

6.0 DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO

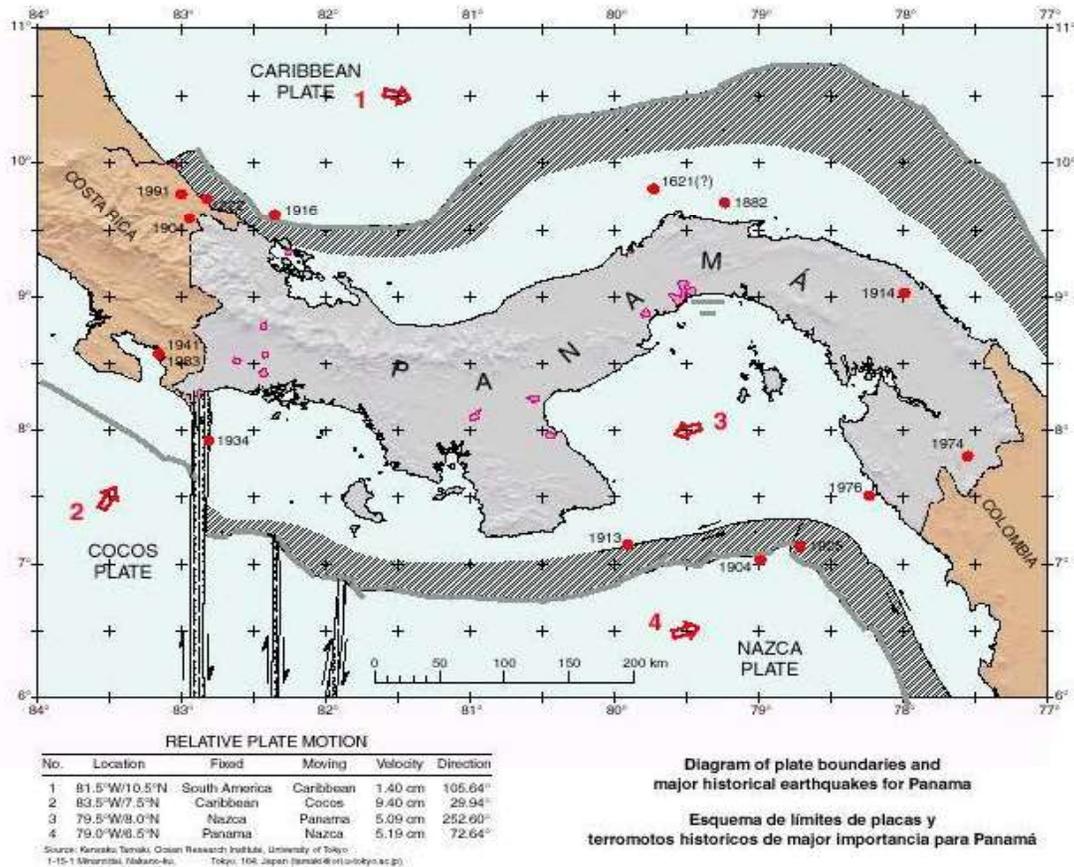
La sección que se presenta a continuación contiene los aspectos relacionados con la línea base del ambiente físico para el área de influencia del Proyecto de Construcción de una Central Térmica de Ciclo Combinado de 670 MW. Para esta descripción, se requirió tanto de información cualitativa, como datos cuantitativos, los cuales fueron obtenidos mediante la revisión de fuentes secundarias y primarias, estas últimas vinculadas a giras de campo y toma de muestras. El nivel de detalle presentado en este capítulo, para cada uno de los elementos descritos, es acorde a la importancia que los mismos revisten en las discusiones de los impactos significativos y a la necesidad de desarrollar las medidas preventivas o mitigantes.

Como parte de las fuentes de referencia, se utilizaron algunos estudios previamente realizados por la firma consultora, así como documentos, todos ellos relacionados con el entorno donde se desarrollará el proyecto. Entre estos figuran el Estudio de Impacto Ambiental, categoría III, Proyecto Costa Norte, URS Holdings, Inc. (2015); Atlas Ambiental de la República de Panamá (2010); Estudio de Impacto Ambiental Categoría II Proyecto de Recepción, Almacenamiento, Regasificación, Distribución y Comercialización de Gas Natural y la Construcción de una Central Térmica (2010), entre otros.

6.1. Formaciones Geológicas Regionales

El Istmo de Panamá surgió hace unos 80 millones de años atrás, por medio de una fisura oceánica, la cual trajo como consecuencia un arco de islas de origen volcánico, que actualmente constituye, la Cordillera Central. Los primeros procesos eruptivos se dieron desde la edad Cretácica y corresponden, al volcanismo submarino. Luego, el volcanismo del Terciario, específicamente del Mioceno, ocupa gran parte del territorio del Istmo. Este volcanismo fue de tipo Continental, muy explosivo y originó la principal cadena montañosa del país. A esto se le suman los ciclos de sedimentación, desde el período Eoceno hasta el Pleistoceno y los del período actual; conformándose así, la actual configuración geológica y tectónica de Panamá (Figura 6-1).

Figura 6-1
Esquema de Límites de Placas del Bloque de Panamá



El Istmo de Panamá está situado sobre una miniplaca tectónica a la cual se ha denominado Bloque de Panamá. Esta miniplaca se encuentra activa sísmicamente, debido a la colisión de cuatro grandes placas tectónicas de las cuales está rodeada: la Placa Caribe, al norte; la Placa de Nazca, al sur; la Placa del Coco, al sudoeste y la Placa Suramericana, al este. Panamá presenta una historia sismotectónica reciente del Terciario, época en la cual emergen las estructuras que actualmente se conocen.

El Cinturón Deformado del Norte de Panamá (CDNP) el cual conforma el límite Norte de la Microplaca Panamá, constituye la principal fuente de liberación de energía geológica más cercana al área del proyecto, constituye una amplia zona de deformación originada por la convergencia entre la Placa Caribe y la Microplaca de Panamá. Se extiende en forma de arco paralela a la margen

Caribe de Panamá, desde la entrada del Golfo de Urabá, en Colombia, hasta Puerto Limón, en el Caribe de Costa Rica. (Figura 6-1).

Hoy día, podemos encontrar dos tendencias que tratan de explicar la compleja Geología del Istmo de Panamá, a través de diferentes modelos. La primera propone que Panamá, se está moviendo en dirección NW, alejándose de la zona de convergencia activa del margen Continental de Sur América hacia la cuenca de Colombia. El movimiento es el resultado de una compleja interacción, que produce arrugamiento oroclinal de callamiento, de corrimiento lateral izquierdo y subducción (Mann, Corrigan; 1990). Por su parte, la segunda tendencia se basa en un modelo de subducción activa debajo de la sección Occidental de Panamá. Éste, reconoce dos principales períodos volcánicos: del Mioceno Medio al Mioceno Superior y el Cuaternario. A cada uno de estos períodos, le corresponden diferentes tipos de proceso de subducción (Boer, Stewart, Blelton; 1991).

Sin entrar en discusión, de cuál de los dos modelos es el acertado, las investigaciones realizadas, indican que las rocas consideradas como más antiguas, afloran en áreas restringidas de la región Sur-Occidental de la Península de Azuero y de la Península de Soná. Se trata de una formación de la edad Cretácica y corresponden, a un origen de volcanismo: basaltos, posibles espilitas y piritas.

Cronológicamente continúan formaciones, por lo menos en partes sedimentarias, cuyos fósiles, pertenecen exclusivamente a las últimas épocas del Cretácico Superior. En el Este del Canal de Panamá, aumentan progresivamente, lavas y tobas; mientras, disminuye el sedimentario aflorante.

Durante el Paleoceno y el Eoceno Inferior, ocurrieron fuertes empujes tectónicos; y el posterior emplazamiento de plutones a lo largo de la Cordillera de San Blas, y de la Península de Azuero y Soná. Estos acontecimientos, produjeron metamorfismos de contacto en rocas cretácicas, con la correspondiente formación de corneanas cruzadas por vetitas y diques ígneos.

El Oligoceno y Mioceno sedimentario, aparecen intercalados por abundantes coladas y piroclástitas. También en dichos períodos, hubo discreta actividad intrusiva con formación de plutones, principalmente en las vertientes Atlántica de la Cordillera. En el Plioceno Sedimentario,

aparece en varias regiones, en una pequeña cuenca al Oeste de Colón (formaciones Toro-Chagres) y en el núcleo del sinclinal de la cuenca Darienita, conglomerados, areniscas y limonitas. Fue durante este período, donde se inició una nueva época volcánica y se cerró el paso entre los dos océanos (Atlántico y Pacífico), a causa de procesos geológicos que están aún en acción (Figura 6-1).

Las planicies de las costas de Colón pertenecen al Grupo Aguadulce, Formación Río Hato y su composición litológica se caracteriza por la presencia de conglomerados, areniscas, lutitas, tobas, areniscas no consolidadas y pómez. Estos materiales pertenecen al grupo de rocas sedimentarias de finales del período Cuaternario, conocido como Holoceno de la Era Cenozoica. Los tipos más abundantes de rocas sedimentarias pertenecen al grupo de las Clásticas Terrígenas, formadas por fragmentos que provienen principalmente de la desintegración de las rocas silicatas más antiguas, al cual pertenecen las lutitas, areniscas y conglomerados, siendo las primeras de ellas la más abundante. La presencia de areniscas y conglomerados se relaciona con la existencia de guijarros cementados de materiales finos como limo, arena y grava (LNG, 2010).

6.1.1. Unidades Geológicas Locales

La caracterización geológica se realizó principalmente en base a la información recopilada en estudios previos y a la cartografía relacionada con el sector, obtenida del Mapa Geológico de la Zona del Canal de Panamá (Stewart, R. H. Et al. 1980), así como de información recopilada mediante gira de reconocimiento y con la ayuda del Sistema de Información Geográfica de URS Holdings, Inc.

Las investigaciones geológicas del área central de Panamá, dentro de la cual se encuentra el área bajo estudio, han revelado la presencia de una cuenca sedimentaria bien definida. Esta cuenca se extiende desde el Pacífico hasta el Caribe, a través del Istmo, formando una pared interconectada de cuencas delgadas y alargadas. La cuenca se desarrolló donde grandes fallas desasociaron los bloques tectónicos de Chorotecha y Chocó. Los registros estratigráficos de este sector reflejan los eventos geológicos que llevaron a la separación de estos grandes rasgos estructurales.

