

CAPÍTULO N° 6



METRO
DE PANAMA

CAPÍTULO 6: DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO



CONTENIDO

6. DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO.....	6-13
6.1. Formaciones geológicas regionales.	6-15
6.1.1. Unidades geológicas locales.	6-17
6.1.2. Caracterización geotécnica.	6-22
6.2. Geomorfología.	6-42
6.3. Caracterización del suelo.	6-44
6.3.1. La descripción del uso del suelo.....	6-76
6.3.2. Deslínde de la Propiedad.....	6-104
6.3.3. Capacidad de uso y aptitud.	6-111
6.4. Topografía.	6-115
6.4.1. Mapa topográfico o plano, según área a desarrollar a escala 1: 50,000.	6-116
6.5. Clima.....	6-119
6.6. Hidrología.	6-147
6.6.1. Calidad de aguas superficiales.....	6-157
6.6.1.a. Caudales (máximo, mínimo y promedio anual)	6-168
6.6.1.b. Corriente mareas y oleaje.....	6-169
6.6.2. Aguas subterráneas.	6-189
6.6.2.a. Identificación de acuífero.....	6-201
6.7. Calidad de aire.	6-202
6.7.1. Ruido.....	6-215
6.7.2. Olores.....	6-247
6.8. Antecedentes sobre vulnerabilidad frente a amenazas naturales en el área.....	6-248
6.9. Identificación de los sitios propensos a inundaciones.	6-249
6.10. Identificación de los sitios propensos a erosión y deslizamientos	6-262
6.11. Cambio Climático	6-270

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla N°6-1:	Formaciones Geológicas en el Área de Influencia Directa.....	6-17
Tabla N°6-2:	Profundidades de Niveles Freáticos.....	6-24
Tabla N°6-3:	Puntos de Toma de Muestra de Suelo	6-47
Tabla N°6-4:	Características Generales de los Sitios de Muestreo.....	6-48
Tabla N°6-5:	Resultados de Análisis Químicos en Muestras de Suelo (EM1B-EM16).....	6-55
Tabla N°6-6:	Resultados de Análisis Químicos en Muestras de Suelo (EM10-EM8A).....	6-56
Tabla N°6-7:	Resultados de Granulometría de muestras de suelo	6-57
Tabla N°6-8:	Comparativo de ubicación de puntos de toma de muestra de suelo.	6-61
Tabla N°6-9:	Ubicación de Estaciones de Muestreo de Sedimentos Marinos.....	6-65
Tabla N°6-10:	Resultados de Análisis Químico de Sedimentos Marinos.....	6-68
Tabla N°6-11:	Granulometría de Sedimentos Marinos.	6-70
Tabla N°6-12:	Comparativo de ubicación de puntos de toma de muestra de Sedimento Marino	6-73
Tabla N°6-13:	Comparativo de Resultados de Metales Pesados por Proyectos ..	6-74
Tabla N°6-14:	Norma de uso para usos interinos del área Tipo II - ACP.....	6-91
Tabla N°6-15:	Norma de uso para usos interinos del área Tipo III - ACP.....	6-94
Tabla N°6-16:	Capacidad Agrológica de los suelos en el Área de Influencia Directa del Proyecto el Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá.	6-113
Tabla N°6-17:	Lista de Estaciones Meteorológicas Utilizadas para el Desarrollo del Estudio ubicadas en las Provincias de Panamá y Panamá Oeste	6-120
Tabla N°6-18:	Tipo de Estaciones Meteorológicas	6-120

Tabla N°6-19:	Lista de Estaciones Meteorológicas para la Provincia de Panamá Oeste y Panamá para Precipitación	6-123
Tabla N°6-20:	Precipitación Promedio Mensual de las Estaciones Meteorológicas de Panamá Oeste y Panamá, Período 1991 – 2020.....	6-124
Tabla N°6-21:	Estaciones Meteorológicas - Temperatura	6-131
Tabla N°6-22:	Estación Meteorológica – Humedad Relativa	6-135
Tabla N°6-23:	Estación Meteorológica - Velocidad y Dirección del Viento	6-136
Tabla N°6-24:	Vientos Máximos (Km/h) Estación Aeropuerto Marcos A. Gelabert, Período 2012 - 2020.....	6-139
Tabla N°6-25:	Dirección de los Vientos Estación Aeropuerto Marcos A. Gelabert, Período 212 - 2020.....	6-141
Tabla N°6-26:	Radiación Solar W/m ² Máximo y Mínimos, Período 2009-2020 ..	6-143
Tabla N°6-27:	Evaporación Total Anual de la Estación Corozal Oeste,	6-144
	Período 2009 - 2020.....	6-144
Tabla N°6-28:	Evaporación Máxima y Promedio Anual de la Estación Corozal Oeste Período 2009 - 2020.....	6-146
Tabla N°6-29:	Coordenadas de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial.....	6-158
Tabla N°6-30:	Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua Superficial.....	6-160
Tabla N°6-31:	Caudal promedio y máximo.....	6-168
Tabla N°6-32:	Datos de la Estación Mareográfica de Amador y Diablo Heights.	6-171
Tabla N°6-33:	Coordenadas de ubicación de puntos de muestreo de agua de mar.....	6-173
Tabla N°6-34:	Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar (EMA 1) ..	6-181
Tabla N°6-35:	Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar (EMA 2) ..	6-182
Tabla N°6-36:	Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar (EMA 3) ..	6-183

Tabla N°6-37: Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar. (EMA 4 – EMA 5).....	6-184
Tabla N°6-38: Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar. (EMA 6) .	6-185
Tabla N°6-39: Comparativo de ubicación de puntos de muestreo de agua de mar.....	6-186
Tabla N°6-40: Comparativo de Resultados de Mediciones de muestreo de agua de mar.....	6-186
Tabla N°6-41: Coordenadas de ubicación de puntos de muestreo de agua subterránea.....	6-190
Tabla N°6-42: Coordenadas de ubicación de puntos de muestreo de agua subterránea.....	6-195
Tabla N°6-43: Comparativo de ubicación de puntos de muestreo de agua subterránea.....	6-197
Tabla N°6-44: Comparativo de Resultados de línea base de Línea 3, Cuarto Puente y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá	6-198
Tabla N°6-45: Ubicación de Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire.	6-203
Tabla N°6-46: Valores Guías de Calidad de Aire Ambiente de la OMS, ACP y Anteproyecto de Normas de Calidad de Aire Ambiente.	6-207
Tabla N°6-47: Resultados de las Mediciones de Calidad de Aire.....	6-207
Tabla N°6-48: Condiciones Ambientales de Referencia.	6-210
Tabla N°6-49: Comparativo de ubicación de puntos de mediciones calidad del aire.....	6-212
Tabla N°6-50: Comparativo de Resultados de PM10 y O ₃	6-213
Tabla N°6-51: Sitios de Medición de Ruido Ambiental	6-215
Tabla N°6-52: Promedio de Valores Máximos y Mínimos de Ruido, de las Estaciones de Monitoreos, para horarios diurno y nocturno entre día de semana y fin de semana.....	6-221

Tabla N°6-53:	Comparativo de ubicación de puntos de mediciones de ruido.....	6-223
Tabla N°6-54:	Resultados de las Mediciones de Ruido Ambiental en días de semana y fin de semana, en horarios diurno y nocturno	6-228
Tabla N°6-55:	Sitios de Medición de Vibraciones Ambientales.	6-232
Tabla N°6-56:	Resultados de las Mediciones de Vibraciones Ambiental en días de semana.....	6-238
Tabla N°6-57:	Resultados de las Mediciones de Vibraciones Ambientales en fin de semana.....	6-240
Tabla N°6-58:	Comparativo de ubicación de puntos de mediciones de vibraciones.....	6-242
Tabla N°6-59:	Comparativo de Resultados de Mediciones de Vibraciones Ambientales.....	6-244
Tabla N°6-60:	Inventario de Inundaciones en los corregimientos de Ancón y Veracruz según datos de SINAPROC, 1993 -2018.....	6-250
Tabla N°6-61:	Clasificación del Desarrollo de un Huracán	6-254
Tabla N°6-62:	Inventario de Vendaval y Fuertes Vientos en los corregimientos de Ancón y Veracruz según datos de SINAPROC, 2005 – 2019	6-260
Tabla N°6-63:	Inventario de Tornados Distritos de Panamá y Arraiján según datos de SINAPROC, 1990 y 1992.....	6-261
Tabla N°6-64:	Inventario de Deslizamiento ocurridos en los corregimientos de Ancón y Veracruz según datos de SINAPROC, 1997 – 2019	6-266
Tabla N°6-65:	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero: Gases, Gas Precursor y Sectores por (kt CO ₂ eq), 1996 -2017, Panamá.	6-273
Tabla N°6-66:	Variables y amenazas climáticas durante el proceso constructivo.....	6-279

