	0.150	395.60	411.07	15.47	2.88	96.74	3.26
200	0.075	482.30	493.59	11.29	2.10	98.84	1.16
PAN	0.000	483.60	489.85	6.25	1.16	100.00	0.00
Peso Suelo Final(gr)				537.95	100.00		
Peso Suelo inicial(gr)				540.00			
%ERROR				0.38			



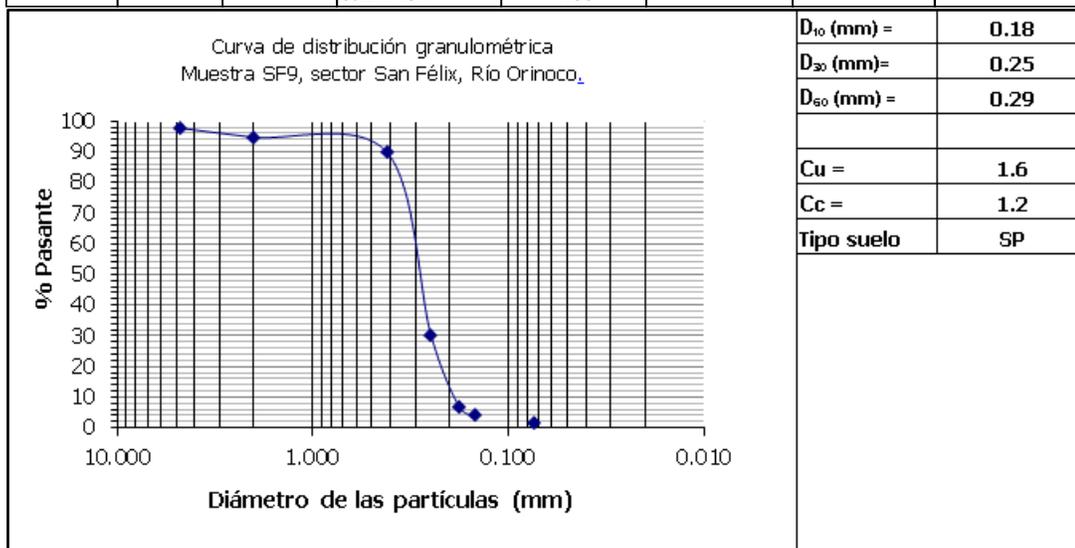
A.8 Análisis granulométrico de la muestra SF8 (Hernández, 2021).



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

Proyecto:	Tesis EIA incidencia explotación arena sector San Félix	Ubicación:	Río Orinoco
Ubicación muestra:	E 538757, N 927068 (Sector San Félix)	Laboratorio:	INGEOTEST DE VENEZUELA
Código muestra:	SF9	Profundidad::	lecho
Operador:	H. Hernández		
Descripción:	Suelo granular (arenoso), no cohesivo, color beige, inodoro, sin pegajosidad		

Tamiz No	Tamiz (mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + suelo (gr)	Suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.750	747.20	760.24	13.03	2.32	2.32	97.68
10	2.000	643.20	659.95	16.75	2.98	5.30	94.70
40	0.419	566.20	593.06	26.86	4.78	10.08	89.92
60	0.250	512.00	846.61	334.61	59.53	69.61	30.39
80	0.180	515.00	645.95	130.95	23.30	92.90	7.10
100	0.150	395.60	413.11	17.50	3.11	96.01	3.99
200	0.075	482.30	496.03	13.73	2.44	98.46	1.54
PAN	0.000	483.60	492.28	8.67	1.54	100.00	0.00
Peso Suelo Final(gr)				562.12	100.00		
Peso Suelo inicial(gr)				570.00			
%ERROR				1.38			



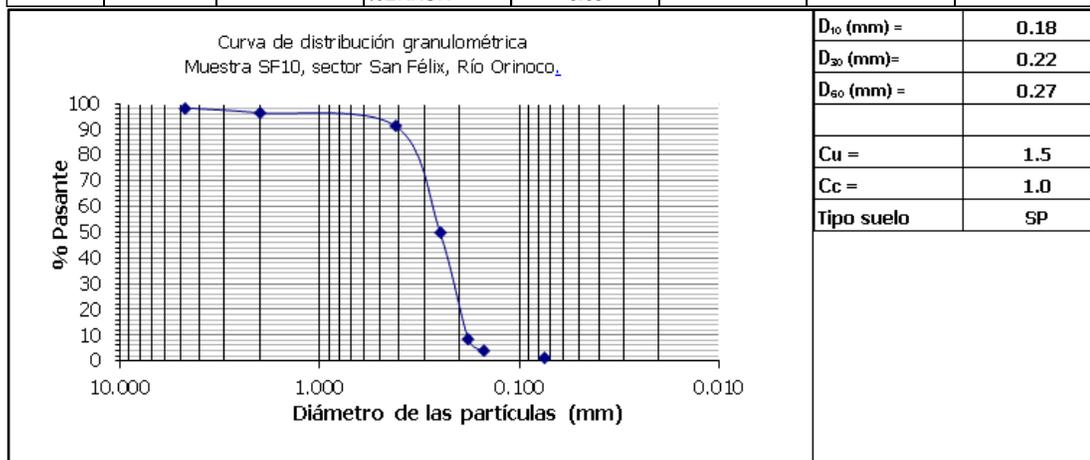
A.9 Análisis granulométrico de la muestra SF9 (Hernández, 2021).