A nivel local, el 85.22% del **área de influencia directa** se encuentra localizada en la Formación Río Hato (QR-Aha) del Grupo Aguadulce, pertenecientes al período Cuaternario, y el porcentaje restante es agua (ver Figura 6-2, al final del capítulo). Mientras que, en el área de influencia indirecta, además de la formación antes mencionada, en el sector Este se distingue la Formación Gatún (TM-GA) del Grupo Gatún, del período Terciario y un porcentaje correspondiente a agua.

La superficie ocupada por cada formación se señala en la tabla continuación.

Tabla 6-1
Formaciones Geológicas en el Área de Influencia del Proyecto

Categoría	Área de Estudio			
	Área de Influencia Directa		Área de Influencia Indirecta	
	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje
Río Hato (QR-Aha)	29.256	85.222	503.698	62.979
Gatún (TM-GA)	0.000	0.000	25.888	3.237
Agua	5.073	14.778	270.203	33.784
Total	34.329	100.000	799.789	100.000

Fuente: URS Holdings, Inc. 2020.

Formación Río Hato (QR-Aha)

La formación geológica Río Hato está compuesta principalmente por conglomerados, arenisca, lutitas, tobas y sedimentos no diferenciados. Contiene rocas sedimentarias del Cuaternario reciente, tales como: areniscas, conglomerados, lutitas, tobas, areniscas no consolidadas y pómez. Esta formación localmente presenta sedimentos, no diferenciados, principalmente aluvión o relleno. Se le conoce también como “Lamas del Atlántico”.

La composición litológica está basada en la presencia de aluviones, sedimentos no consolidados, areniscas, corales, manglares, conglomerados y lutita carbonosa. Estos materiales pertenecen al grupo de rocas sedimentarias, las cuales se comenzaron a sedimentar a finales del Mioceno aproximadamente 20 millones de años atrás; de los materiales citados, destaca la presencia de areniscas, ya que los estratos se forman a partir de las acumulaciones de sedimentos no consolidados; estas capas tienden hacer discontinuas y relativamente delgadas; algunos de estos estratos de aluviones y lutita carbonosa revelan estructuras sedimentarias como estratificación

cruzadas e imbricaciones, que son el resultado del transporte y depósito de partículas provenientes de corrientes de agua.

La estructura geológica prevaleciente en el sector tiene una distribución y una orientación muy irregular, cuya configuración estructural se deriva en gran parte de procesos tectónicos ocurridos desde el Mioceno (Terciario) hasta el cuaternario reciente.

El sector presenta una fuerte meteorización, propia de la zona, como consecuencia de sus características climáticas, forman escasos afloramientos de rocas sanas observables.

La geología costera se define como depósitos de plataformas continentales e islas de conchas, depósitos carbonosos, carbonos, depósitos de detrito altamente variados con componente pelágicos, semi pelágicos y terrígenos, predominando sedimentos del Holoceno.

Formación Gatún (TM-GA)

Esta es una formación sedimentaria del Mioceno medio de la Época Terciaria. Se localiza en los límites del área de influencia del proyecto, en dirección Sureste (ver Figura 6-2 al final del capítulo). Según las observaciones de campo, a través del área de influencia indirecta la formación se compone principalmente de arenisca, lutita y toba. La Formación Gatún representa la unidad estratigráfica de mayor significado a nivel regional. Estudios previos han encontrado en este tipo de formación una variedad de fósiles desde organismos microscópicos foraminíferos hasta caracoles y moluscos grandes.

6.1.2. Caracterización Geotécnica

Zona Terrestre

El área terrestre del proyecto tiene características geotécnicas variables dependiendo del sector analizado, ya que la zona en general presenta, principalmente a nivel superficial, diversos tipos de suelos. En el área del proyecto y su entorno, se observa que los sectores donde hay desarrollo de manglar presentan una gran influencia de la marea, predomina el limo y arcilla, mientras que hacia los bordes exteriores del manglar y en los herbazales predominan los suelos arcillosos.

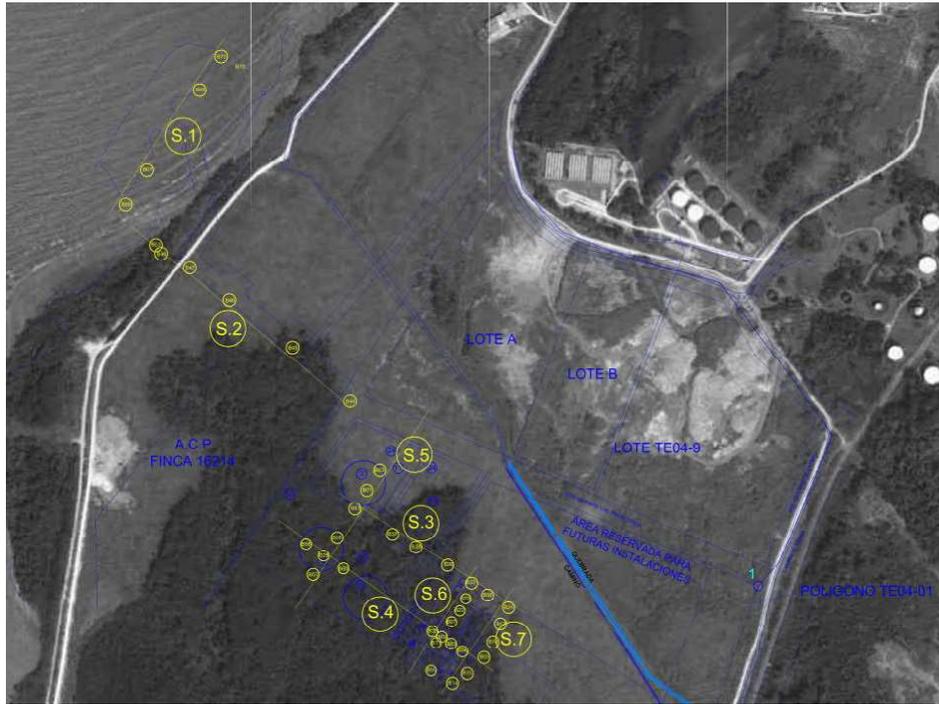
Con la finalidad de determinar las propiedades geotécnicas de los distintos estratos de suelo y la resistencia de la formación rocosa en el área destinada a la construcción del proyecto, la empresa GC DRILL, S.A. (2014), realizó un estudio geotécnico que contempló 61 sondeos a profundidades de perforación que oscilaron entre 19.00 m y 37.65 m, el cual de manera general indicó que la zona terrestre mantiene la presencia de material blando altamente compresible, este material presenta espesores variables en distintos sitios que varían entre 16.30 m y 26.00 m. Analizando la zona de estudio en base a 7 sectores, definidos según lo indicado en la Figura 6-3 (S.1, S.2, S.3, S.4, S.5, S.6 y S.7), se identificó que en general las primeras capas del área están compuestas principalmente de material arcilloso, seguido, según el sector, por capas básicamente conformadas por material de lama, lodo marino y arena limosa. En las capas más profundas se ubicó la presencia de material meteorizado.

Por su parte, los análisis de asentamientos indicaron valores de asentamiento por el orden de $S_t=113.00$ cm y $S_t=80.81$ cm, dichos asentamientos se darían en un tiempo de 15 y 6 años. El cálculo de los asentamientos y su distribución en el tiempo se realizaron para un 90% de los asentamientos por consolidación, lo que indica que los asentamientos esperados según los cálculos estarán alrededor de los 3.83 y 1.87 años aproximadamente.

Zona Marina

El estudio geotécnico realizado por GC DRILL, S.A. (2014), también contempló la ejecución de 4 sondeos en el sector marino sobre el que tendrá incidencia el proyecto, los cuales oscilaron entre los 11.10 m y 20.00 m de profundidad de perforación, identificando un lecho conformado principalmente por lodo marino, limo arenoso, coral, arena con conchas y coral, limo meteorizado; en las capas más profundas se ubicó roca arenisca fina limosa.

Figura 6-3
Ubicación de Sitios de Sondeo Geotécnico en Sector Terrestre y Marino - zona de estudio



Adicionalmente, datos generados por un estudio geotécnico realizado por la empresa Fugro Panamá S.A. (2015) en la Bahía Limón, que contempló el sondeo de 7 sitios a profundidades de perforación que oscilaron entre 3.04 m y 5.49 m, identificó en este cuerpo de agua sedimentos que pertenecen al Holoceno e incluyen aluvión indiferenciado, relleno y sedimentos marinos. Estos materiales fueron clasificados generalmente como limos elásticos (MH) con presencia intermitente de limos y limos arenosos (ML). Los colores variaron desde el marrón claro y marrón a gris y gris oliva. El porcentaje de material limoso y areno-limoso (pasa el tamiz N° 200) osciló entre 68 a 99%. Se encontraron altos niveles de materia orgánica en algunas muestras. Detalle del resultado del muestreo se presenta en la Tabla 6-2.

Tabla 6-2
Resultados de Pruebas Geotécnicas en Sector Marino

Perforación	Muestra	Profundidad (m)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Gravedad Específica	Humedad (%)	Límite Líquido (%)	IP	USCS
SC-02B	M-1	0.54-0.74	0.00	2.70	97.30	2.53	99.78	50.50	9.60	MH
	M-2	1.29-1.49	0.00	1.80	98.20		87.83	50.80	11.30	MH
SC-04	M-1	0.77-0.97	0.00	3.10	96.90	2.40	41.88	46.00	7.00	MH
	M-2	1.27-1.47	0.00	12.00	88.00		48.43	80.90	17.30	MH
SC-05	M-1	0.30-0.50	0.00	0.70	99.30	2.64	117.75	53.10	13.60	MH
	M-2	1.30-1.50	3.80	27.50	68.70		91.30	43.30	9.70	ML
	M-3	2.30-2.50	0.00	3.30	96.70		2.37	95.63		MH
SC-06	M-1	0.60-0.80	0.00	0.40	99.60	2.56	112.72	56.60	15.10	MH
	M-2	1.70-1.90	0.00	8.00	92.00		63.88	76.40	18.80	MH
SC-09B	M-1	0.70-0.90	0.00	2.80	97.20	2.50	133.63	54.80	14.20	MH
	M-2	1.40-1.60	0.30	10.80	88.90		72.75	94.00	23.40	MH
SC-10	M-1	0.26-0.46	1.20	0.80	98.00	2.64	145.44			MH
	M-2	0.96-1.16	0.00	11.20	88.80		75.32	51.70	11.10	MH
SC-11	M-1	0.0-0.15	0.00	1.30	98.70	2.57	154.82	91.40	11.80	MH

IP: Índice de plasticidad. USCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Unified Soil Classification System).