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura N° 6-1:	Localización del proyecto y localización de los sondeos	6-22
Figura N° 6-2:	Límites Técnicos de Panamá	6-28
Figura N° 6-3:	Marco tectónico de la Región Centroamericana y Suramérica. Principales límites de Placas que han generado grandes terremotos.....	6-29
Figura N° 6-4:	Principales fallas Geológicas en Panamá Central.	6-31
Figura N° 6-5:	Estaciones Sísmicas de la Universidad de Panamá según tipo de instrumento de red de apoyo.....	6-32
Figura N° 6-6:	Cronología de los Principales Sismos ocurridos a lo largo de la Historia cerca del Área de Estudio	6-33
Figura N° 6-7:	Criterios de actividades sísmicas dentro del área de estudio	6-34
Figura N° 6-8:	Sismicidad ocurrida de 2018 a mayo 2021 en un radio de 20 Km del área de estudio.....	6-36
Figura N° 6-9:	Sismicidad cortical ocurrida de 2018 a mayo 2021 en un radio de 150 km al área de estudio	6-37
Figura N° 6-10:	Sismicidad ocurrida de 2018 a 2021 con profundidad Intermedia de 30 a 120 km al área de estudio	6-39
Figura N° 6-11:	Aceleración máxima del suelo para 0.2 seg. y 1.0 seg. en periodos de retorno de 500 y 2,500 años respectivamente	6-40
Figura N° 6-12:	Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Panamá	6-42
Figura N° 6-13:	Principales Elevaciones del Área del Proyecto.....	6-43
Figura N° 6-14:	Ubicación de los Puntos de Muestra de Suelo de los Proyectos Línea 3 del Metro (LM3-3), Cuarto Puente (LM3-3) y Cruce de Línea 3 por debajo del Canal de Panamá (EM6 y EM8B).....	6-62
Figura N° 6-15:	Criterios de ubicación de las EM de Sedimentos Marinos	6-65

Figura N° 6-16: Ubicación de los Puntos de Muestra de Sedimentos Marinos entre los Proyectos de Línea 3 y Cuarto Puente (Punto 1/ LM8) y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá (EMS4 – EMS5).....	6-73
Figura N° 6-17: Normativa de uso de suelo	6-76
Figura N° 6-18: Área de funcionamiento II cercanos a los terrenos de Canal Railway Company.....	6-96
Figura N° 6-19: Edificios de la ACP con posibilidad de ser demolidos	6-97
Figura N° 6-20: Propietarios de fincas en el AID del proyecto	6-108
Figura N° 6-21: Elementos ambientales que se utilizaron en el análisis del clima.....	6-119
Figura N° 6-22: Tipo de Clima según A. McKay (2000).....	6-122
Figura N° 6-23: Precipitación media anual de Panamá 1981-2010.	6-131
Figura N° 6-24: Temperatura media anual del aire de Panamá.....	6-134
Figura N° 6-25: Cuenca N°142 - Río Entre Río Caimito y Río Juan Diaz	6-148
Figura N° 6-26: Zonas con Regiones Hidrológicamente Homogéneas.....	6-169
Figura N° 6-27: Ubicación de los Puntos de Muestra de Agua de Mar entre los Proyectos de Línea 3 y Cuarto Puente (LM6) y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá (EMA3 y EMA5).....	6-187
Figura N° 6-28: Ubicación de los Puntos de Medición de Agua Subterránea entre los Proyectos de Línea 3 y Cuarto Puente (Punto N°46) y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá (EM11 – EM14).....	6-199
Figura N° 6-29: Ubicación de los Puntos de Medición de Aire entre los Proyectos de Línea 3 y Cuarto Puente (Punto 1 y Punto 2) y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá (EM11).....	6-212
Figura N° 6-30: Ubicación de los Puntos de Medición de Ruido entre los Proyectos de Línea 3 y Cuarto Puente (PR2) y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá (EM11).....	6-224

Figura N° 6-31: Ubicación de Puntos de Medición de Ruido entre los Proyectos de Línea 3 y Cuarto Puente y Línea 3 (PR - 1) por debajo del Canal de Panamá (EM15).....	6-226
Figura N° 6-32: Ubicación de los Puntos de Medición de Vibración entre los Proyectos de la Línea 3 y Cuarto Puente (MPV-1) y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá (EM13).....	6-243
Figura N° 6-33: Ubicación de los Puntos de Medición de Vibración entre los Proyectos de la Línea 3 y Cuarto Puente (MPV-2) y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá (EM11-EM9).....	6-243
Figura N° 6-34: Amenazas Naturales	6-248
Figura N° 6-35: Huracán Otto	6-256
Figura N° 6-36: Huracán Irma	6-257
Figura N° 6-37: Huracán ETA	6-258
Figura N° 6-38: Huracán IOTA, Noviembre 2020.....	6-259
Figura N° 6-39: Índice de Precipitación Estandarizado (SPI 24 meses) marzo 2019 a marzo 2021, periodo 1991-2020 en la Provincia de Panamá Oeste y Panamá	6-268
Figura N° 6-40: Índice de Precipitación Estandarizado (SPI 36 meses) marzo 2019 a marzo 2021, 1991-2020 en la Provincia de Panamá Oeste y Panamá	6-269
Figura N° 6-41: Evolución de Instrumentos de Políticas Públicas y gestión del cambio climático en Panamá	6-271
Figura N° 6-42: Sectores emisores de GEI en el país	6-272
Figura N° 6-43: Gases de efecto invernadero.....	6-274
Figura N° 6-44: Zonas marino costeras vulnerables al cambio climático	6-282

CONTENIDO DE GRÁFICOS

Gráfico N° 6-1. Precipitación Promedio Mensual de la Provincia de Panamá, Período 1991 – 2020.....	6-125
Gráfico N° 6-2. Precipitación Promedio Mensual de la Provincia de Panamá Oeste, Período 1991 - 2020.....	6-126
Gráfico N° 6-3. Comparativo de la Normal Climática, Año Seco, Año Húmedo y Años 2019 – 2020, para la Provincia de Panamá	6-127
Gráfico N° 6-4. Comparativo de la Normal Climática, Año Seco, Año Húmedo y Años 2019 – 2020, para la Provincia de Panamá Oeste	6-128
Gráfico N° 6-5. Precipitación Máxima Anual de las Estaciones Balboa Heights y Balboa FAA, Período 2009 - 2020	6-129
Gráfico N° 6-6. Precipitación Máxima Mensual de las Estaciones Balboa Heights y Balboa FAA, Período 2009 - 2020	6-130
Gráfico N° 6-7. Variación Mensual de la Temperatura Mínima, Media y Máxima (°C) de Estación Albrook Field, Período 1937 - 2003	6-132
Gráfico N° 6-8. Variación Mensual de la Temperatura Mínima, Media y Máxima (°C) de Estación Balboa FAA, Período 2009 - 2020	6-133
Gráfico N° 6-9. Humedad Relativa Mensual Máxima, Promedio y Mínima (%) de la Estación Balboa FAA, Período 2009 - 2020.....	6-135
Gráfico N° 6-10. Datos Históricos de Brillo Solar de la Estación Albrook Field, Período 1983 – 2003.....	6-141
Gráfico N° 6-11. Radiación Solar (W/m ²) Máxima y Mínima de la Estación Balboa FAA, Período 2009 - 2020.....	6-142
Gráfico N° 6-12. Radiación Solar (W/m ²) Máxima y Mínima Mensual de la Estación Balboa FAA, Periodo 2009 - 2020.....	6-143