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

Proyecto:	Tesis EIA incidencia explotación arena sector San Félix	Ubicación:	Río Orinoco
Ubicación muestra:	E 538992, N 927078 (Sector San Félix)	Laboratorio:	INGEOTEST DE VENEZUELA
Código muestra:	SF10	Profundidad::	lecho
Operador:	H. Hernández		
Descripción:	Suelo granular (arenoso), no cohesivo, color beige, inodoro, sin pegajosidad		

Tamiz No	Tamiz (mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + suelo (gr)	Suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.750	747.20	752.21	5.01	1.68	1.68	98.32
10	2.000	643.20	649.00	5.80	1.95	3.62	96.38
40	0.419	564.15	579.10	14.95	5.01	8.64	91.36
60	0.250	512.00	635.12	123.12	41.30	49.94	50.06
80	0.180	515.00	639.12	124.12	41.64	91.58	8.42
100	0.150	395.60	408.74	13.14	4.41	95.99	4.01
200	0.075	482.30	490.79	8.49	2.85	98.83	1.17
PAN	0.000	483.60	487.08	3.48	1.17	100.00	0.00
Peso Suelo Final(gr)				298.11	100.00		
Peso Suelo inicial(gr)				300.00			
%ERROR				0.63			



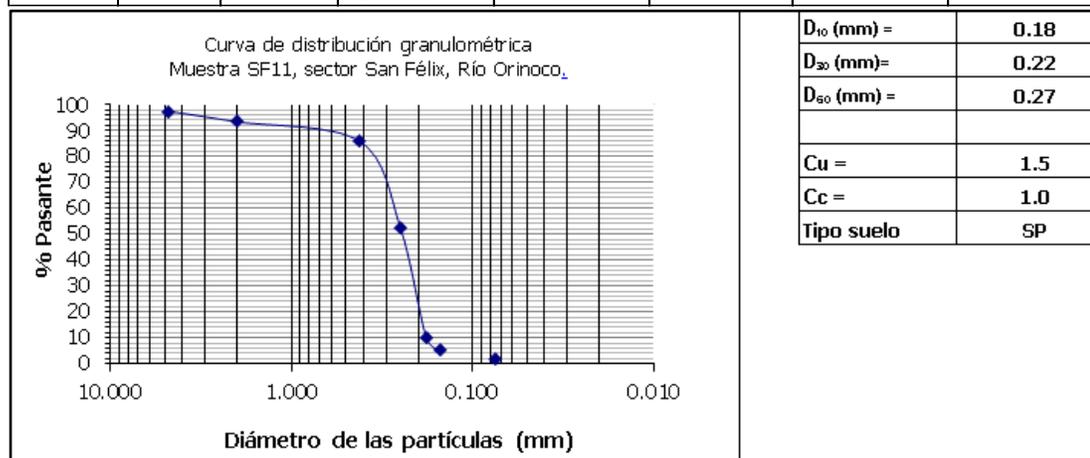
A.10 Análisis granulométrico de la muestra SF10 (Hernández, 2021).



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

Proyecto:	Tesis EIA incidencia explotación arena sector San Félix	Ubicación:	Río Orinoco
Ubicación muestra:	E 538848, N 927285 (Sector San Félix)	Laboratorio:	INGEOTEST DE VENEZUELA
Código muestra:	SF11	Profundidad::	lecho
Operador:	H. Hernández		
Descripción:	Suelo granular (arenoso), no cohesivo, color beige, inodoro, sin pegajosidad		

Tamiz No	Tamiz (mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + suelo (gr)	Suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.750	747.20	754.82	7.62	2.55	2.55	97.45
10	2.000	643.20	655.25	12.05	4.04	6.59	93.41
40	0.419	566.20	588.84	22.64	7.58	14.17	85.83
60	0.250	512.00	612.00	100.00	33.49	47.66	52.34
80	0.180	515.00	641.34	126.34	42.31	89.98	10.02
100	0.150	395.60	410.16	14.56	4.88	94.85	5.15
200	0.075	482.30	492.50	10.20	3.42	98.27	1.73
PAN	0.000	483.60	488.77	5.17	1.73	100.00	0.00
Peso Suelo Final(gr)				298.58	100.00		
Peso Suelo inicial(gr)				300.00			
%ERROR				0.47			



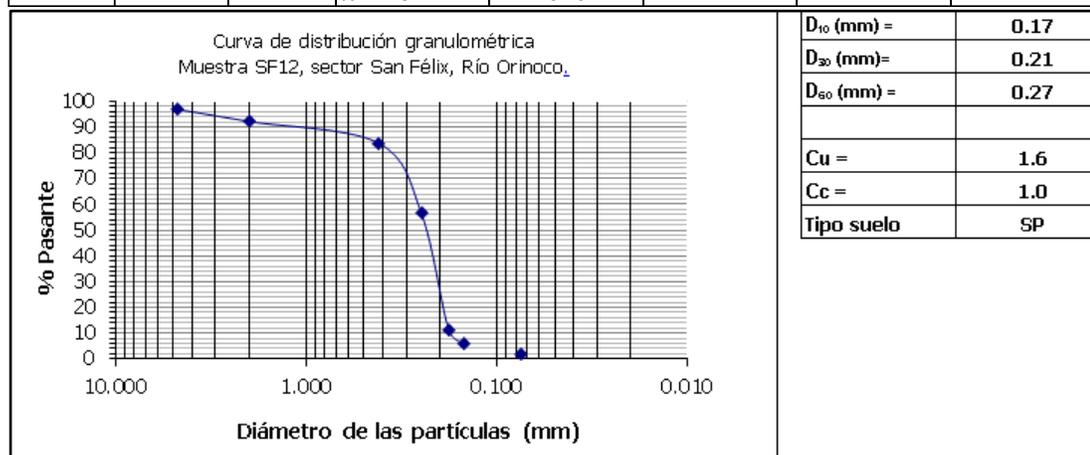
A.11 Análisis granulométrico de la muestra SF11 (Hernández, 2021).