MH: Suelos finos limosos (Heavy Silt). ML: Suelos limosos con arenas finas (Lean Silt).

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental, categoría III, Costa Norte, URS Holdings, Inc., 2015.

6.2. Geomorfología

La caracterización geomorfológica del área se realizó fundamentalmente en base a la información de estudios realizados por la ACP y a la cartografía relacionada con el sector, obtenida del Mapa Geomorfológico contenido en el Atlas Nacional de la República de Panamá (Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia, 1988), y de la base de datos SIG proporcionada por la ACP.

La cuenca del Canal, en líneas generales, se caracteriza por tener numerosas colinas de forma cónica. Las fallas y dobleces juegan un papel secundario en la configuración del paisaje. Se encuentran patrones de drenaje bien desarrollados y agudamente definidos, a pesar de que su edad geológica es comparativamente reciente. De otra manera, donde está la transición del drenaje entre formaciones duras y suaves, existe una notable ampliación de los valles y una nivelación de los perfiles de los ríos y quebradas. Después del cierre del periodo de actividad volcánica intensa a inicios del Mioceno, cuatro movimientos formadores de continentes tuvieron lugar y los intervalos erosivos y deposicionales resultantes crearon las masas de tierra presente.

En el primer movimiento la porción central del Istmo fue elevada más allá de las líneas costeras y el plano combado resultó en un área profundamente disectada, principalmente en el interior cerca

de las costas del Pacífico y el Atlántico. La morfología actual del área fue desarrollada mayormente durante este periodo, al igual que la gran variedad de masas de tierras observables en las porciones Central y Pacífico. Un segundo movimiento elevó el terreno a más de 90 m en el área Atlántica.

Mientras estos valles aún eran comparativamente jóvenes, con pendientes muy pronunciadas con riscos, la superficie del terreno entró en una tercera etapa de movimiento, la cual fue un lento asentamiento. En algunas instancias, las partes más bajas fueron invadidas por el mar, como atestiguan las capas de depósito marino con lechos estrictamente fluviales en el lodo del Atlántico, basado en los fósiles marinos. Este periodo de sumergencia puede ser asignado al Pleistoceno.

El cuarto y último movimiento fue el de surgimiento de valles rellenos de sedimentos y líneas costeras; los depósitos de lodo o depósitos orgánicos fueron traídos a su nivel actual de unos cuantos metros sobre la marea, las islas del sector Pacífico también fueron llevadas a su actual elevación.

Geomorfología Local

El sector terrestre donde se localiza el proyecto, así como su entorno, se caracteriza por la presencia de formaciones del periodo terciario, siendo estas rocas sedimentarias, valles y planicies aluvio coluviales, mientras que en dirección Suroeste se encuentran rocas ígneas extrusivas y relieves residuales de planalto.

Formaciones del periodo cuaternario reciente pueden encontrarse en las zonas costeras, formaciones de costa baja arenosa y superficies de abrasión marina. El sector costero ubicado al Este de la entrada Atlántica del canal de navegación presenta cordones litorales y flechas. El relieve de la zona es propio de regiones bajas y planicies litorales.

6.3. Caracterización del Suelo

Zona Terrestre

En el área de la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá, los estudios de suelos realizados permiten establecer que en la región dominan los suelos ácidos desarrollados a partir de material parental de rocas y conglomerados ígneos bajo intensos procesos de meteorización clasificados como Ultisoles. Estos suelos son ácidos, infértiles y la mayoría de ellos han perdido la capa superficial por procesos erosivos recurrentes.

Suelos Ultisoles

En la mayor parte de la cuenca del Canal, predominan los suelos Ultisoles ácidos. Estos suelos fueron formados a partir de un material parental de rocas y conglomerados ígneos. Un perfil típico de este tipo de suelos presenta un horizonte superficial entre ócrico y úmbrico con mayor concentración de materia orgánica con un grosor variable, entre 8 y 20 centímetros de profundidad. Es común entre los suelos de la región que este horizonte superficial ya haya sido erosionado por lo que no está presente y en la superficie se encuentra expuesto un horizonte subsuperficial argílico o sea de acumulación de arcilla "Bt". Este horizonte Argílico es mucho más lixiviado y ácido que el ócrico superficial y típicamente mantiene una coloración rojiza debido a la abundancia de óxidos de hierro.

El perfil de este tipo de suelos se caracteriza por presentar un horizonte superficial arcilloso con acumulación de material orgánico producto de los procesos de descomposición y deposición de los diferentes organismos que viven en o sobre la superficie del suelo. El primer horizonte subsuperficial exhibe una acumulación de arcilla producto de la migración en el tiempo a través del medio poroso de la fracción de arcilla. Esta condición define un horizonte conocido como argílico entre los 20 y 40 centímetros de profundidad en los sitios donde el mismo no ha sido removido o perdido por erosión hídrica. En un perfil de suelo típico siguen a continuación dos a tres horizontes también arcillosos donde la materia orgánica y los nutrientes van disminuyendo con la profundidad.

Análisis Físico Químico del Suelo

Estudios realizados en el área de influencia indicaron la presencia de cierta alteración en el perfil del suelo natural anteriormente descrito, ocasionada por la utilización de parte del área para la disposición de desechos sólidos de diversa índole, incluyendo presencia de hidrocarburos cubriendo desechos sólidos de diversa índole como plásticos, maderas, hierro, cobre, aluminio, trapos. Actualmente, el área de influencia no es utilizada para la disposición de desechos, pero se mantiene esta actividad en el vertedero de Monte Esperanza que se localiza muy próximo a esta área.

Los desechos fueron depositados en capas alternadas con material de cobertura conformado principalmente por suelos franco-arenosos y franco-arcillosos, incluyendo una capa superficial de cobertura final. Esta condición se observa a lo largo del sector Noreste del área de estudio, entre el canal pluvial y la carretera al Muelle 16, donde la alteración del perfil del suelo se extiende en algunos puntos hasta profundidades mayores a los tres metros, manteniéndose por encima del nivel freático. Se reporta ausencia de desechos soterrados en los sectores del área de influencia ubicados al Sur/Suroeste del canal pluvial.

A nivel de las capas de desechos soterrados localizados en la sección del área de estudio antes mencionada, muestreos previos realizados indican la presencia de concentraciones superiores a límites de referencia de normas internacionales y nacionales de los siguientes compuestos:

- Compuestos orgánicos semivolátiles, específicamente benzo[a]pireno, el cual superó el límite de 0.7 mg/kg de la Norma del Estado de la Florida (USA) para suelos de uso industrial.
- Zinc, quien superó el límite de 300 mg/kg establecido en el Decreto 2. Norma ambiental de la calidad del suelo para diversos usos de Panamá.
- Arsénico, cuya concentración superó los 12 mg/kg señalados en la Norma del Estado de la Florida (USA) para suelos de uso industrial.

- Hidrocarburos totales de petróleo, los cuales alcanzaron niveles mayores al límite de 620 mg/kg establecido en el Decreto 2. Norma ambiental de la calidad del suelo para diversos usos de Panamá.

Para conocer las características físicas y químicas de los suelos en el área de influencia directa del proyecto (zona terrestre), el 30 de octubre y 02 de noviembre de 2020 se tomaron muestras de suelo (tres en total) mediante un barreno manual, las cuales fueron transportadas hasta el laboratorio Envirolab para un análisis de fertilidad y calidad. En la Tabla 6-3 se indican las coordenadas de los puntos muestreados y su ubicación gráfica se visualiza en la Figura 6-4 (al final del capítulo).

Tabla 6-3
Coordenadas UTM de los Puntos de Muestreo de Suelo

Punto de Muestreo	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
NG-S1	619754	1031368
NG-S2	620196	1031690
NG-S3	619514	1031792

Fuente: URS Holdings, 2020.

Con los resultados obtenidos, los cuales se presentan en la Tabla 6-4, se puede inferir que el suelo presenta poca actividad microbiana, considerando los bajos niveles de actividad deshidrogenasa identificados, a pesar de que el porcentaje de materia orgánica se mantuvo por encima del 4% en todos los sitios muestreados. De acuerdo con el Decreto Ejecutivo No. 2 del 14 de enero de 2009, “Por el cual se establece la Norma Ambiental de Calidad de Suelos para diversos usos” el Índice de Actividad Microbiológica (IAM) establece el rango para la determinación del riesgo de contaminación del suelo por sustancias químicas y se obtiene al dividir el resultado de la deshidrogenasa y la materia orgánica; siendo así, se identifica que en los tres sitios de monitoreo el IAM se encuentra por debajo del límite inferior del rango recomendado en esta norma el cual lo establece de 0.5 a 22.0, indicando una baja actividad microbiana que en parte pudiera relacionarse con la presencia de desechos en cierto sector del área de influencia directa (NG-S2) y por el efecto inhibitor que sobre el crecimiento bacteriano que pudiera ejercer, en los sectores de los puntos NG-S1 y NG-S3, donde la información disponible no indica la presencia de desechos soterrados, pero se observa cierta tendencia del área a anegarse durante períodos de fuerte precipitación, por

la baja infiltración de las capas arcillosas superficiales y la presencia de un nivel freático poco profundo (como se menciona más adelante). Por su parte el potencial de hidrógeno resultante refleja que predominan suelos que van de moderadamente ácidos a neutros (5.99 a 7.01).

Tabla 6-4
Resultados del Análisis de Fertilidad y Calidad del Suelo

Parámetros	Unidades	Muestras		
		NG-S1	NG-S2	NG-S3
Materia orgánica	%	10.19	11.70	4.11
Actividad de Deshidrogenasa	µg TFF/g 24h	<0.002	<0.002	<0.002
Potencial de Hidrógeno	Unidades de pH	5.99	6.15	7.01

Fuente: Elaborado por URS, en base al informe de resultados del laboratorio Envirolab, 2020.