Gráfico N° 6-13. Promedio Mensual de Evaporación de la Estación Corozal Oeste, Período 2009 - 2010.....	6-145
Gráfico N° 6-14. Promedio Anual y Máximo Evaporación - Estación Corozal Oeste, Período 2009 - 2020.....	6-146
Gráfico N° 6-15. Pleamar y Bajamar de las Estaciones Amador y Diablo Heights, diciembre 2020.....	6-172
Gráfico N° 6-16. Resultados de PM ₁₀	6-209
Gráfico N° 6-17. Nivel de Ruido Equivalente Leq (dB) - Fin de Semana y Día de Semana en Horario Diurno.....	6-220
Gráfico N° 6-18. Nivel de Ruido Equivalente Leq (dB) - Fin de Semana y Día de Semana en Horario Nocturno.....	6-220
Gráfico N° 6-19. Comparación de Medición de Niveles de Ruido entre los Proyectos de la Línea 3 y Cuarto Puente y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá – Puntos EM11 – PR-2.....	6-224
Gráfico N° 6-20. Comparación de Medición de Niveles de Ruido entre los Proyectos de la Línea 3 y Cuarto Puente y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá – Puntos EM15 – PR -1.....	6-225
Gráfico N° 6-21. Nivel De Ruido Equivalente Leq (dB) – Día de Semana y Fin de Semana/Horario Diurno y Nocturno	6-227
Gráfico N° 6-22. Emisiones y absorciones de GEI por Sector	6-276

CONTENIDO DE FOTOS

Foto N° 6-1.	Sitio de disposición de material de excavación Farfán.....	6-98
Foto N° 6-2.	Canal de Navegación – Patrimonio Inalienable.....	6-106
Foto N° 6-3.	Farfán, depósito del material de dragado del Canal, se localizará la alternativa de Campamento PK 4+600	6-107
Foto N° 6-4.	Cajones del Río Curundú – Inicio de canalización subterránea	6-151
Foto N° 6-5.	Quebrada sin nombre cercana al sitio de disposición de material de excavación Rainforest Village	6-152
Foto N° 6-6.	Quebrada sin nombre, paralelo a la Carretera Panamericana	6-153
Foto N° 6-7.	Desembocadura del Río Farfán	6-154
Foto N° 6-8.	Lugar cercano a la alternativa del campamento PK 5+200	6-247
Foto N° 6-9.	Avenida Ascanio Arosemena, frente al Edificio N° 69 de Comunicaciones de la ACP	6-251
Foto N° 6-10.	Canalización del Río Curundú	6-252
Foto N° 6-11.	Área de deslizamiento por desprendimiento de rocas en el Cerro Sosa.....	6-264
Foto N° 6-12.	Medida de mitigación ante los deslizamientos en Cerro Sosa....	6-265

6. DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO.

El presente capítulo contiene una descripción detallada de los aspectos relacionados con la línea base del ambiente físico y las condiciones ambientales actuales, que se presentan dentro del área de influencia directa (AID) y el área de influencia indirecta (AII) del proyecto del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá, el cual forma parte integral del Proyecto de la Línea 3 del Metro.

La redacción del presente capítulo se realizará en sentido Este a Oeste del proyecto, contemplando el alineamiento y los componentes del proyecto como se describe a continuación:

- **Tramo 1, lado Este:** ubicado en su totalidad en el lado Este, el cual inicia luego de la Futura Extensión de la Estación Albrook en el PK 0+113 hasta el PK 1+920 previo a la Estación Balboa (subterránea). En este tramo están contemplados los siguientes campamentos: Campamento Este (Albrook) PK 0+200 y Campamento Este (Estación Albrook) PK1+900.
- **Tramo 2:** el cual está subdivido de la siguiente forma:
 - **El Tramo 2, lado Este** el cual inicia en el PK 1+920 Estación Balboa (subterránea) hasta el PK 3+000.
 - **El Tramo 2, Canal de Navegación** del Canal de Panamá comprende desde el PK 3+000 hasta el PK 3+960.
 - **El Tramo 2, lado Oeste** el cual inicia en el PK 3+960 hasta PK 6+250 previo a la Estación de Panamá Pacífico.

Dentro del Tramo 2 lado Oeste, se contemplan tres (3) áreas como alternativas de campamento e instalación de áreas auxiliares, y área de campamento para el contratista, en las siguientes ubicaciones:

- Sector Oeste alternativa de Campamento PK 4+600.
- Sector Oeste alternativa de Campamento PK 5+200.

- Sector Oeste alternativa de Campamento PK 5+800.
- Sector Oeste Campamento de Contratista PK 6+000.

Se prevé que el contratista una vez definido el diseño y adjudicado el proyecto, seleccione una o varias de las áreas identificadas como alternativas de campamentos propuestas en el sector oeste, ya sea en el PK 4+600, PK 5+200 o PK 5+800. Cabe señalar que el contratista podrá instalar oficina en cualquiera de las áreas de campamentos elegidas.

- **Sitio de Disposición de Material de Excavación**, el proyecto contará con dos sitios de disposición del material excedente de los trabajos de excavación, el primero ubicado en el lado Este en Rainforest Village y el segundo en el lado Oeste en Farfán administrado por la ACP.

La descripción del ambiente físico está basada en información cualitativa y en datos cuantitativos, los cuales fueron obtenidos mediante la revisión de fuentes secundarias y primarias que incluyeron:

- Giras de campo y monitoreos ambientales:
 - Las giras de campo se realizaron desde el mes de mayo hasta julio de 2021, las mismas fueron efectuadas para el reconocimiento del Área del Proyecto.
 - Se realizaron monitoreos ambientales desde el mes mayo hasta agosto de 2021, para los análisis de calidad de: agua superficial, agua subterránea, agua marina, sedimentos marinos, suelo, aire, ruido y vibraciones.
- Para el desarrollo de los temas relacionados con precipitación, temperatura, humedad relativa, brillo solar, radiación solar, velocidad promedio y dirección del viento, evaporación, marea, sismos, inundaciones, fuertes vientos, lluvias torrenciales, deslizamientos, sequía, entre otros, se les solicitó información y datos estadístico a entidades como: Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A., Departamento de Hidrometeorología (ETESA); Instituto de Geociencias de la

Universidad de Panamá (IGC); Sistema Nacional de Protección Civil, Dirección de Prevención y Mitigación de Desastres (SINAPROC); Autoridad del Canal de Panamá, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, Sección de Meteorología e Hidrología (ACP).

- Como parte de los documentos de referencia se consultaron algunos Estudios de Impacto Ambiental (EsIA), tales como: EsIA Categoría III, Línea 3 del Metro de Panamá, enero 2016; EsIA Categoría III, Línea 1 del Metro de Panamá, enero 2020; EsIA Categoría III, Cuarto Puente sobre el Canal de Panamá, noviembre 2018; entre otros.

El nivel de detalle presentado en este Capítulo, para cada uno de los elementos descritos, es acorde a la importancia que los mismos tienen dentro del análisis de los impactos significativos y a la necesidad de desarrollar las medidas preventivas o mitigantes del Capítulo N° 10 del presente Estudio.

6.1. Formaciones geológicas regionales.

La geología regional del área de estudio se encuentra principalmente dentro de la Formación La Boca (TI), con algunas intrusiones de la Formación Panamá (Tp). Además, se caracteriza por la presencia de rocas de tipo sedimentaria como: calizas, areniscas y lutitas; y rocas de tipo volcánicas como: ígneas extrusivas, basalto y depósitos de cenizas. A continuación, se presenta la descripción de las formaciones geológicas regionales identificadas:

- **Formación La Boca (TI):** es una formación sedimentaria, del periodo Terciario, época del Mioceno inferior, gran parte de esta formación se encuentra a lo largo del alineamiento del proyecto. El tipo de roca se caracteriza principalmente por esquisto arcilloso, lutita, arenisca, toba y caliza, son consideradas suaves a moderadamente duras.