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

Proyecto:	Tesis EIA incidencia explotación arena sector San Félix	Ubicación:	Río Orinoco
Ubicación muestra:	E 539136, N 927316 (Sector San Félix)	Laboratorio:	INGEOTEST DE VENEZUELA
Código muestra:	SF12	Profundidad::	lecho
Operador:	H. Hernández		
Descripción:	Suelo granular (arenoso), no cohesivo, color beige, inodoro, sin pegajosidad		

Tamiz No	Tamiz (mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + suelo (gr)	Suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.750	747.20	756.16	8.96	3.17	3.17	96.83
10	2.000	643.20	656.41	13.21	4.67	7.84	92.16
40	0.419	566.20	589.88	23.68	8.38	16.22	83.78
60	0.250	512.00	589.00	77.00	27.23	43.45	56.55
80	0.180	515.00	642.48	127.48	45.09	88.54	11.46
100	0.150	395.60	410.89	15.29	5.41	93.95	6.05
200	0.075	482.30	493.37	11.07	3.92	97.87	2.13
PAN	0.000	483.60	489.63	6.03	2.13	100.00	0.00
Peso Suelo Final(gr)				282.73	100.00		
Peso Suelo inicial(gr)				300.00			
%ERROR				5.76			



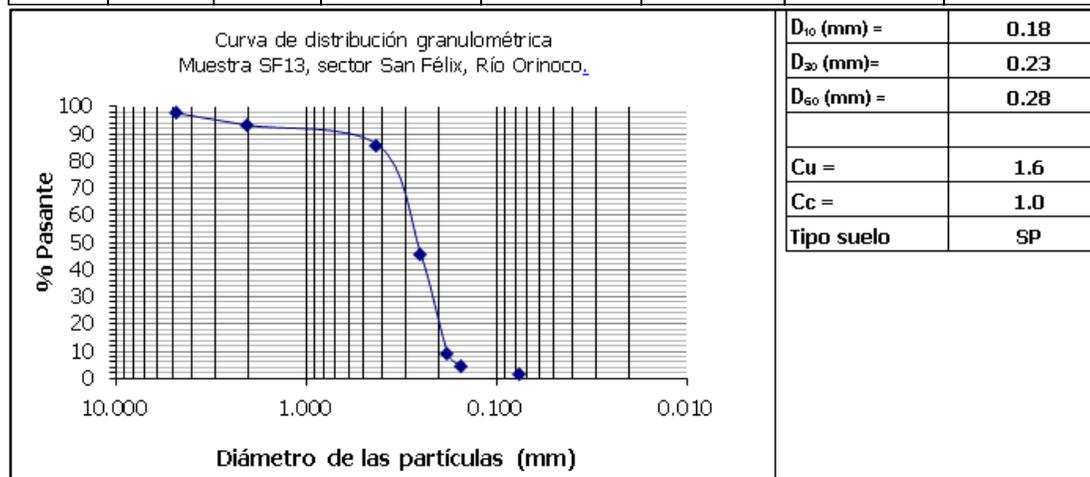
A.12 Análisis granulométrico de la muestra SF12 (Hernández, 2021).



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

Proyecto:	Tesis EIA incidencia explotación arena sector San Félix	Ubicación:	Río Orinoco
Ubicación muestra:	E 539373, N 927290 (Sector San Félix)	Laboratorio:	INGEOTEST DE VENEZUELA
Código muestra:	SF13	Profundidad::	lecho
Operador:	H. Hernández		
Descripción:	Suelo granular (arenoso), no cohesivo, color beige, inodoro, sin pegajosidad		

Tamiz No	Tamiz (mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + suelo (gr)	Suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.750	747.20	755.66	8.46	2.45	2.45	97.55
10	2.000	643.20	658.50	15.30	4.43	6.87	93.13
40	0.419	566.20	591.30	25.10	7.26	14.13	85.87
60	0.250	512.00	650.27	138.27	40.00	54.14	45.86
80	0.180	515.00	642.06	127.06	36.76	90.90	9.10
100	0.150	395.60	410.62	15.02	4.34	95.24	4.76
200	0.075	482.30	493.04	10.74	3.11	98.35	1.65
PAN	0.000	483.60	489.31	5.71	1.65	100.00	0.00
Peso Suelo Final(gr)				345.66	100.00		
Peso Suelo inicial(gr)				350.00			
%ERROR				1.24			