Se adiciona al final del capítulo un registro fotográfico de las labores de muestreo efectuadas en campo; en el Anexo 6-1 se incluyen los informes generados por el laboratorio.

Zona Marina

Considerando la cercanía del área del proyecto a la Bahía Limón, se analizaron las características fisicoquímicas de los sedimentos en el sector acuático donde se emplazarán las tuberías de toma y descarga de aguas. Se tomaron 4 muestras, el 13 de noviembre de 2020, haciendo uso de una draga manual modelo Ponar, operada desde una embarcación. En la Tabla 6-5 se indican las coordenadas de los puntos de muestreo.

Tabla 6-5
Coordenadas UTM de los Puntos de Muestreo de Sedimentos

Punto de Muestreo	Coordenadas UTM (WGS-84)	
	Este	Norte
NG-SM1	619175	1032104
NG-SM2	618986	1031880
NG-SM3	619088	1031815
NG-SM4	619269	1031995

Fuente: URS Holdings, Inc. 2020

Considerando que, no existen normativas nacionales relacionadas con metales pesados en sedimentos marinos se ha realizado una revisión de normativas internacionales como las directrices provisionales sobre la calidad de los sedimentos marinos (ISQG, por sus siglas en

inglés) de Canadá, las guías de evaluación de sedimentos marinos de Florida, basadas en las reglamentaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) y estudios relacionados con los elementos analizados por investigadores en diversos países del mundo.

De los resultados obtenidos (Tabla 6-6), se identifica la presencia de condiciones con cierta heterogeneidad en la composición química entre los puntos donde fueron obtenidas las muestras, condición posiblemente resultante de diversos patrones de dispersión que afectan a las sustancias disueltas en la columna de agua. Al comparar las concentraciones alcanzadas por los parámetros que están considerados en las normativas de referencia, se identifica que algunos mostraron concentraciones superiores a los límites señalados al menos en uno de los sitios. Se encontraron valores para metales como el arsénico, cromo y zinc que superaron las normas en todos los sitios de muestreo.

De acuerdo con las directrices provisionales sobre la calidad de los sedimentos marinos de Canadá (ISQG), el arsénico y el zinc superaron en todas las estaciones el nivel de efecto umbral o TEL (por sus siglas en inglés) pero no así el valor dentro del cual ocurren ocasionalmente efectos adversos o PEL (siglas en inglés). El cromo por su parte no superó el efecto umbral de acuerdo con esta guía canadiense, no obstante, se posicionó por encima de los 19 mg/kg que recomienda la guía de evaluación de sedimentos marinos de Florida. Concentraciones con tendencias similares se identificaron en el cobre (sitio NG-SM1) y el níquel (sitios NG-SM1 y NG-SM3).

Las fuentes de contaminación cercanas al área evaluada, que pudieran estar generando las concentraciones detectadas, incluyen las actividades actuales y pasadas relacionadas con el tránsito de embarcaciones en el área de la Bahía Limón, así como los aportes provenientes de sectores poblados los cuales son arrastrados por las corrientes hasta el cuerpo de agua marino y adsorbidos posteriormente por los sedimentos.

Analizando las concentraciones obtenidas en las sustancias no consideradas en la normativa, se observa que, en la mayoría de los sitios de muestreo, el berilio, hidrocarburo, mercurio, plata, plomo, selenio y talio, están por debajo del límite mínimo de cuantificación del método de

laboratorio utilizado, por lo que no parece existir posibles alteraciones por contaminación de estos. Con respecto al antimonio, cadmio y carbono orgánico, los menores valores de estos tres parámetros se identificaron en el sitio NG-SM4. En comparación con un análisis del carbono orgánico realizado en zonas costeras del Golfo de México por Galva-Benitez y Torres-Alvarado (2011), los resultados encontrados como parte del presente estudio no muestran diferencias significativas, por lo que se puede inferir que no representan niveles de carbono orgánico altos.

Por otra parte, se encontraron porcentajes de nitrógeno entre 0.04 y 0.09 quizás debido a ciertos aportes de aguas residuales domésticas y/o procesos de sedimentación y acumulación de sustancias en la zona.

En cuanto a las características físicas de los sedimentos, la zona de estudio se caracteriza por estar compuesta principalmente de material arenoso, característica que fue reflejada en las muestras obtenidas en donde este material se mantuvo por encima del 60%, en todos los sitios de analizados; a su vez la textura de las muestras estuvo definida por la presencia en menor escala de material arcilloso y limoso. Predominó la presencia de suelos arenosos y franco arenosos. Estos resultados concuerdan con lo identificado en los estudios geotécnicos que anteriormente han sido realizados en la zona de interés, los cuales fueron expuestos en la sección 6.1.2 de este documento.

Tabla 6-6
Resultados del Análisis de Calidad del Sedimento

Parámetros	Unidades	Muestra				Norma Estado de Florida*	Norma Canadá**
		NG-SM1	NG-SM2	NG-SM3	NG-SM4		
Antimonio	mg/Kg	19.38	2.34	5.50	<0.02	NC	NC
Arsénico	mg/Kg	20.19	14.90	33.02	26.94	2.1	7.24
Berilio	mg/Kg	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	14	NC
Cadmio	mg/Kg	1.97	1.96	2.35	1.94	NC	NC
Cobre	mg/Kg	19.39	15.69	11.39	10.92	NC	18.7
Cromo	mg/Kg	38.79	32.95	38.66	31.63	19	52.3
Carbono Orgánico	%	0.48	0.52	0.19	0.11	NC	NC
Hidrocarburos	mg/Kg	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	NC	NC
Mercurio	mg/Kg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.03	0.13
Níquel	mg/Kg	12.65	10.20	11.39	10.15	11	NC
Nitrógeno	%	0.08	0.09	0.04	0.05	NC	NC
Plata	mg/Kg	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	NC	NC
Plomo	mg/Kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	NC	30.2

Parámetros	Unidades	Muestra				Norma Estado de Florida*	Norma Canadá**	
		NG-SM1	NG-SM2	NG-SM3	NG-SM4			
Selenio	mg/Kg	<0.03	<0.03	2.74	<0.03	NC	NC	
Talio	mg/Kg	<0.19	1.56	<0.19	<0.19	NC	NC	
Zinc	mg/Kg	186.84	137.48	185.60	131.24	NC	124	
Características Físicas								
Textura	Arena	%	64.0	71.5	89.0	79.0	NA	NA
	Arcilla	%	14.9	17.4	10.00	7.8	NA	NA
	Limo	%	21.1	11.1	1.00	13.3	NA	NA
Tipo de suelo	--		Franco Arenoso	Arena	Arena o Arenoso Franco	Arena	NA	NA

NC: parámetro no considerado en la norma. NA: no aplica, la norma no analiza condiciones físicas

*Cleanup Target Levels. Division of Waste Management Florida, 2005.

**Canadian Environmental Quality Guidelines. Canadian Council Ministers of the Environmental, 2002.

Fuente: Elaborado por URS Holdings en base al informe de resultados del laboratorio Envirolab, 2020.

Se adiciona al final del capítulo un registro fotográfico de las labores de muestreo efectuadas en campo; en el Anexo 6-2 se incluyen los informes generados por el laboratorio.

6.3.1. Descripción del Uso de Suelo

La zona del proyecto se localiza dentro de la denominada Área de Compatibilidad del Canal de Panamá. En este sentido la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) emitió las resoluciones No. ACP-JD-RM- 20-1127 y No. ACP-JD-RM- 20-1128, ambas de fecha 28 de mayo de 2020, mediante las cuales se modifican las resoluciones relacionadas con el permiso de compatibilidad y la autorización de usos de riberas del Canal emitidas anteriormente para el proyecto.

Actualmente la zona terrestre del proyecto es administrada por la Unidad Administrativa de Bienes Revertidos (UABR) y corresponde principalmente a terrenos de uso comercial e industrial, con vialidad existente y formaciones vegetales que incluyen vegetación herbácea y arbustiva, tal como se describe en el Capítulo No. 7 de este documento y se señala en la

Tabla 6-7. El sector marino que tendrá incidencia directa por el proyecto se encuentra cercano a la zona establecida para el anclaje de los botes que esperan su paso por el Canal (Áreas de Funcionamiento Tipo II Inalienable).

Tabla 6-7
Uso de Suelo Actual en el Área de Influencia del Proyecto

Zona	Categoría	Área de Influencia Directa		Área de Influencia Indirecta	
		Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje
Acuática	Agua	5.508	16.045	278.294	34.796
Terrestre	Bosque secundario joven	1.287	3.749	57.179	7.149
	Camino de tosca	0.033	0.096	9.615	1.202
	Estructuras e infraestructura	0.016	0.047	136.838	17.110
	Gramíneas con árboles dispersos	26.878	78.295	182.936	22.873
	Manglar	0.607	1.768	116.332	14.545
	Vertedero	0.000	0.000	18.595	2.325
Superficie Total		34.329	100.000	799.789	100.000

Fuente: URS Holdings, Inc. 2020.

6.3.2. Deslinde de la Propiedad

A continuación, se presentan los datos relacionados con el deslinde de la propiedad donde se desarrollará el proyecto.

Zona Terrestre

El área se localiza dentro de dos globos de terreno denominados LOTE B, de 78,911.85 m², con plano aprobado 30106-118990, y el polígono TE04-01 de 400,000.00 m², con plano aprobado 30106-118989, que en conjunto tienen un área de 478,911.85 m², los cuales forman parte de la Finca N° 12875, inscrita en el Rollo 18,598 Documento 1, de la Sección de la Región Interoceánica, Provincia de Colón, del Registro Público, ubicados en el sector de Telfers, corregimiento de Cristóbal, distrito y provincia de Colón.

Zona Marina

El entorno marino corresponde a espacios localizados en la Bahía Limón. El área forma parte de los terrenos administrados por la Autoridad Marítima de Panamá (AMP) y por la Autoridad del Canal de Panamá.

6.3.3. Capacidad de Uso y Aptitud

La Capacidad de Uso de los Suelos se define como el potencial que tiene una unidad específica de suelo para ser utilizada en forma sostenida sin afectar su capacidad productiva. La capacidad de uso, indica el uso mayor o la intensidad con que se puede utilizar el suelo. Según el Centro Científico Tropical, la capacidad de uso de los suelos se determina utilizando parámetros agroecológicos como la pendiente, erosión sufrida, profundidad efectiva, textura, pedregosidad, fertilidad, salinidad y toxicidad, drenaje, inundabilidad, zona de vida, periodo seco y viento.