- **Formación Panamá (Tp):** es una formación que pertenece al periodo Terciario, época del Oligoceno inferior a superior. El tipo de roca se caracteriza principalmente por aglomerado, generalmente andesítico en tobas de grano-fino, incluye conglomerado depositado por corriente.
- **Basaltos (Tb):** los basaltos son una formación que pertenece al periodo Terciario de la época del Mioceno medio y superior. La acción normal del proceso de temporización sobre el basalto ha dado como resultado un suelo saprolítico. El tipo de roca se caracteriza por ser muy dura y resistente, tiene granos de fino a grueso, las uniones frecuentemente están llenas con calcita, clorito y, ocasionalmente, cuarzo. Su color generalmente es de gris oscuro a negro con alto contenido de hierro, magnesio y calcio, tiene bajo contenido en sílice¹.
- **Dacitas (Td):** dacitas y dacita pórfito, es una formación que pertenece al periodo Terciario de la época del Mioceno. El tipo de roca se caracteriza por ser generalmente de color gris o crema claro en casos de alta meteorización. Tiene una textura de granos finos y algunos fenocristales de plagioclasa, cuarzos en granos irregulares, algo de augita y hornablendas.²
- **Andesitas (Ta):** andesitas, extrusivas, es una formación que pertenece al periodo Terciario de la época del Oligoceno y Mioceno inferior. El tipo de roca se caracteriza por ser muy duras, fuertes, robustas, ígneas, de color gris oscuro, ocasionalmente porfíticas, densas, de granulado fino. Las andesitas están compuestas de plagioclásas, especialmente de andesina y minerales máficos como hornablendas, biotita y piroxeno. Generalmente se encuentra presente el cuarzo.³

¹ EsIA Categoría II – Ensanche y Profundización del Cauce de la Entrada Pacífica del Canal de Panamá, ACP, abril 2007.

² EsIA Categoría II – Ensanche y Profundización del Cauce de la Entrada Pacífica del Canal de Panamá, ACP, abril 2007.

³ Análisis Técnico de sitios de disposición de materiales para trabajos de los cauces de navegación y esclusas del Canal Pospanamax propuesto, Proyecto Tercer Juego de Esclusas (Traducción al español), ACP, marzo 2005.

El contacto entre la Formación Panamá y la Formación La Boca, en base a estudios geotécnicos de referencia en el área del proyecto, ocurre aproximadamente en dirección perpendicular al alineamiento del proyecto dentro del cauce de navegación del Canal de Panamá y posiblemente en otras áreas de influencia directa del proyecto, cabe señalar que en las áreas más bajas, en elevaciones de alrededor de 20 m o menos, las unidades de la Formación Panamá y La Boca yacen debajo de una capa relativamente delgada de sedimentos aluviales no consolidados del Periodo Cuaternario y/o material de relleno cerca de las áreas del Canal, entre los cuales se resalta la Lama del Pacífico (Pacific Muck) los cuales son depósitos pantanosos presentes en el sector Pacífico del Istmo. Estos depósitos son similares en apariencia al lodo orgánico y poseen todas sus propiedades físicas. Consisten en arcillas aluviales de color azul – grisáceas, contiene abundantes cantidades de fragmentos de conchas en la matriz de aluvión negro, material orgánico, madera, arcilla plástica débil, y arena. Tiene una humedad alta a muy alta⁴.

6.1.1. Unidades geológicas locales.

Para la descripción de las unidades geológicas locales del área de estudio, se realizó un análisis espacial con el apoyo del Sistema de Información Geográfico (SIG) de CSA Group Panamá, Inc., donde se utilizó como base el Mapa Geológico del Canal de Panamá y sus alrededores, publicado por el Servicio Geodésico Interamericano de la Agencia Cartografía de Defensa de los Estados Unidos (Stewart 1980), tal como se muestra en la Tabla N° 6-1.

Tabla N°6-1:Formaciones Geológicas en el Área de Influencia Directa
ROCAS SEDIMENTARIAS

Periodo	Época	Formación	Unidad Geológica	Litología
Terciario	Mioceno inferior	La Boca	TI	Esquito arcilloso, lutitas, arenisca, toba y caliza.
	Oligoceno inferior a superior	Panamá	Tp	Principalmente aglomerado, generalmente andesítico, en tobas de granos-finos. Incluye

⁴ EsIA Categoría II – Ensanche y Profundización del Cauce de la Entrada Pacífica del Canal de Panamá, ACP, abril 2007.

			conglomerado depositados por corrientes
ROCAS VOLCÁNICAS			
Periodo	Época	Unidad Geológica	Litología
Terciario	Mioceno medio y superior	Tb	Basalto, extrusivo
	Mioceno	Td	Dacita y dacita pórfito
	Oligoceno y Mioceno inferior	Ta	Andesita extrusiva

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

A continuación, se describe la ubicación de las Formaciones a lo largo del alineamiento del proyecto:

- **Formación La Boca (TI):** la cual se encuentra ubicada en los sitios descritos a continuación:

Tramo 1, lado Este: Esta formación está ubicada en su totalidad en el lado Este del proyecto dentro del corregimiento de Ancón, iniciando después de la Futura Extensión de la Estación Albrook, continua por la Policía Nacional Sede de Ancón, pasando por el Intercambiador del Frijol, siguiendo el alineamiento entre los terrenos de Railway Company, Panama Ports Company y el Campamento Este (Balboa) en el PK 1+900, hasta llegar al Tramo 2 en el área donde se localizará la Estación Balboa (subterránea) entre el PK 1+920 y el PK 2+020.

Tramo 2, Canal de Navegación: La formación La Boca, cruza el Canal de Panamá y se encuentra a ambos lados en los terrenos adyacentes al Canal de navegación en el sector Pacífico.

Tramo 2, lado Oeste: Esta formación continua en el lado Oeste dentro del corregimiento de Arraiján iniciando en el bosque de manglar ubicado detrás de las instalaciones de la Base Naval CdF Noel Rodríguez del Servicio Nacional Aeronaval (SENAN), cruza la Carretera Panamericana la cual es el límite colindante con el corregimiento de Veracruz, comprende en su totalidad la alternativa de Campamento PK 4+600 y una pequeña parte de la alternativa del

Campamento PK 5+200, esta formación continua de forma paralela en pequeños cortes hasta el final del alineamiento en el PK 6+250.

Sitio de Disposición de Material de Excavación: El sitio de disposición de material de excavación Farfán, comprende tres formaciones de las cuales gran parte está comprendida dentro de la formación La Boca.

- **Formación Panamá Tp:**

Tramo 1, lado Este: Podemos identificar esta formación en el lado Este dentro del corregimiento de Ancón, en el inicio del proyecto donde está ubicado el Campamento Este (Albrook) en el PK 0+200 hasta aproximadamente el área del Instituto Superior de Formación Profesional Aeronáutica.