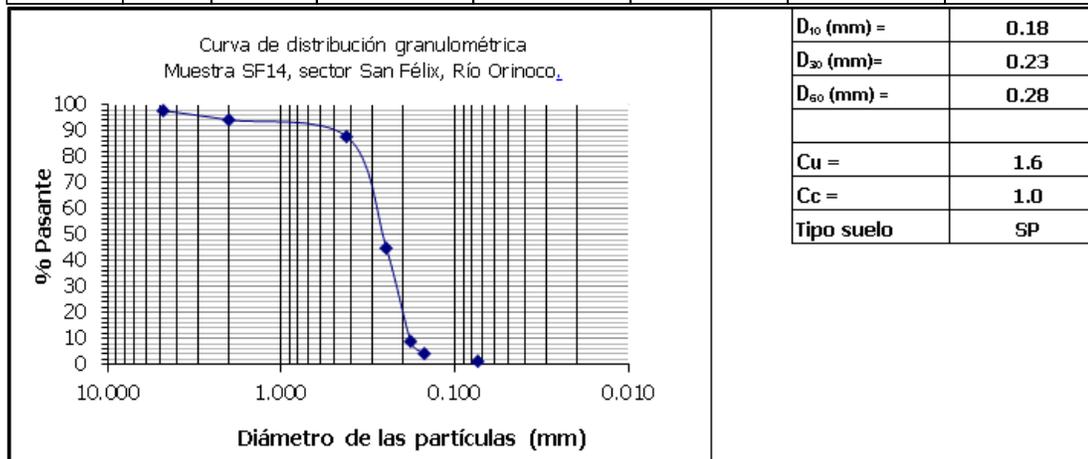
A.13 Análisis granulométrico de la muestra SF13 (Hernández, 2021).



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

Proyecto:	Tesis EIA incidencia explotación arena sector San Félix	Ubicación:	Río Orinoco
Ubicación muestra:	E 539188, N 927541 (Sector San Félix)	Laboratorio:	INGEOTEST DE VENEZUELA
Código muestra:	SF14	Profundidad::	lecho
Operador:	H. Hernández		
Descripción:	Suelo granular (arenoso), no cohesivo, color beige, inodoro, sin pegajosidad		

Tamiz No	Tamiz (mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz + suelo (gr)	Suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.750	747.20	754.98	7.78	2.24	2.24	97.76
10	2.000	643.20	655.39	12.19	3.51	5.75	94.25
40	0.419	566.20	588.96	22.76	6.55	12.30	87.70
60	0.250	512.00	660.00	148.00	42.60	54.90	45.10
80	0.180	515.00	641.48	126.48	36.40	91.30	8.70
100	0.150	395.60	410.25	14.65	4.22	95.52	4.48
200	0.075	482.30	492.60	10.30	2.96	98.48	1.52
PAN	0.000	483.60	488.87	5.27	1.52	100.00	0.00
Peso Suelo Final(gr)				347.42	100.00		
Peso Suelo inicial(gr)				350.00			
%ERROR				0.74			



A.14 Análisis granulométrico de la muestra SF14 (Hernández, 2021).

APÉNDICE B
ANÁLISIS DE FORMA DE LAS PARTÍCULAS DEL SUELO

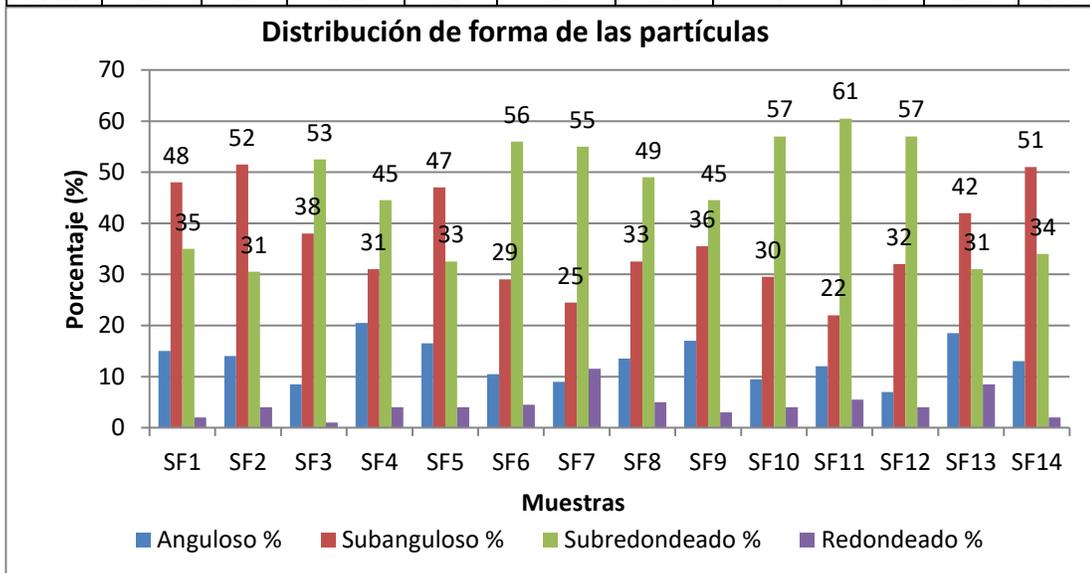


NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS
 Análisis de distribución de forma de las partículas

Proyecto:	Tesis EIA incidencia explotación arena sector San Félix	Ubicación:	Río Orinoco
Ubicación muestra:	ribera sur río Orinoco Sector San Félix	Laboratorio:	INGEOTEST DE VENEZUELA
Código muestra:	SF1 a SF14	Profundidad:	lecho
Operador:	H. Hernández		
Descripción:	Suelo granular (arenoso), no cohesivo, color beige, inodoro, sin pegajosidad		