De acuerdo con la capacidad de uso, los suelos pueden utilizarse en actividades de la clase a que pertenecen o actividades de menor intensidad de uso. Los mejores suelos son los Clase I, que por sus cualidades no tienen ninguna restricción en su uso. A medida que aumenta el número de la clasificación se van restringiendo los usos hasta llegar a la Clase VIII que son suelos que, por sus muchas limitaciones, no deben utilizarse para ninguna actividad que no sea la de protección.

Zona Terrestre

La capacidad agrológica de los suelos del **área de influencia directa** del estudio es pobre, ya que el 85.22 % se ubica dentro de una de las clases de suelo menos aptas para el desarrollo de actividades agropecuarias, siendo esta el Tipo VII (ver Figura 6-5 al final del capítulo). Estos suelos son planos de poca profundidad y con niveles de fertilidad bajos. Su principal limitante es la fertilidad y la inundabilidad que se restringe a las llanuras de inundación de los ríos principales. Tienen severas limitaciones por lo cual sólo se permite el manejo forestal en áreas con cobertura boscosa, siempre que se garantice la preservación del bosque. Si el uso actual del suelo no es bosque, se debe propiciar la restauración forestal por regeneración natural. El 14.78% restante es agua.

Por su parte, en el área de influencia indirecta, adicionalmente a la categoría mencionada, se encuentran suelos Tipo IV y un porcentaje correspondiente a agua. Los suelos de Tipo son arables aunque con muy severas limitaciones en la selección de las plantas. Los suelos que comprende esta clase por lo general son tierras marginales para una agricultura anual e intensiva debido a mayores restricciones o limitaciones de uso. Requieren prácticas de manejo y conservación de suelos más cuidadosos e intensivos para lograr producciones moderadas a óptimas en forma

continua. Se presentan en tierras con complejas de moderada o baja fertilidad natural, de buen drenaje, de textura franco-arcillosa a arcillosa; en la mayoría de los casos son moderadamente profundos.

La superficie ocupada por cada tipo de suelo se presenta en la tabla a continuación.

Tabla 6-8
Capacidad Agrológica del Área de Influencia del Proyecto

Capacidad Agrológica	Área de Influencia Directa		Área de Influencia Indirecta	
	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje
IV	0.000	0.000	141.375	17.677
VII	29.256	85.222	388.211	48.539
Agua	5.073	14.778	270.203	33.784
Total	34.329	100.000	799.789	100.000

Fuente: URS Holdings, Inc. 2020.

Zona Marina

La capacidad de uso no aplica.

6.4. Topografía y Batimetría

A continuación, se describen las características de la topografía y la batimetría en la zona de influencia del proyecto.

6.4.1. Mapa Topográfico o Plano, Según Área a Desarrollar a Escala 1:50,000

En la Figura 6-6 al final del capítulo, se representa la topografía del área de estudio en escala 1:50,000. El área terrestre del proyecto posee una topografía plana sin mayores cambios, de tal manera que la cota máxima del terreno que será influenciado directamente es de 10 msnm, incrementando hasta los 20 msnm en su entorno cercano.

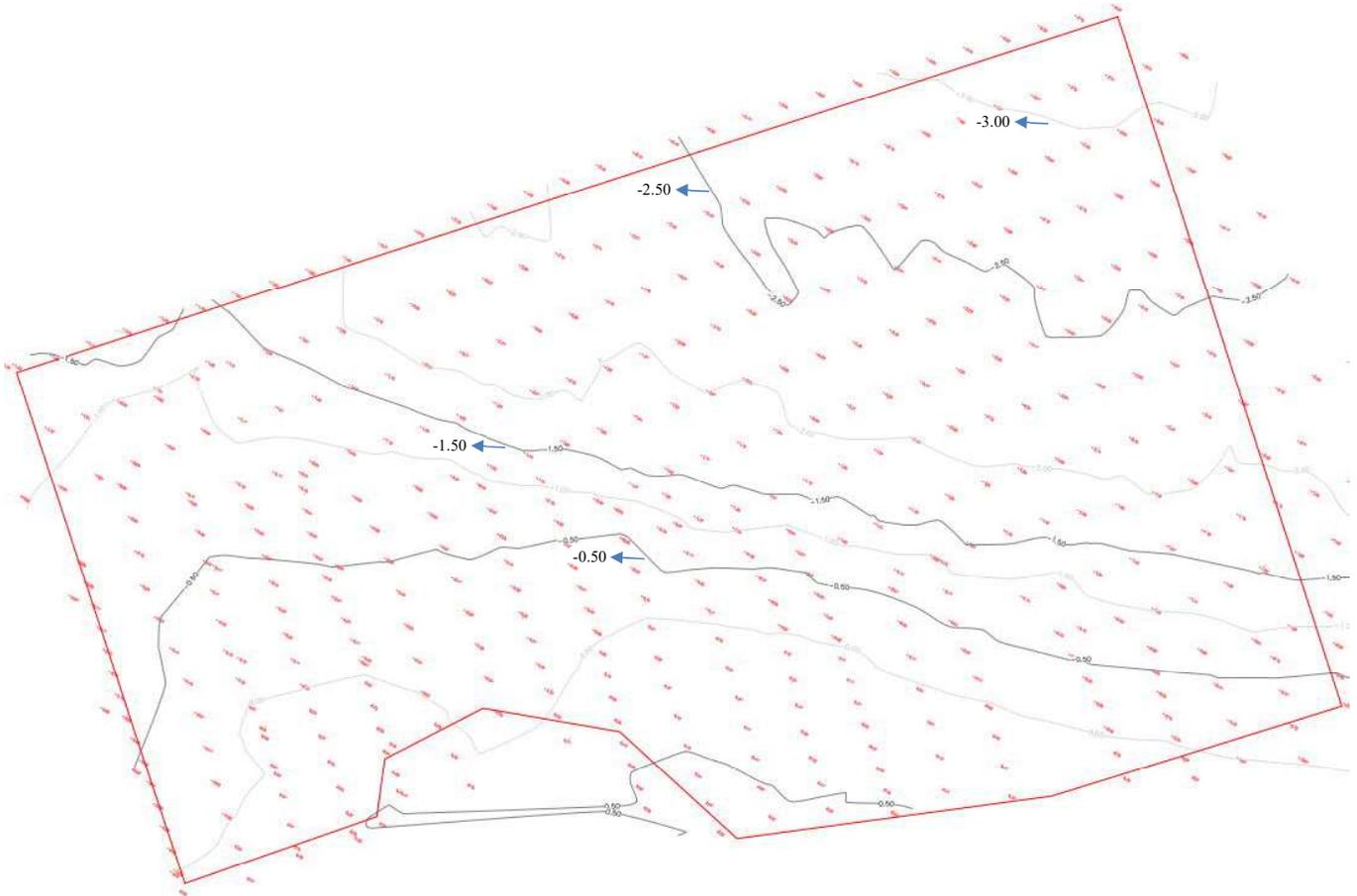
6.4.2. Batimetría

La zona marina caribeña, es una zona sub-litoral, con un lecho fangoso/arenoso (35-70% limo y arcilla) que alcanza una profundidad de 40 m. El litoral es arenoso, con pequeñas bahías y acantilados como la Bahía Limón y los llanos del lado Atlántico, que son tierras muy bajas

correspondientes a la antigua desembocadura del río Chagres. El dragado y drenaje del área durante la construcción (y ensanches) del Canal y el desarrollo de la ciudad de Colón, han determinado la forma actual de esta bahía y sus alrededores.

En noviembre 2020 se realizó un estudio batimétrico para reconocer la topografía del área de fondo marino de aproximadamente 5 ha en la Bahía Limón, donde tendrá incidencia el proyecto. Como resultado se pudo identificar que la zona de interés presenta profundidades que llegan hasta los 3 metros; el incremento de la profundidad se da de manera homogénea en el área del polígono analizado, ver Figura 6-7 a continuación.

Figura 6-7
Batimetría en sector cercano al proyecto - Bahía Limón



Fuente: estudio batimétrico Hidrogeocol Enviroment, 2020.

6.5. Clima

La evaluación de las condiciones climáticas durante el levantamiento de información de línea base en el proceso de evaluación de impacto ambiental es de suma importancia tanto por la influencia que dichas condiciones puedan tener sobre los criterios de diseño, construcción y operación del proyecto, así como por ser un factor precursor de otras condiciones ambientales relacionadas con aspectos tales como la calidad del aire e hidrología de la zona, entre otros.

En términos generales, el comportamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) determina las variaciones climáticas generales en Panamá, las cuales luego sufren ciertas variaciones a nivel local, dependiendo de las características de cada región. La ZCIT se desplaza estacionalmente en sentido Norte - Sur provocando alteraciones periódicas en la tasa de precipitación, generando dos épocas bien diferenciadas. Entre los meses de mayo y noviembre se presentan las mayores precipitaciones (época lluviosa), las cuales se reducen a niveles bajos entre diciembre y abril (época seca).

A través de esta sección se presentan las principales características climáticas para la zona donde se desarrollará el Proyecto. La descripción climática incluye las variables de precipitación, temperatura del aire, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, radiación solar y evaporación.

6.5.1. Metodología

Para el desarrollo de esta sección, se ha utilizado la información climática obtenida en el Atlas Nacional de la República de Panamá (2010) y se han analizado los datos climáticos de la Estación Limón Bay en Colón que forman parte de la red de estaciones hidrometeorológicas de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), cuyas características principales se presentan en la tabla a continuación.

Tabla 6-9
Datos de la Estación Hidrometeorológica Limón Bay

N°	Nombre	Provincia	Elevación (m)	Coordenadas UTM		Tipo de Estación	Río, Lago o Mar
				Este	Norte		
117-015	Limón Bay	Colón	3	619177	1034280	Principal (Tipo A) Automática	Atlántico

Fuente: ETESA. 2020.