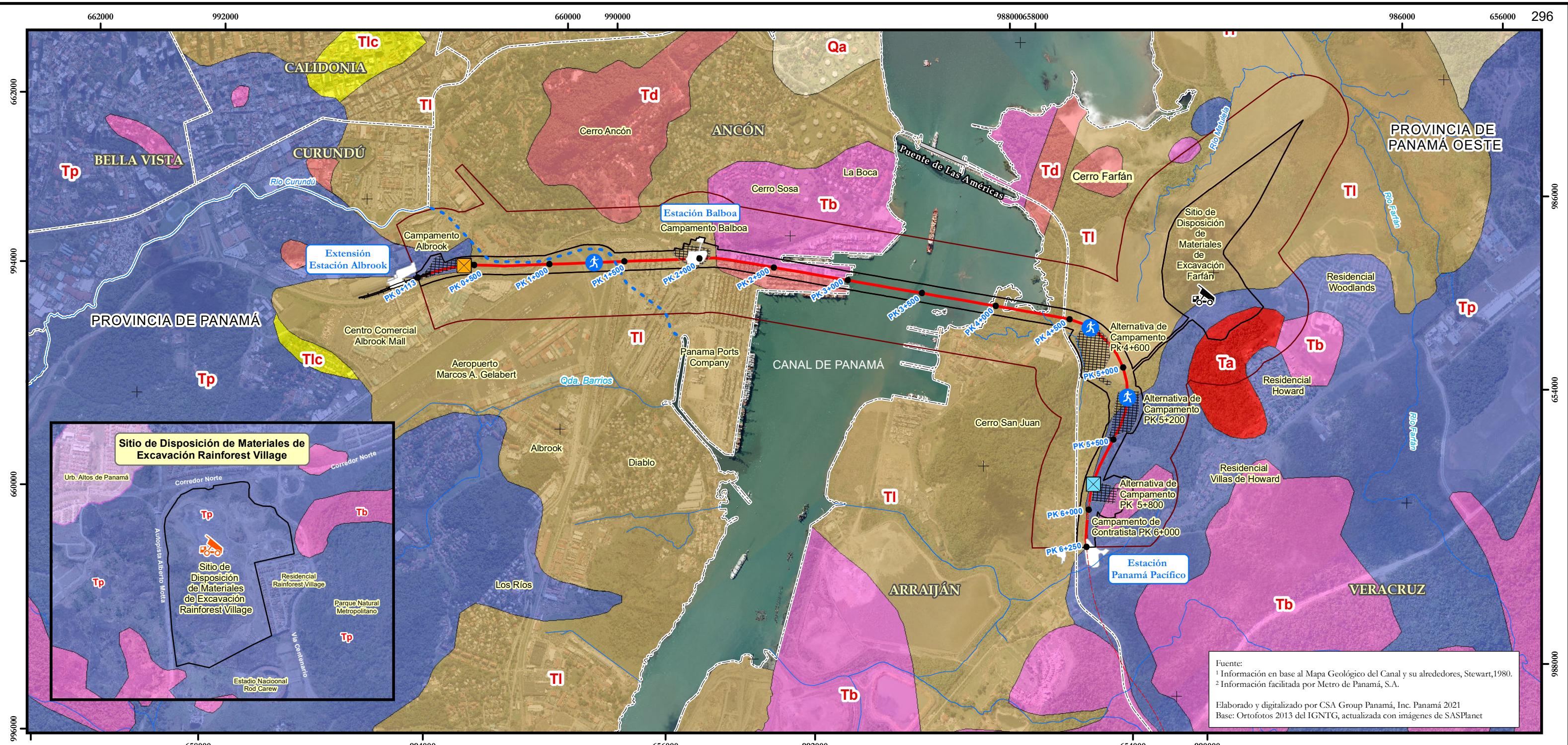
Tramo 2, lado Oeste: En el lado Oeste dentro del corregimiento de Veracruz, esta formación se localiza en una parte de las alternativas del campamento PK 5+200, continuando por el alineamiento, comprende la Trinchera Oeste, la alternativa del campamento PK 5+800 hasta el PK 6+250.

Sitio de Disposición de Material de Excavación: En el lado Este, el sitio de disposición de material de excavación Rainforest Village, está comprendida en su totalidad dentro de la Formación Panamá. En el lado Oeste, sitio de disposición de material de excavación Farfán, tiene una pequeña parte de esta formación.

- **Basaltos (Tb):** Se localizan en el sector de Panama Ports Company, transcurren por el Canal de Navegación del Canal de Panamá y continúa hasta el lado Oeste cercano al Cerro Farfán. Adicional la encontramos en parte de la alternativa de campamento PK 5+800.

- **Dacitas (Td):** Se localizan en el sector de Panama Ports Company, transcurren por el Canal de Navegación del Canal de Panamá y continúa hasta el lado Oeste en el Cerro Farfán.
- **Andesitas (Ta):** Se localizan en el tramo 2, lado Oeste en una pequeña parte del Sitio de disposición de material de excavación Farfán.

A continuación, se presenta el Mapa de Geología del área de estudio, el cual muestra las formaciones geológicas descritas dentro del área de influencia directa e indirecta.



Leyenda	
●	PK cada 500 m
■	Trinchera / Pozo de Extracción Este ²
■	Trinchera / Pozo de Ataque Oeste ²
●	Possible Pozo de Evacuación ²
●	Sitio de Disposición de Materiales de Excavación
●	Farfán
●	Rainforest Village
—	Alineamiento del Proyecto ²
- - -	Línea 3 del Metro de Panamá ²
—	Zona de Transición ²
—	Ríos Principales
- - -	Cajón del Río Curundú ¹

Formación Geológica ¹	
Rocas Sedimentarias	
Qa	Sedimentos Holocenos, no diferenciados, principalmente aluvión o relleno
TI	Formación La Boca, Mioceno inferior. Esquisto arcilloso, lutita, arenisca, toba y caliza
Tp	Formación Panamá, Oligoceno inferior a superior. Principalmente aglomerado generalmente andesítico en toba de grano-fino. Incluye conglomerado depositado por corrientes
Tlc	Formación Cascada, Mioceno inferior. Aglomerado y toba suave de grano-fino
Rocas Volcánicas Intrusivas, Extrusivas	
Tb	Basalto, intrusivo y extrusivo, Mioceno medio y superior
Td	Dacita, intrusiva y dacita pórfito, Mioceno
Ta	Andesita, la misma edad de formación Las Cascadas, Mioceno inferior



Escala: 1:25,000
0 200 400 800 1,200 m
Sistema de Coordenadas: WGS 1984, UTM
Zona 17N Proyección - Transversal de Mercator.

GEOLOGÍA
Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Proyecto de Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá

Promotor: REPÚBLICA DE PANAMÁ GOBIERNO NACIONAL

Consultor: CSAGROUP EST. 1956

6.1.2. Caracterización geotécnica.

La interpretación geotécnica se basa en el documento denominado “Informe de Campaña Geotécnica para la Alternativa de Cruce de Línea 3 bajo el Canal de Panamá” realizado por la empresa LCC Ingeniería, S.A, agosto del 2020. Esta campaña geotécnica se realizó con el objetivo de determinar, con mayor precisión, las características de los suelos por donde se desplazará el tramo soterrado. Esta campaña incluye estudios geológicos-geotécnicos, investigaciones en sitios y ensayos de laboratorio a lo largo del nuevo alineamiento planteado donde se realizaron un total de 14 sondeos a rotación, en las ubicaciones mostradas en la Figura N° 6-1. Es importante resaltar que el diseñador del proyecto del Cruce de Línea 3 bajo el Canal de Panamá deberá complementar esta información de la caracterización geotécnica mediante el desarrollo de una campaña de investigación detallada de los aspectos geológico-geotécnico, geofísico y ensayos fisicoquímicos del agua e investigaciones de campo y laboratorio.

Figura N°6-1: Localización del proyecto y localización de los sondeos



Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc. en base al Informe de Campaña Geotécnica para la Alternativa de Cruce de Línea 3 bajo el Canal de Panamá, agosto 2020.

Adicionalmente, se han consultado informes geotécnicos de referencia en la zona del proyecto. Se realizó la revisión y análisis de datos, mapas y secciones, lo cual nos lleva a la interpretación que la estratigrafía geotécnica del subsuelo se correlaciona aceptablemente con unidades geológicas/geotécnicas previamente identificadas en el área, y brinda conocimiento sobre la naturaleza de los contactos geológicos.

El alineamiento del proyecto, desde el área de Albrook extendiéndose en dirección suroeste hacia Balboa, se encuentra sobre una capa de relleno no diferenciado que generalmente tiene menos de 5 metros de espesor, interpretado como relleno hidráulico de dragado. Subyacente al relleno, hay una capa con un espesor aproximado de 2 a 15 metros de relleno aluvial (lamas y arenas con concha) que descansan sobre el suelo residual subyacente (capa saprolítica) de rocas volcánicas o sedimentarias subyacentes.

La geología del subsuelo cerca de la Avenida Omar Torrijos y los intercambiadores de la Avenida 3 de Noviembre consisten de rellenos no diferenciado superficiales y sedimentos aluviales (arenas marinas, arenas fluviales y gravas) descansando sobre el suelo residual subyacente (capa saprolítica) de las rocas volcánicas subyacentes. Se espera que la porción superior del suelo residual pierda profundidad y que su espesor disminuya a medida que se aproxima al Cerro Ancón hacia el Suroeste. En esta área, las unidades sedimentarias de la Formación La Boca subyacen la capa de suelo residual.