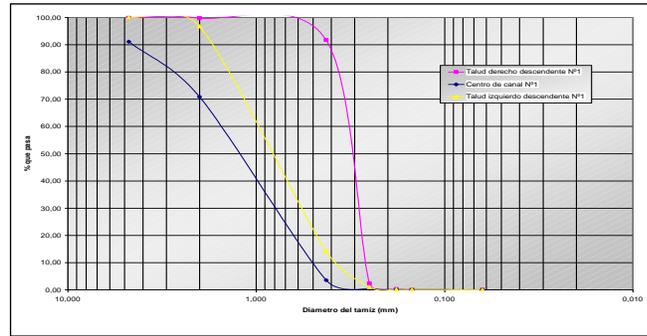
Formas de las partículas

Muestras	Anguloso		Subanguloso		Subredondeado		Redondeado		Totales	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cant	%
SF1	30	15	96	48	70	35	4	2	200	100
SF2	28	14	103	52	61	31	8	4	200	100
SF3	17	9	76	38	105	53	2	1	200	100
SF4	41	21	62	31	89	45	8	4	200	100
SF5	33	17	94	47	65	33	8	4	200	100
SF6	21	11	58	29	112	56	9	5	200	100
SF7	18	9	49	25	110	55	23	12	200	100
SF8	27	14	65	33	98	49	10	5	200	100
SF9	34	17	71	36	89	45	6	3	200	100
SF10	19	10	59	30	114	57	8	4	200	100
SF11	24	12	44	22	121	61	11	6	200	100
SF12	14	7	64	32	114	57	8	4	200	100
SF13	37	19	84	42	62	31	17	9	200	100
SF14	26	13	102	51	68	34	4	2	200	100

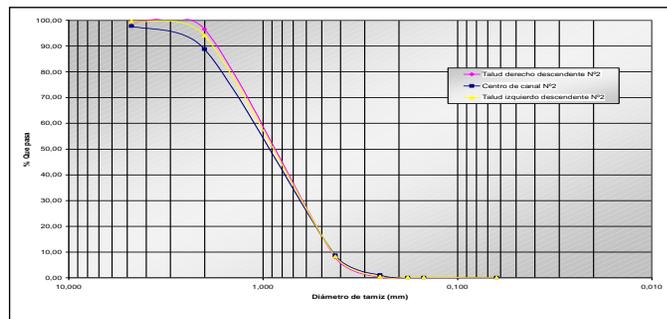


B.1 Distribución de la forma de las partículas de las muestras tomadas en el lecho del sector San Félix del río Orinoco (Hernández, 2021).

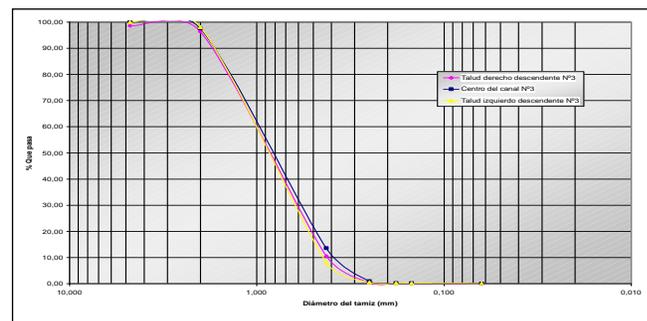
APÉNDICE C
ANÁLISIS DE SUELOS DE ESTUDIOS PREVIOS



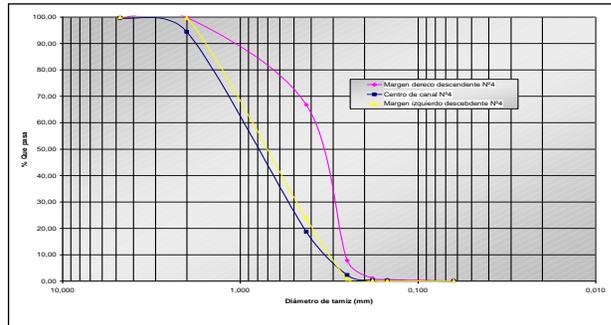
C.1 Análisis granulométrico de la sección de muestreo N°1 de la milla 180.8, del sector San Félix del Orinoco (Noya, 2008).



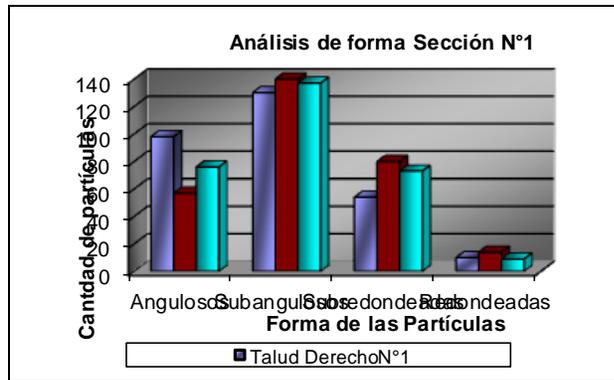
C.2 Análisis granulométrico de la sección de muestreo N°2 de la milla 180.5, del sector San Félix del Orinoco (Noya.2008).



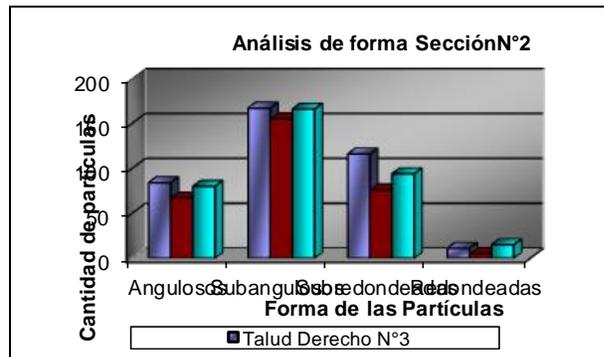
C.3 Análisis granulométrico de la sección de muestreo N°3 de la milla 180, del sector San Félix del Orinoco (Noya, 2008).