6.5.2. Tipo de Clima

La zona donde se desarrollará el proyecto presenta un Clima Tropical Oceánico con Estación Seca Corta, según la clasificación de McKay¹, como se observa en la Figura 6-8 (al final del capítulo). Este tipo de clima se presenta en las tierras bajas de la provincia de Colón, con una gran pluviosidad anual y una corta estación seca, poco acentuada. Las temperaturas medias anuales son de 26.5 °C en las costas y de 25.5 °C hacia el interior del continente. Las precipitaciones son abundantes, se presentan alrededor de 4,760 mm. Este clima posee una estación seca corta de cuatro a diez semanas de duración, con precipitaciones entre 40 y 90 mm entre febrero y marzo.

6.5.2.1 Precipitación

Los datos promedio, máximos y mínimos de precipitación mensual y anual, registrados en la Estación Limon Bay, se muestran en la Tabla 6-10 y en la Gráfica 6-1. La precipitación anual en el área de desarrollo del Proyecto varía entre 2524 mm y 4239 mm, con una media de 3232.6 mm. A nivel mensual, por su parte, se observa que el período de mayor promedio de precipitación corresponde a los meses de mayo a diciembre, con el mayor nivel en noviembre 652.1 mm. Por otra parte, entre los meses de menor precipitación (enero a abril), el máximo valor promedio registrado se presentó en el mes de abril con 124.2 mm, en tanto que en el mes de febrero se registró el menor promedio mensual con 18.3 mm. Considerando los registros disponibles, se observa que el año más lluvioso corresponde al 2012, en el cual se presentó una precipitación equivalente a 4239.0 mm y el año con menor precipitación fue 2013 con 2524.0 mm.

¹ Dato obtenido de la sobreposición del área de estudio contra el mapa de climas del Atlas Nacional de la República de Panamá de 2010.

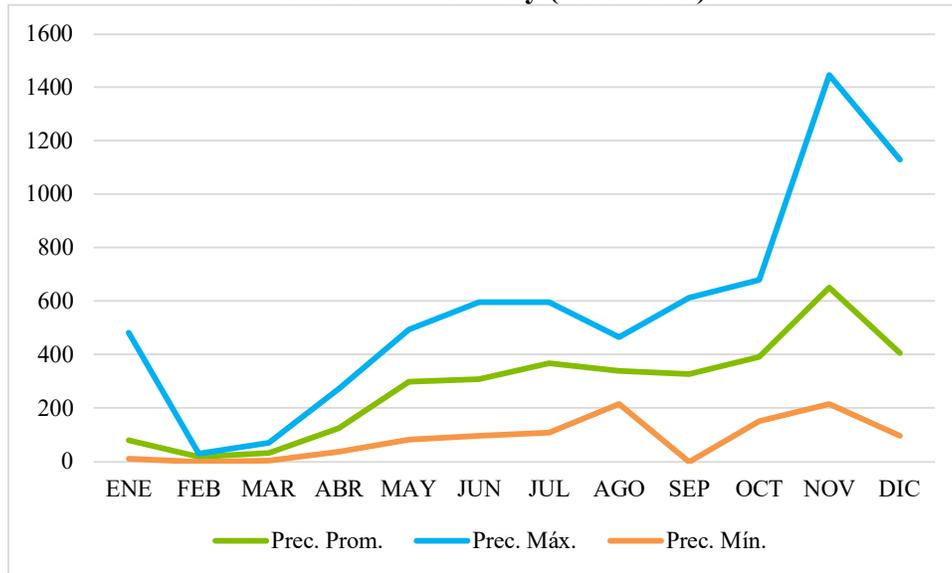
Tabla 6-10
Precipitación Mensual y Anual (mm) – Estación Limon Bay (2005-2019)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2005	76.2	30.5	35.6	271.8	309.9	213.4	175.3	414.0	383.5	203.2	591.8	182.9	2888.0
2006	76.2	0.0	71.1	152.4	375.9	96.5	401.3	215.9	223.5	281.9	701.0	289.6	2885.4
2007	10.2	15.2	40.6	204.0	319.0	228.0	493.0	402.0	288.0	678.0	842.0	SD	3520.0
2008	13.0	28.0	8.0	138.0	366.0	393.0	382.0	320.0	123.0	332.0	885.0	SD	2988.0
2009	77.0	25.0	19.0	168.0	91.0	234.0	376.0	466.0	386.0	312.0	501.0	96.0	2751.0
2010	25.0	10.0	46.0	100.0	82.0	522.0	224.0	345.0	169.0	680.0	726.0	1129.0	4058.0
2011	283.0	27.0	42.0	95.0	212.0	369.0	420.0	327.0	335.0	295.0	873.0	452.0	3730.0
2012	19.0	17.0	60.0	183.0	348.0	226.0	400.0	250.0	440.0	334.0	1448.0	514.0	4239.0
2013	10.0	22.0	36.0	77.0	455.0	284.0	266.0	423.0	0.0	529.0	217.0	205.0	2524.0
2014	52.0	31.0	26.0	88.0	494.0	439.0	108.0	323.0	295.0	477.0	359.0	281.0	2973.0
2015	16.5	23	17.5	47.5	240.0	171.0	301.0	321.0	540.0	561.0	402.0	136.0	2776.5
2016	29.0	21.0	4.0	38.0	241.0	323.0	596.0	312.0	613.0	250.0	702.0	220.0	3349.0
2017	21.0	9.0	21.0	40.0	421.0	270.0	572.0	304.0	403.0	407.0	579.0	741.0	3788.0
2018	482.0	6.0	26.0	76.0	319.0	597.0	505.0	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2019	22.0	10.0	17.0	184.0	217.0	253.0	286.0	329.0	396.0	150.0	303.0	619.0	2786.0
Prec. Prom.	80.8	18.3	31.3	124.2	299.4	307.9	367.0	339.4	328.2	392.2	652.1	405.5	3232.6
Prec. Máx.	482.0	31.0	71.1	271.8	494.0	597.0	596.0	466.0	613.0	680.0	1448.0	1129.0	4239.0
Prec. Mín.	10.0	0.0	4.0	38.0	82.0	96.5	108.0	215.9	0.0	150.0	217.0	96.0	2524.0

SD: Sin datos.

Fuente: Datos 2005-2013 EsIA Costa Norte, (URS 2015). Datos 2014-2019 suministrados por ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

Gráfica 6-1
Precipitación Promedio Mensual, Máxima y Mínima (mm)
Estación Limon Bay (2005-2019)



Fuente: Datos 2005-2013 EsIA Costa Norte, (URS 2015). Datos 2014-2019 suministrados por ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

6.5.2.2 Temperatura

La temperatura fue analizada utilizando los datos disponibles en la Estación Limon Bay, como se mencionó anteriormente, con un período de registro de 15 años (2005 - 2019); los valores se presentan en la Tabla 6-11 y en la Gráfica 6-2.

Los datos evaluados indican que el promedio anual de la temperatura del sector alcanza los 27.0 °C presentando pocas variaciones a lo largo del año, de tal manera que la diferencia entre el mes más caliente (abril) y el mes más frío (noviembre) es de 0.9 °C, al oscilar entre 27.3 y 26.4 °C. Por otra parte, en el período de registro disponible se observa que el año más caluroso correspondió al 2015, registrándose un promedio anual de 27.4 °C y el año con menor temperatura promedio fue 2008 (26.7 °C), aunque la diferencia entre ambos es de apenas 0.7 °C, confirmando la baja variabilidad que presenta este parámetro.

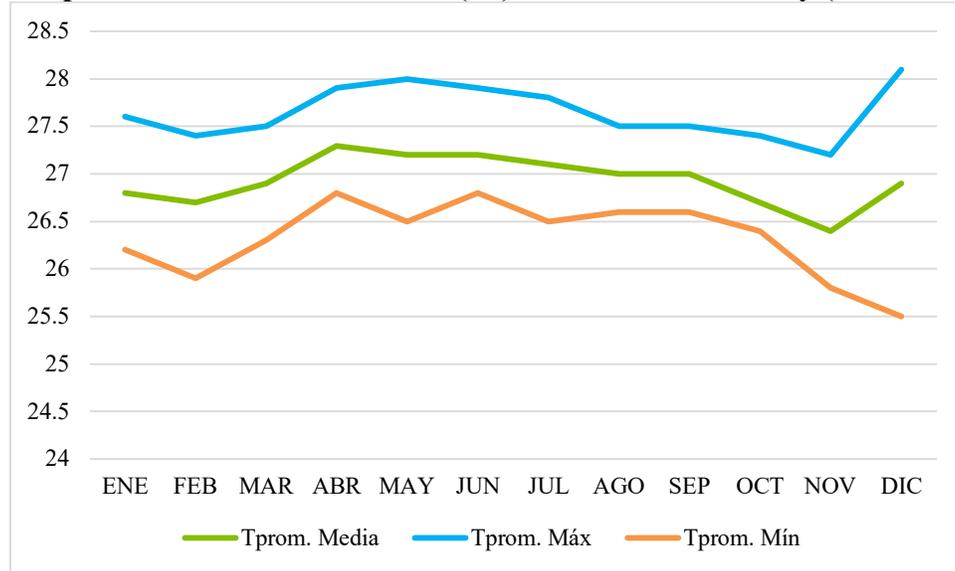
Tabla 6-11.
Temperatura Promedio Mensual Anual, Máxima y Mínima (°C) – Estación Limon Bay (2005-2019)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
2005	26.2	25.9	26.7	27.1	26.5	26.9	27.8	27.2	26.8	26.7	26.3	27.3	26.8
2006	27	26.7	27.5	26.9	27.2	27.3	27.2	27.4	27.1	26.8	26.5	27.2	27.1
2007	27.3	26.9	27.2	27.3	27	27.2	27	26.6	26.8	26.4	26.4	25.8	26.8
2008	26.8	26.6	26.7	27	27	27	26.5	26.8	27.2	26.8	25.9	26.4	26.7
2009	26.7	26.6	26.3	27.1	27.2	27.2	27.3	27.1	27.5	26.9	26.6	27.5	27.0
2010	27.3	27.4	27.5	27.9	28	27.2	26.9	26.8	26.7	26.4	25.8	25.5	26.9
2011	26.3	26.7	26.7	26.8	27.2	27	26.9	26.9	27	26.6	26.4	26.7	26.8
2012	27.1	26.4	26.7	26.9	27.1	27.4	27	26.7	26.9	26.5	26.3	26.7	26.8
2013	26.4	26.8	26.9	27.4	27	26.9	26.9	26.6	26.8	26.7	27.2	27.3	26.9
2014	26.9	SD	26.9	27.2	27.3	SD	SD	SD	SD	26.6	26.4	SD	26.9
2015	SD	SD	26.84	27.43	27.53	27.77	27.28	27.37	27.36	27.36	27.16	28.14	27.4
2016	27.6	27.3	27.2	27.7	27.9	SD	27.1	27.5	27.0	26.8	26.0	27.0	27.2
2017	26.8	26.9	27.1	27.6	27.2	27.3	SD	27.2	27.2	27.3	26.4	26.6	27.1
2018	26.2	26.6	26.8	27.1	27.0	26.8	27.1	SD	26.6	26.6	SD	SD	26.8
2019	26.9	SD	SD	27.4	27.4	27.9	SD	SD	26.9	26.6	26.9	27.1	27.1
Tprom. Media	26.8	26.7	26.9	27.3	27.2	27.2	27.1	27.0	27.0	26.7	26.4	26.9	27.0
Tprom. Máx	27.6	27.4	27.5	27.9	28.0	27.9	27.8	27.5	27.5	27.4	27.2	28.1	27.4
Tprom. Mín	26.2	25.9	26.3	26.8	26.5	26.8	26.5	26.6	26.6	26.4	25.8	25.5	26.7

SD: Sin datos.