La porción superior del suelo residual fue encontrada a profundidades cerca de 10 a 15 metros entre la Estación de Albrook y la futura Estación Balboa, perdiendo profundidad a medida que se aproxima al Cerro Sosa al suroeste. El espesor del suelo residual generalmente es menor a 5 metros. A lo largo del alineamiento, se encontraron unidades sedimentarias volcánicas, no diferenciadas de las Formaciones Panamá y La Boca, debajo de la capa de suelo residual aluvial de relleno y se extienden desde el área de Albrook hasta el Canal de Panamá, donde yace en un contacto potencial entre la Formación La Boca y Basaltos. Las Formaciones de Basalto se extienden a lo largo del Cerro Sosa y áreas adyacentes. Una capa delgada de suelo residual no diferenciado y sedimentos aluviales yace sobre la Formación de Basalto.

Desde la costa Este del Canal, aproximadamente a 10 metros del material de relleno dragado del Canal, yacen arenas de concha marina no consolidadas del Período Cuaternario y lama del Pacífico (Pacific Muck), seguido de la Formación de Basalto. La Formación de Basalto se ha mapeado extendiéndose hacia el Suroeste a través del Canal. En esta ubicación, el Basalto ha sido interrumpido para entrar en un contacto abrupto con un dique de dacita del Período Terciario. En esta zona LCC reporta en la perforación PN-2 a una profundidad de 31m zonas de falla. La lama del Pacífico y las arenas de concha del Periodo Cuaternario yacen sobre la Dacita a lo largo del siguiente segmento del alineamiento. La Dacita se extiende más hacia el Suroeste hasta el límite Oeste del Canal de Panamá, donde también termina abruptamente en contacto con las unidades sedimentarias de la Formación La Boca. Al igual que el alineamiento en la aproximación Este, las unidades de lecho de roca subyacentes de las Formaciones Panamá y La Boca están cubiertas por la capa residual aluvial de relleno con espesores variables de entre 10 y 20 metros. En la zona Este del lecho del Canal LCC reporta en la perforación PN-5, a una profundidad de 42m, zonas de falla. Similarmente LCC reporta zonas de falla en las perforaciones PN-6, PN-8, y PN-9 en la zona Oeste del lecho del Canal a profundidades de 56m, 54m y 48m respectivamente.

El "Informe de Campaña Geotécnica para la Alternativa de Cruce de Línea 3 bajo el Canal de Panamá" reporta mediciones de nivel freático entre -2.23m y 4.96m con referencia al nivel promedio de mar. En la Tabla N° 6-2 a continuación, se presenta el resumen de las mediciones reportadas. Estos valores pueden fluctuar en áreas próximas a la costa, debido a los cambios de mareas y cambios entre la estación seca y lluviosa.

Tabla N°6-2: Profundidades de Niveles Freáticos

SONDEO	ELEVACIÓN (m)	PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO (m)	ELEVACIÓN NIVEL FREÁTICO
P-N-EB-1	4.52	1.78	2.74
P-N-1	4.81	4.50	0.31
P-N-2	4.76	5.61	-0.85
P-N-3	4.63	6.20	-1.57
P-N-4	5.05	3.90	1.15
P-N-10	4.02	6.25	-2.23
P-N-11	4.01	1.52	2.49
P-N-12	4.03	0.00	4.03

SONDEO	ELEVACIÓN (m)	PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO (m)	ELEVACIÓN NIVEL FREÁTICO
P-N-13	12.16	7.20	4.96
P-N-5	4.36	NR*	NR*
P-N-6	4.84	NR*	NR*
P-N-7	2.90	NR*	NR*
P-N-8	3.10	NR*	NR*
P-N-9	3.38	NR*	NR*

*No reportado debido a realización de sondeo sobre agua

Fuente: Informe de Campaña Geotécnica para la Alternativa de Cruce de Línea 3 bajo el Canal de Panamá, LCC Ingeniería, S.A, agosto 2020.

6.1.3. Hidrogeología

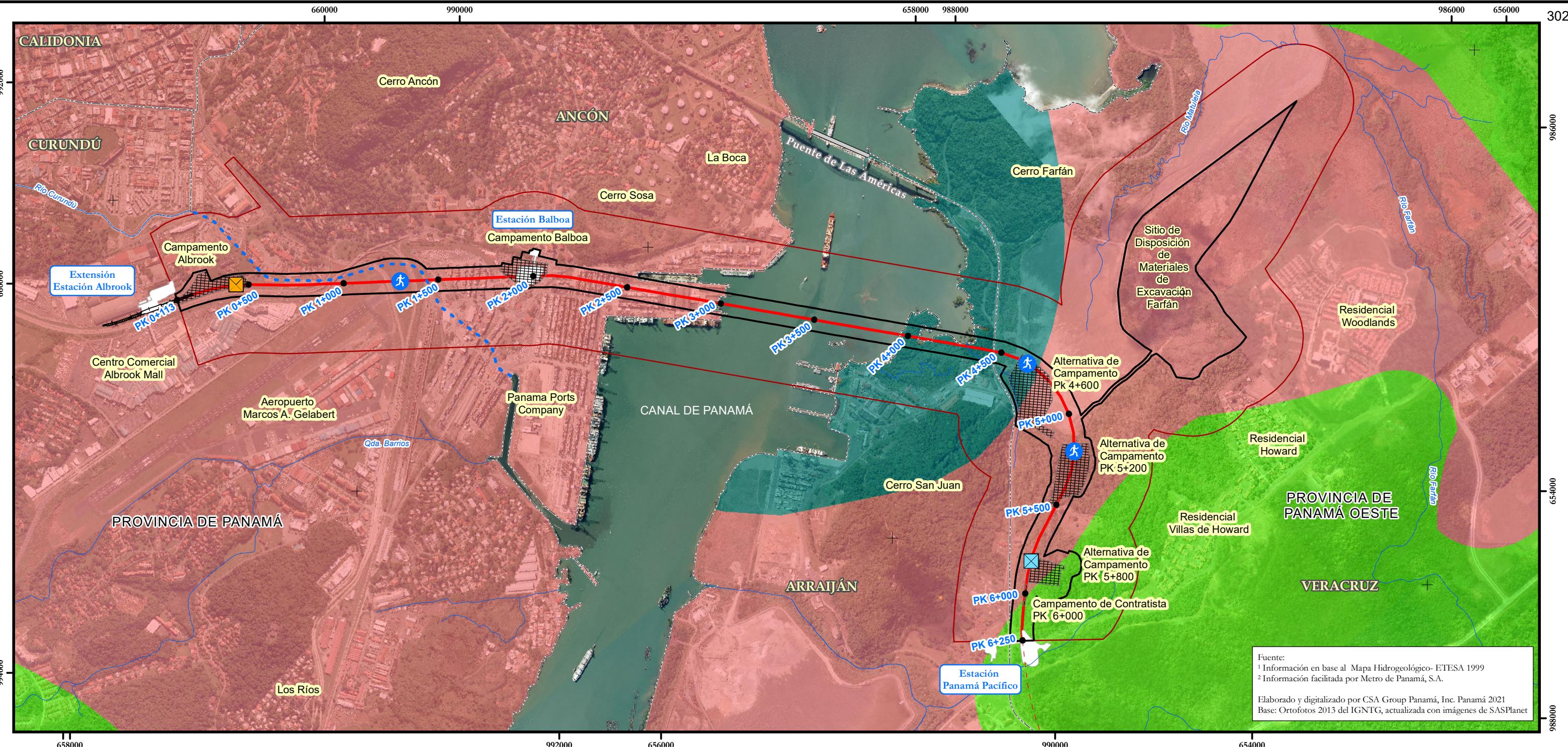
El Mapa Hidrogeológico de Panamá, escala 1:1,000,000 (ETESA, 1999), muestra la presencia de acuíferos en el área de estudio que están intrínsecamente relacionados con las formaciones geológicas subyacentes antes descritas.

Estos acuíferos presentan una productividad (producción de agua subterránea) moderada con rendimiento de $Q= 3\text{-}10\text{m}^3/\text{h}$ a baja productividad con rendimiento de $Q= 3\text{-}5\text{m}^3/\text{h}$, los cuales se comprenden dentro de las rocas volcánicas de las Formaciones de Panamá (facie volcánica), Formación Panamá (facie marina) y La Boca, presentando una permeabilidad de baja a muy baja.