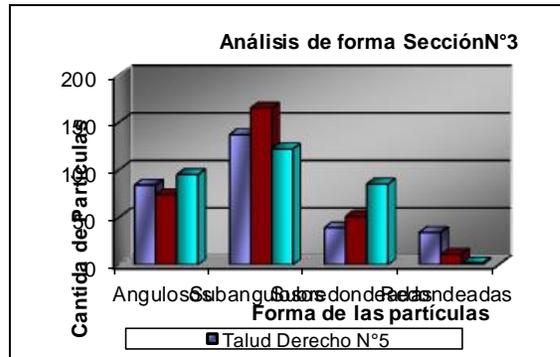
C.4 Análisis granulométrico de la sección de muestreo N°4 de la milla 179.5, del sector San Félix del Orinoco (Noya, 2008).



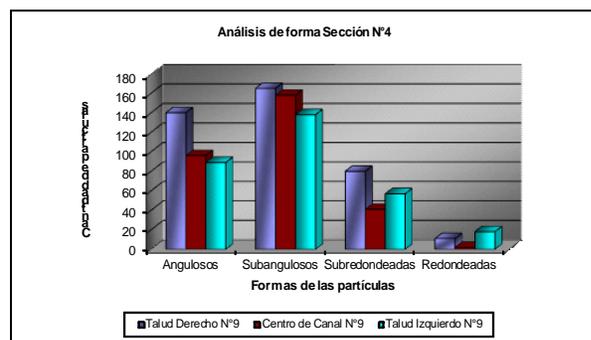
C.5 Análisis de forma de las muestras tomadas en la sección No 1 (Noya, 2008).



C.6 Análisis de forma de las muestras tomadas en la sección No 2 (Noya, 2008).



C.7 Análisis de forma de las muestras tomadas en la sección No 3 (Noya, 2008).

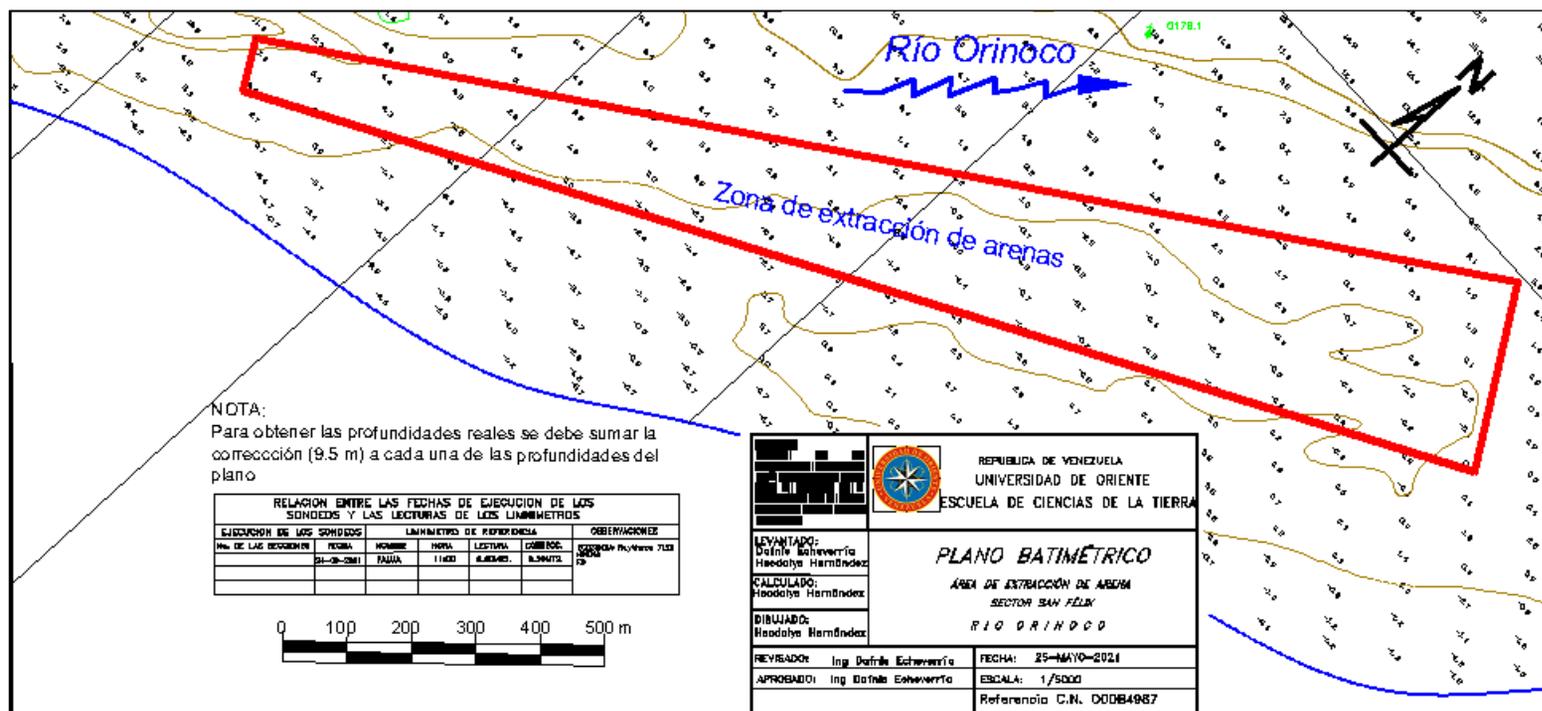


C.8 Análisis de forma de las muestras tomadas en la sección No 4 (Noya, 2008).