Fuente: Datos 2005-2013 EsIA Costa Norte, (URS 2015). Datos 2014-2019 suministrados por ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

Gráfica 6-2
Temperatura Promedio Mensual (°C) - Estación Limon Bay (2005-2019)



Fuente: Datos 2005-2013 EsIA Costa Norte, (URS 2015). Datos 2014-2019 suministrados por ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

6.5.2.3 Humedad Relativa

El análisis de la humedad relativa existente en el sector donde se localiza el Proyecto se realizó utilizando información disponible de la Estación Limon Bay, para el período 2005 – 2019. Dicha información se presenta en la Tabla 6-12 y en la Gráfica 6-3.

La humedad relativa en el periodo analizado presenta un promedio anual de 85.5%, oscilando entre 82.1% (febrero) y 88.2% (agosto y noviembre), lo cual corresponde a una variación de 6.1% y donde las oscilaciones se relacionan en cierta forma con los cambios entre las épocas de lluvia y sequía. De tal manera que en la temporada seca la humedad presentó niveles que no pasan los 82.4%, mientras que en la temporada de lluvias se mantiene por encima de los 86.2%.

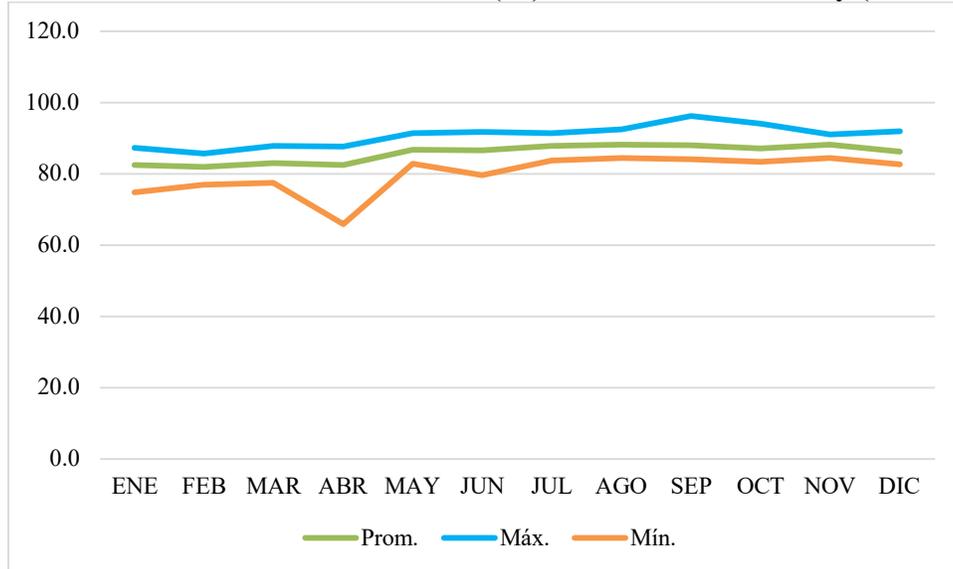
Tabla 6-12
Humedad Relativa Promedio Mensual y Anual (%) - Estación Limon Bay (2005-2019)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
2005	87.3	85.6	86.8	87.6	91.4	91.8	89.8	92.5	96.3	94.1	91.1	83.1	89.8
2006	83.8	85.4	87.5	SD	91.3	89.8	90.2	89.1	90.1	91.1	90.5	88.4	88.8
2007	84.2	83.6	83.7	86.2	89.3	89.1	89.6	89.6	89.2	89.4	91	91.9	88.1
2008	82.8	83.4	82.6	84.1	86.5	88.6	89.5	88.8	87.1	SD	SD	SD	SD
2009	84.5	84	83.6	84.3	87.4	86.7	SD	SD	SD	SD	90.3	86.3	85.9
2010	83.9	85.2	85.3	85.9	85	79.7	83.7	86.0	84	83.3	84.4	83.7	84.2
2011	83.5	76.9	82.6	85.9	88	89	88.9	89.0	SD	SD	SD	SD	SD
2012	SD	83.5	85.6	66.0	83.7	81.2	86.4	87.5	86.8	87.3	89	90	84.3
2013	85.7	85.7	87.8	87.7	89.8	90.9	91.4	91.3	91	89.8	89	87.7	89.0
2014	SD												
2015	SD	SD	77.4	82.1	84.9	85.4	86.0	86.5	87.1	85.5	85.3	82.7	84.3
2016	76.0	77.7	79.5	80.6	83.3	SD	85.5	84.6	84.9	84.9	87.4	82.6	82.5
2017	77.2	77.5	77.8	81.1	85.6	84.2	SD	85.2	84.5	83.5	85.7	84.2	82.4
2018	85.0	77.0	78.6	80.8	84.5	87.1	86.3	SD	87.0	83.7	SD	SD	83.3
2019	74.8	SD	SD	78.5	82.9	82.3	SD	SD	87.6	87.0	86.9	87.3	83.4
HR Prom.	82.4	82.1	83.0	82.4	86.7	86.6	87.9	88.2	88.0	87.2	88.2	86.2	85.5
HR Prom. Máx.	87.3	85.7	87.8	87.6	91.4	91.8	91.4	92.5	96.3	94.1	91.1	91.9	89.8
HR Prom. Mín.	74.8	76.9	77.4	66	82.9	79.7	83.7	84.6	84	83.3	84.4	82.6	82.4

SD: Sin datos.

Fuente: Datos 2005-2013 EsIA Costa Norte, (URS 2015). Datos 2014-2019 suministrados por ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

Gráfica 6-3
Humedad Relativa Promedio Mensual (%) – Estación Limon Bay (2005-2019)



Fuente: Datos 2005-2013 EsIA Costa Norte, (URS 2015). Datos 2014-2019 suministrados por ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

6.5.2.4 Velocidad y Dirección del Viento

Los registros de la Estación Limon Bay en el periodo 2005 – 2019 (Tabla 6-13, Gráfica 6-4), indican que a lo largo del año la velocidad promedio mensual del viento oscila desde 12.2 km/h en el mes de septiembre, hasta 27.4 km/h durante el mes de febrero. Estas velocidades, según la escala de Beaufort, se consideran desde brisas muy débiles a brisas moderadas.

Durante la estación seca, entre los meses de enero, febrero, marzo y abril, se registran velocidades de viento promedio que oscila entre 21.3 a 27.4 km/h, la cual se reduce durante temporada lluviosa, de tal manera que durante los meses de mayo a diciembre se presentaron velocidades de 12.2 a 20.2 km/h.

Comparando el promedio anual en el periodo 2005-2019, se observa que el año que presentó la mayor velocidad fue 2008 en el cual se alcanza un promedio de 20.8 km/h, mientras que, por el contrario, en el año 2011 se obtiene la menor velocidad del viento promedio con 15.7 km/h.

Por otra parte, los datos relacionados con la dirección predominante del viento y registrados en la Estación Limon Bay entre los años 2014 y 2019 (Tabla 6-14), indican que entre los meses de diciembre y abril, la dirección de los vientos varía principalmente entre 74.2° y 319°, mientras que entre julio y noviembre oscila entre 170.6° y 268.4°.