Las características de estos acuíferos dentro de la formación Panamá facie volcánica, se localizan en zonas de fractura restringidas, conformados por una mezcla de rocas volcánicas fragmentarias, consolidadas y poco consolidadas, sobrepuertas a rocas ígneas consolidadas. Los pozos más productivos se localizan en las zonas fracturadas. La calidad química de las aguas es generalmente buena. Los acuíferos que se encuentran entre la Formación La Boca y Formación Panamá (facie marina) se caracterizan por estar constituidos por depósitos marinos generalmente de naturaleza clástica, con secciones ocasionales de origen bioquímico (calizas).

La granulometría predominante de estos materiales es del orden de limos y arcillas. En estas formaciones se encuentran intercalaciones de basaltos y andesitas, se puede obtener cierta producción en pozos individuales. La calidad química de las aguas es variable. Las zonas alteradas que yacen sobre las formaciones del lecho de roca, generalmente, actúan como acuitardos o zonas de confinamiento.

Los acuíferos no confinados, con alto rendimiento de $Q= 10-50\text{m}^3/\text{h}$, los cuales presentan una permeabilidad de mediana a variable, estarán ubicados en áreas de bajo relieve que yacen sobre los acuíferos no consolidados, compuestos por depósitos aluviales, arenas, conglomerados, carbonatos y depósitos marinos. En estas áreas, probablemente se encuentren zonas localizadas de acuíferos y manantiales artesianos cerca de la base de cerros existentes.



6.1.4. Marco Tectónico de Panamá⁵

Para el desarrollo del marco tectónico, en el área de estudio, se utilizó como referencia el Reporte Técnico denominado “Datos Sísmicos para los años 2018 a 2021” (ver Anexo 6-1), elaborado por el Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá (IGC). Este Reporte Técnico fue realizado específicamente para el proyecto del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá e incluye los principales componentes de los aspectos tectónicos, neotectónico, sísmicos, geoquímicos y geofísicos. Es importante resaltar que el diseñador del proyecto del Cruce de Línea 3 bajo el Canal de Panamá deberá realizar los estudios y análisis probabilístico de riesgo sísmico.

La República de Panamá se sitúa sobre un bloque tectónico, relativamente rígido, llamado por algunos investigadores como el Bloque Tectónico de Panamá (BTP), también conocido como Microplaca de Panamá (MP), el cual está rodeado por cuatro (4) placas tectónicas mayores: La Placa Caribe hacia el Norte y Oeste, la Placa Cocos hacia el Suroeste, la Placa de Nazca hacia el Sur y la Placa Suramericana hacia el Este (Montero *et al.*, 1994). Como es conocido, estas placas presentan desplazamientos diferentes, por lo que en sus límites tectónicos se acumula energía ocasionando sismos de diferentes magnitudes, en la Figura N° 6-2 se indican los límites tectónicos de Panamá.

Figura N°6-2: Límites Tectónicos de Panamá

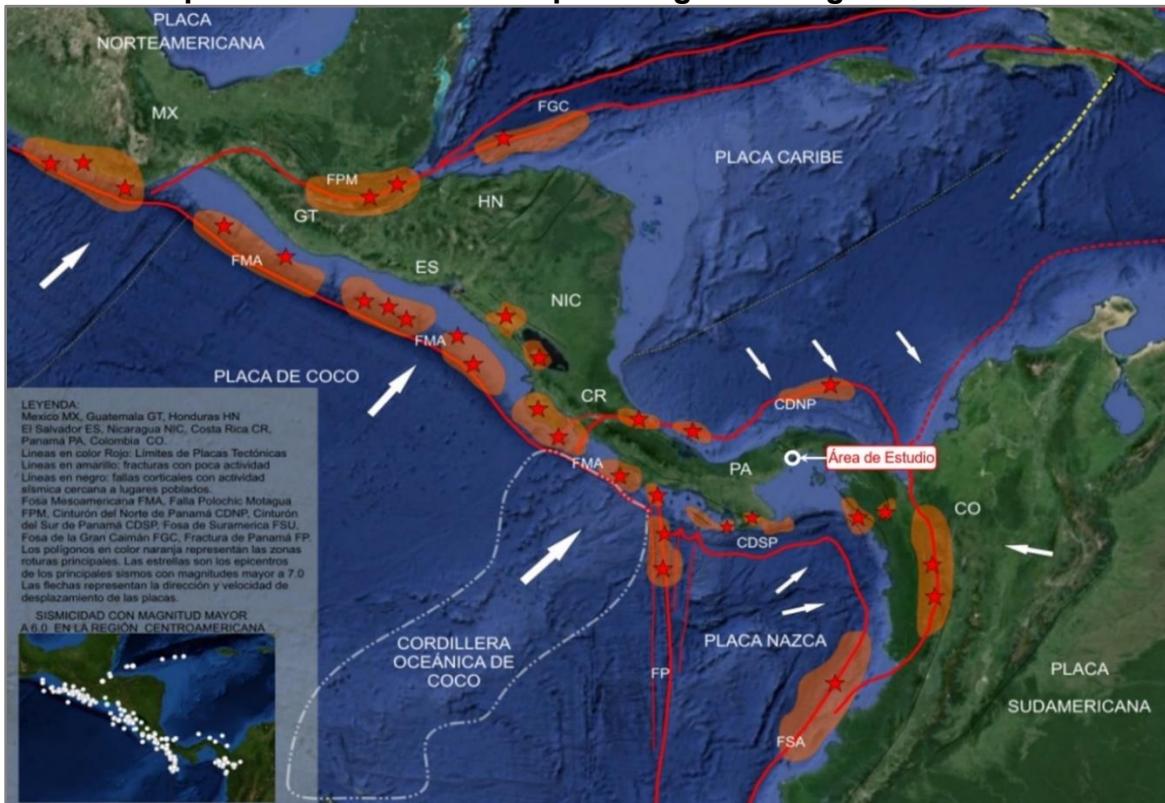


Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc. en base al Informe de Datos sísmicos de, IGC, 2021

⁵ Datos Sísmico para los años 2018 a 2021, elaborado por IGC 2021

En la Figura N° 6-3 se muestra la ubicación y distribución geoespacial del marco tectónico de la región Centroamericana y Suramericana, los cuales son los principales límites de placas que han generado grandes terremotos.

**Figura N°6-3: Marco tectónico de la Región Centroamericana y Suramérica.
Principales límites de Placas que han generado grandes terremotos.**



Fuente: Datos Sísmicos para los años 2018-2021, Álvarez et al 2019 (IGC).

A continuación, se describen únicamente los límites tectónicos ubicados al Norte y al Sur del área de estudio:

- **El Cinturón Deformado del Norte de Panamá (CDNP):** Es la zona de contacto entre las Placas Caribe, convergiendo por debajo del Bloque Tectónico de Panamá, a una velocidad de 10mm/a; se extiende desde la región de Atrato en Colombia, continúa por el Caribe panameño, hasta Costa Rica. Esta es una zona de acreción y subducción con desplazamiento inverso, por debajo de la región Este de Panamá (Sierra Llorona, Sierra Maestra, y la Cordillera de San Blas). El CDNP presenta una condición de cabalgamiento del Bloque Tectónico de Panamá

sobre la placa Caribe, observado durante el terremoto de Limón, en 1991. La sismicidad y la geología indican una reciente subducción de esta placa a unos 100 a 120km por debajo de la Cordillera Central de Panamá, donde esta placa se desplaza en dirección Este – Nordeste, con una velocidad no superior a los 5cm anuales (Cowan et al 1998), numerosos sismos de moderada magnitud se han generado en esta región.

El sector oriental del CDNP es una zona con gran actividad sísmica, donde los últimos sismos reflejan una incipiente subducción de la Placa Caribe, por debajo del Bloque Tectónico de Panamá; estos eventos alcanzan profundidades de 80km. En esta zona se generó uno de los mayores sismos en la República, con una magnitud de ondas superficiales (Ms) de 7.7 Ms y se localizó a 150km al noreste de la Ciudad de Panamá.