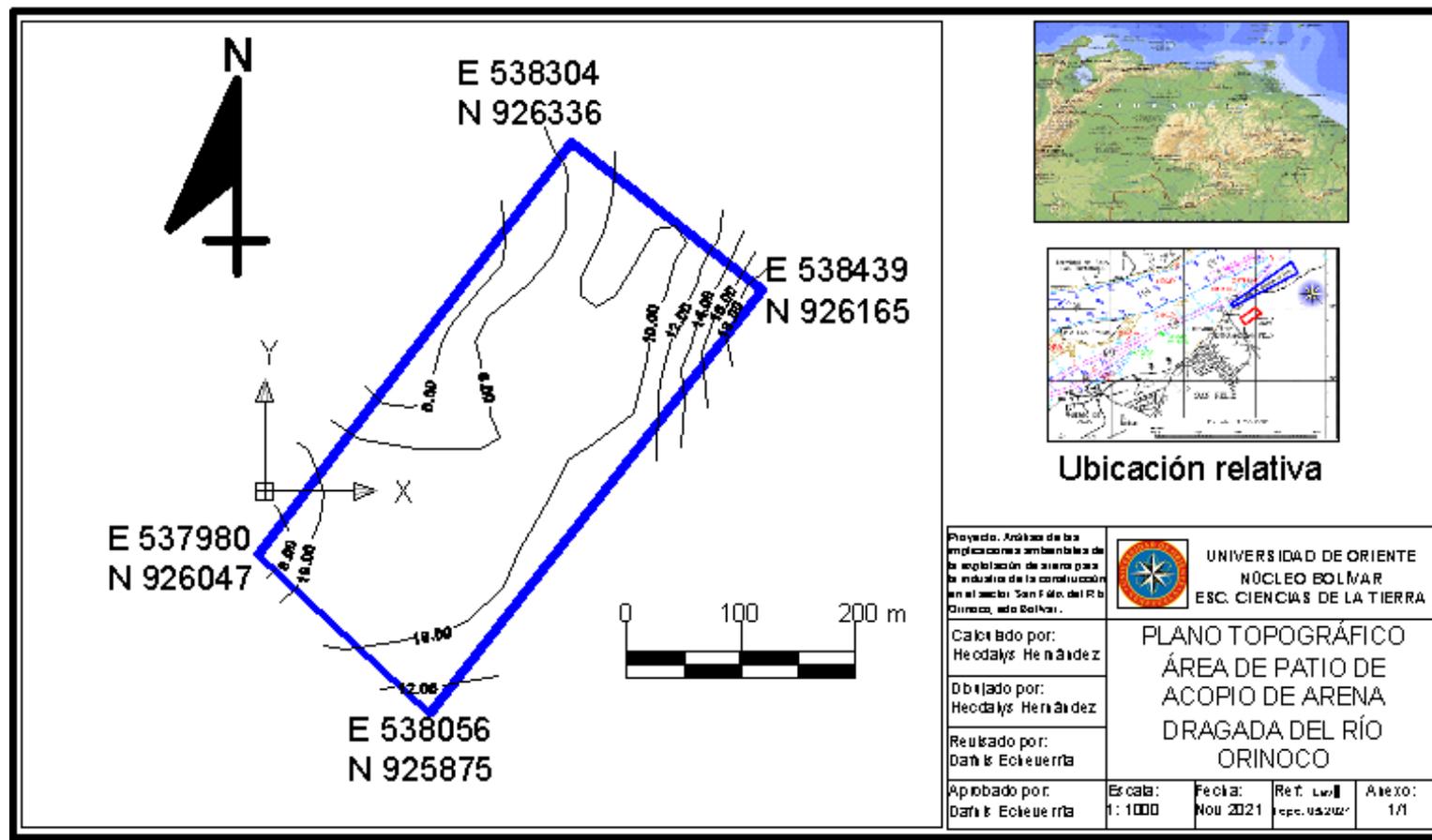
No de la muestra	Código de la muestra	Ubicación relativa del muestreo
1	CC-1	Centro de canal de navegación
2	TID-1	Talud izquierdo del canal en sentido descendente
3	TDD-1	Talud derecho del canal en sentido descendente
4	CC-2	Centro de canal de navegación
5	TID-2	Talud izquierdo del canal en sentido descendente
6	TDD-2	Talud derecho del canal en sentido descendente
7	CC-3	Centro de canal de navegación
8	TID-3	Talud izquierdo del canal de navegación en sentido descendente
9	TDD-3	Talud derecho del canal de navegación en sentido descendente
10	CC-4	Centro de canal de navegación
11	TID-4	Talud izquierdo del canal de navegación en sentido descendente
12	TDD-4	Talud derecho del canal de navegación en sentido descendente

C.9 Identificación y ubicación de las muestras tomadas en el sector San Félix (Noya 2008).

APÉNDICE D
LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO Y TOPOGRÁFICO DE LA
ZONAS DE DRAGADO Y DE ACOPIO RESPECTIVAMENTE



D.1 Plano batimétrico de la zona de dragado.



D.2 Plano topográfico de la zona de acopio.

APÉNDICE E
IMÁGENES REFERENCIALES DE LOS TIPOS DE EQUIPOS
QUE SE PRODRÍAN UTILIZAR EN EL PROYECTO



E.1 Imagen de un típico Remolcador de 500 Hp que podría ser utilizado en un proyecto de dragado con cortador.



E.2 Ejemplo de lancha para transporte de personal.