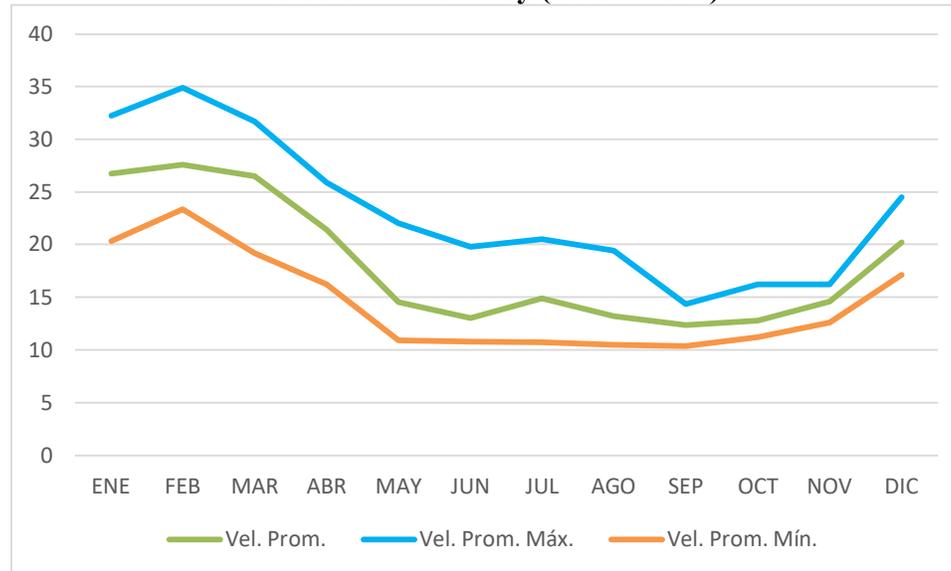
Tabla 6-13
Velocidad Mensual Promedio del Viento (km/h) - Estación Limon Bay (2005 – 2019)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
2005	29.5	28.8	19.2	20	12.1	11.4	13.2	12.9	12.7	13.4	15.3	19	17.3
2006	25.7	29.1	29.5	20.1	14.8	14.5	13.5	15.3	11.7	12.7	15.9	18.8	18.5
2007	32.2	25.7	26.4	16.9	12.6	12.2	12.4	11.3	11.4	13.2	15.8	18.5	n/d
2008	29.1	24.5	25.3	22	15.8	12.2	12.2	11.4	11.7	13.4	13	20.6	17.6
2009	26.5	30	27.4	24.9	14.7	11.3	15.0	14.3	12.5	11.2	14.4	19.8	18.5
2010	24.7	23.4	22.7	19.4	14.2	10.8	10.7	10.5	12.5	12.2	13.2	21.6	16.3
2011	20.3	23.7	24	18.5	14	11	13.4	10.6	10.4	11.8	13.1	17.1	15.7
2012	27.2	26.1	28.9	16.2	10.9	11.7	15.5	11.7	12	11.8	15.4	18.9	17.2
2013	24.1	25.2	25.6	21.5	15.2	11.1	13.5	12.3	10.6	11.5	15.5	20.2	17.2
2014	23.8	SD	23.4	22.7	15.1	SD	SD	SD	SD	11.2	12.6	SD	17.1
2015	SD	SD	31.7	25.9	22.0	19.8	20.5	19.4	14.4	13.0	15.1	23.4	20.5
2016	27.4	33.1	27.4	22.7	16.6	SD	16.6	14.8	13.7	13.0	15.5	20.2	20.1
2017	28.1	27.0	29.9	22.3	11.9	12.6	SD	13.7	12.6	16.2	14.0	24.5	19.3
2018	24.8	34.9	29.9	22.7	14.4	13.7	19.4	SD	11.9	15.5	SD	SD	20.8
2019	29.9	SD	SD	24.5	13.7	16.9	17.6	SD	15.1	12.6	16.2	20.2	18.5
Vel. Prom.	26.7	27.6	26.5	21.4	14.5	13.0	14.9	13.2	12.4	12.8	14.6	20.2	18.2
Vel. Prom. Máx.	32.2	34.9	31.7	25.9	22.0	19.8	20.5	19.4	14.4	16.2	16.22	24.5	20.8
Vel. Prom. Mín.	20.3	23.4	19.2	16.2	10.9	10.8	10.7	10.5	10.4	11.2	12.6	17.1	15.7

SD: Sin datos.

Fuente: Datos 2005-2013 EsIA Costa Norte, (URS 2015). Datos 2014-2019 suministrados por ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

Gráfica 6-4
Promedio Mensual de la Velocidad del Viento (km/hr)
Estación Limon Bay (2005 – 2019)



Fuente: Datos 2005-2013 EsIA Costa Norte, (URS 2015). Datos 2014-2019 suministrados por ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

Tabla 6-14
Dirección Promedio Mensual del Viento (grados) Estación Limon Bay (2014-2019)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2014	114.1	74.2	128.3	138.2	165.6	221.3	SD	SD	204.3	197.7	219.0	SD
2015	SD	295.0	279.1	258.3	226.5	215.6	261.7	268.4	237.0	196.6	194.1	207.6
2016	271.9	301.8	288.6	265.7	217.6	195.6	232.8	216.5	211.7	183.7	204.1	163.8
2017	191.4	252.2	226.7	256.2	189.8	183.8	215.1	206.4	182.2	191.7	212.9	162.4
2018	248.0	171.5	294.5	246.2	207.4	214.9	223.8	236.3	212.3	192.1	204.8	291.0
2019	319.3	315.5	308.9	280.0	205.7	192.7	242.7	249.2	201.4	170.6	219.3	204.7

SD: Sin datos. Fuente: ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

6.5.2.5 Radiación Solar

Entre los años 2015 al 2019, los registros obtenidos en la Estación Limon Bay (Gráfica 6-5, Tabla 6-15), indican que la radiación solar alcanza un promedio anual de 210.9 W/m². Los promedios mensuales oscilan entre 147.4 W/m² en el mes de noviembre a 420.2 W/m² en el mes de diciembre, este último valor principalmente influenciado por una situación particular de altos niveles

registrados en diciembre de 2018; ese mismo año también se reflejan en los datos una situación similar en el mes de julio, donde el valor promedio en ese mes se registró en 350.7 W/m², lo que difiere del patrón de valores registrados en otros años para dicha época del año.

Dejando de considerar estas situaciones particulares registradas en el 2018, a nivel de los otros años analizados la distribución mensual de los niveles de radiación solar evidencia que los mayores niveles se presentan en la época de sequía, entre los meses de enero y abril. Durante el resto del año las radiaciones descienden bajo la influencia de la temporada de lluvias.

Tabla 6-15
Promedio Mensual y Anual de la Radiación Solar (W/m²)
Estación Limon Bay (2015 – 2019)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
2015	SD	216.6	221.6	213.3	149	197.1	158.2	161.4	148.3	167	149.7	169.4	177.4
2016	195.7	203.6	207	217.4	188.3	191.14	137.9	155.4	138	164.6	130.9	167.5	174.8
2017	213.7	232.7	223.8	215.1	163.9	165	145.4	168.2	165.6	171.1	140.7	158.7	180.3
2018	169.2	235.5	216.3	200.1	170.4	115.3	350.7	109	SD	SD	SD	1434.3	333.4
2019	198.9	215.5	214	221.6	SD	SD	SD	161.6	166.9	179.1	168.1	171.3	188.6
Prom.	194.38	220.78	216.54	213.5	167.9	167.14	198.05	151.12	154.7	170.45	147.35	420.24	210.9
Prom. Máx.	213.7	235.5	223.8	221.6	188.3	197.1	350.7	168.2	166.9	179.1	168.1	1434.3	333.4
Prom. Mín.	169.2	203.6	207.0	200.1	149.0	115.3	137.9	109.0	138.0	164.6	130.9	158.7	174.8

SD: Sin datos. Fuente: ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

6.6. Hidrología

El área de desarrollo del proyecto termoeléctrico está ubicada en la cuenca hidrográfica denominada Ríos entre el Chagres y Mandinga (Cuenca No. 117), la cual abarca una superficie total de 1,122 km², siendo el río Cuango el principal de la cuenca con una longitud de 34.1 km y cuya cuenca ocupa el 13.53% del Distrito Colón. Otros cursos de agua de esta cuenca son el Cascajal, Piedra, Viento Frío y Pató; sin embargo, ninguno de estos cuerpos de agua forma parte ni colinda con el polígono a desarrollar. Ver Figura 6-6, al final de este capítulo.

El sistema hidrográfico de esta cuenca presenta los parámetros morfológicos propios de regiones costeras, que como tal, conforman una unidad topográfica con laderas, pero débiles relieves de lomas y colinas bajas, y cordones litorales estrechos, que originalmente fueron afectados por abrasiones marinas, por ende serpentean corrientes superficiales, consecuentemente la escorrentía superficial, el patrón de descarga, la erosión y el transporte de sedimentos, está influenciado por la morfología del sector, las débiles pendientes y el tipo e intensidad de drenaje.

6.6.1. Calidad de las Aguas Superficiales

La cuenca en la cual se desarrollará el proyecto presenta diversas actividades humanas que alteran la calidad de las aguas superficiales, respecto a las condiciones naturales originales. Se observa la presencia de proyectos de construcción, un vertedero de basura, áreas residenciales y vialidad.

En el Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos de la República de Panamá (ANAM, 2010-2030), se presentan los resultados de monitoreos realizados en diversos cursos de agua a nivel nacional. Para la cuenca de los ríos entre el Chagres y Mandinga (117), se monitorearon los ríos Cascajal, Piedra, Viento Frío y Pato; se analizó el Índice de Calidad del Agua (ICA) de dichos ríos para indicar el grado de contaminación del agua. Este índice es estimado en base a los niveles de Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, Potencial de Hidrógeno (pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Temperatura o Cambio de Temperatura, Fosfatos, Nitratos, Sólidos Totales y Turbiedad. El ICA permite clasificar la calidad de las aguas según la escala indicada en la siguiente tabla.

Tabla 6-16
Calidad del Agua Según Rangos de Valores del ICA

Rango	Calidad
91-100	No Contaminado (Excelente)
71-90	Aceptable (Buena)
51-70	Poco contaminada (Regular)
26-50	Contaminada (Mala)
0-25	Altamente Contaminada (Pésima)

Fuente: Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM).2013. Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua en las Cuencas Hidrográficas de Panamá. Compendio de Resultados, Años 2009 – 2012.

En general, dicho estudio señala que los ríos Cascajal, Piedra y Viento Frío tuvieron un índice de calidad en el rango poco contaminado hasta la temporada seca 2007. Al año 2010, en algunos puntos subieron su calidad de aceptable a no contaminado y en el río Pató, alcanzaron el rango de aceptable (Tabla 6-17).

Tabla 6-17
Índice de Calidad del Agua (ICA) de Algunos Ríos de la Cuenca 117 (Ríos entre el Chagres y Mandinga). Época Seca y Lluviosa 2006-2010

Río	Punto de Muestreo	2006		2007		2008		2009		2010	
		Seca	Lluviosa								
Cascajal	Fca. Privada, sendero Cascajal	63	65	63	89	69	82	88	NM	85	82
	Puente salida de Portobelo	59	58	60	87	70	79	92	77	82	83
	Desembocadura en bahía de Portobelo	56	55	62	86	67	78	80	76	82	82
Piedra	Canopy Tour	65	62	65	80	72	81	91	76	88	82
	Aserrió	65	59	56	81	76	82	93	75	86	86
	Puente vía a Portobelo	57	58	56	78	72	77	83	74	88	77
Pató	Dos Bocas/El Silencio	-	-	70	85	73	79	78	NM	89	68
	La Montrecosa	-	-	67	84	72	81	79	64	86	77
	Puente Jerry Thomas, sobre río Pató	-	-	54	81	71	79	81	61	88	74
Viento Frío	Toma de agua/ Qda. Dolores	60	64	61	93	73	75	90	NM	81	83
	Cuatro Caminos	60	56	59	94	73	73	79	70	80	76
	Puente vía a Viento Frío	53	45	60	88	72	71	78	70	85	78

NM: No muestreado. Fuente: ANAM, 2010.