E.3 Ejemplo de un cargador frontal tipo CAT 950



E.4 Ejemplo de un Tractor D6 para acarreo de equipo pesado en el patio de acopio.



E.5 Aspecto de la acomodación de una lancha hidrográfica típica.



E.6 Ejemplo típico de un bote con motor fuera de borda.



E.7 Compresor de 750 pies³/min.



E.8 Tipos de cabezales referenciales que puede utilizar una draga de cortador.



E.9 Draga de cortador con las anclas de movimiento lateral izadas.



E.10 Imagen referencial de una tubería de descarga autoflotante.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	ANÁLISIS DE LAS IMPLICACIONES AMBIENTALES DE LA EXPLOTACIÓN DE ARENA PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL SECTOR SAN FÉLIX DEL RÍO ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Hernández Rodríguez, Hecdalys Gabriela	CVLAC	24.186.984
	e-mail	hecdalys.gaby.17@gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Explotación de arena
Impacto ambiental
Dragado
Río Orinoco
Sector San Félix

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Estudio de impacto ambiental	Dragado de lechos arenoso

Resumen (abstract):

El auge de la industria de la construcción en la región Guayana ha generado que muchas empresas hayan enfocado sus esfuerzos a la búsqueda de los recursos minerales necesarios para enfrentar la demanda ingente de insumos para esa industria, tal como es el caso de la explotación de arena como agregado para la construcción, extraída del lecho del río Orinoco en el sector San Félix. En vista de ello, surge la necesidad de realizar los estudios tendientes a determinación de la incidencia de la explotación de estas arenas en las condiciones ambientales del sector San Félix lo cual se constituye en el objetivo general de la investigación, ya que toda actividad antrópica que interviene el lecho fluvial, o altera la turbiedad natural del agua, o genera la migración de las especies ribereñas de la ictiofauna, o destruye la flora de las márgenes, entre otras, se puede considerar como incidencia sobre las condiciones ambientales fluviales y ribereñas. La estrategia adoptada para dar respuesta al problema planteado fue documental y de campo. Para la realización de la presente investigación se determinó el comportamiento hidrodinámico del flujo en el sector correlacionando los niveles del río, velocidades y gastos líquidos obtenidos de las campañas de aforo efectuadas por el INC durante el período 1997- 2002. Se caracterizaron texturalmente los materiales del lecho del cauce mediante el análisis granulométrico y el análisis morfométrico de las partículas de catorce (14) muestras tomadas durante la investigación. Se realizaron levantamientos batimétrico y topográfico de las áreas de extracción y de acopio para la construcción de los planos respectivos. Posteriormente, se analizó el plan de extracción y almacenamiento de materiales arenosos y se identificaron y jerarquizaron las incidencias ambientales que tendrían los procesos de explotación de la arena del lecho del río Orinoco. Como resultados relevantes se identificaron doce (12) incidencias sobre el medio físico, cinco (05) incidencias sobre el medio biótico, dos (02) incidencias sobre el medio. Se efectuó la evaluación ambiental a través de la jerarquización de todos los diecinueve (19) impactos ambientales identificados anteriormente, de acuerdo al método de los Criterios Relevantes Integrados de Buroz (1990), estos se clasificaron en omisibles o leves, lo cual se justifica debido a la gran capacidad que posee el río Orinoco para restablecer sus condiciones de equilibrio. Finalmente, se sugieren medidas de control o mitigación las cuales fueron en su totalidad de carácter gerencial, específicamente de supervisión y control de las actividades del proceso de dragado y acopio dando cumplimiento a las leyes y normas que rigen la ejecución de este tipo de actividades.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Echeverría D., Dafnis J.	ROL	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	4.506.408
	e-mail	dafnisecheverriado@gmail.com
	e-mail	
Osío, Bezeida	ROL	CA <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	7.253.131
	e-mail	bezeida2404@gmail.com
	e-mail	
Silva, Gisela	ROL	CA <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	12.598.208
	e-mail	giselasilva77@gmail.com
	e-mail	

Contribuidores:

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2022	02	10

Lenguaje Spa

Archivo(s):

Nombre de archivo
Impacto ambiental explotación arena sector San Félix del río Orinoco.

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: Sector San Félix del Río Orinoco, Estado Bolívar, Venezuela

Temporal: Período de aguas bajas (estiaje) del río Orinoco, (Enero a Marzo) año 2021

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero de Minas

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Pregrado

Área de Estudio:

Ingeniería de Minas

Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE	
SISTEMA DE BIBLIOTECA	
RECIBIDO POR	<i>[Firma]</i>
FECHA	5/8/09
HORA	5:30

Cordialmente,

[Firma]
JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/manuja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : “Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.”



AUTOR
Hecdalys G. Hernández R.
C.I.: V-24.186.984



Dafnis J. Echeverría D.



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLIVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

CONSTANCIA DE REVISIÓN Y CONFORMIDAD DE TUTORÍA

A través de la presente hago de su conocimiento que el trabajo de grado intitulado **“ANÁLISIS DE LAS IMPLICACIONES AMBIENTALES DE LA EXPLOTACIÓN DE ARENA PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL SECTOR SAN FÉLIX DEL RÍO ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA”**, elaborado por la bachiller, **HERNÁNDEZ R., HECDALYS G.** de cédula de identidad No: **24.186.984**; fue revisado y aprobado por quien suscribe y en vista de ello, se propone para que sea expuesto y defendido por su autora.

Sin otro particular

Atentamente.

Prof. Dafnis Licherria

Asesor académico