- **Cinturón Deformado del Sur de Panamá (CDSP):** Esta zona se localiza al Sur del Istmo de Panamá, bordeando el litoral Pacífico, desde el Sur de Chiriquí, hasta la zona de subducción en la fosa de Colombia - Ecuador. Aquí, la Placa de Nazca se subduce de manera oblicua por debajo del Bloque Tectónico de Panamá, con un ángulo bajo de 15°, aproximadamente (Moore, 1985; Silver et al., 1995). La interpretación tectónica se basa en datos geofísicos y geológicos, a partir de las actividades volcánicas de los complejos La Yeguada y Barú (De Boer et al 1991).

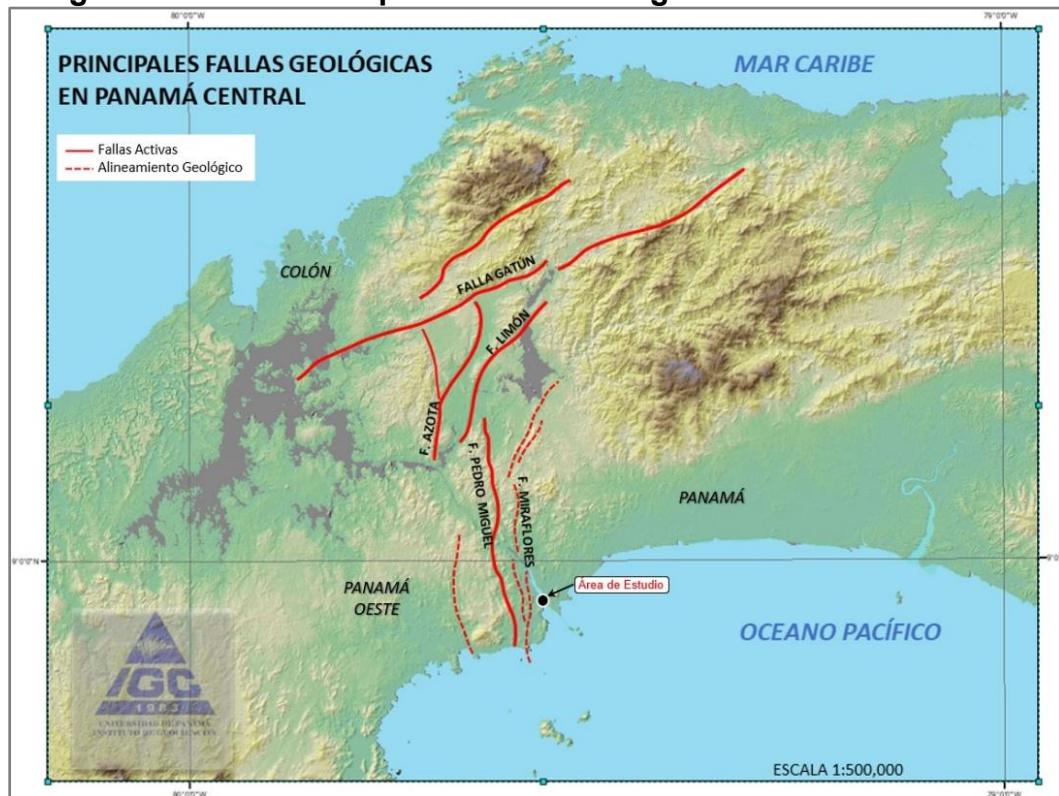
6.1.4.1. Fallas Geológicas⁶

La falla más cercana al proyecto es la Falla de Pedro Miguel, localizada en el área central de Panamá; según indican algunos investigadores, la misma puede extenderse hasta la zona próxima a la Isla Taboga. Esta falla es transcurrente lateral derecho, con una componente inversa. En base a su longitud, la misma se extiende a unos 48km y podría generar un sismo de magnitud máxima hasta de 7.2 M_w, con un periodo de retorno de 450 años. Las otras fallas importantes, está ubicada en la parte continental del Istmo de

⁶ Datos Sísmico para los años 2018 a 2021, elaborado por IGC 2021

Panamá, las cuales son: la Fallas Gatún, Limón, Azota y Miraflores. De este grupo de fallas, se logró encontrar evidencias de sismos antiguos, basado en estudios paleosismológicos, en la Falla Gatún, con periodo de retorno de 170 años (evidencias de tres (3) sismos); según la longitud de la falla, se podría generar un sismo de magnitud entre 7.0 a 7.5 M_w. La Falla Limón, con una longitud de 28km podría generar un sismo de magnitud de 6.8 M_w, para un período de retorno de 400 años. En la Figura N° 6-4 se muestra la ubicación de las fallas descritas.

Figura N°6-4: Principales fallas Geológicas en Panamá Central.



Fuente: Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá (IGC), 2021

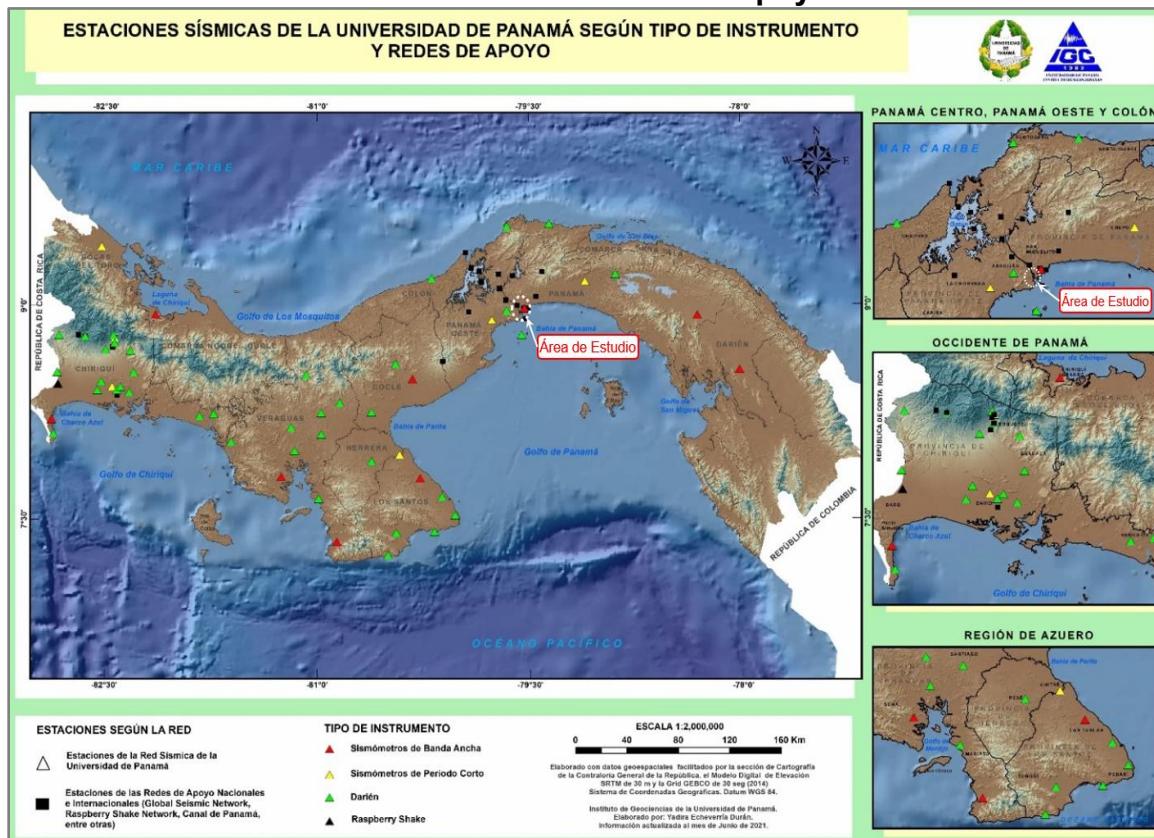
6.1.4.2. Sismología⁷

Cabe señalar que el Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá (IGC) es el instituto de investigación y monitoreo sísmico a nivel nacional, el cual cuenta con una capacidad de Red Sismológica de cincuenta y cuatro (54) estaciones propias y con el

⁷ Datos Sísmico para los años 2018 a 2021, elaborado por IGC 2021

apoyo de dos (2) redes sísmicas privadas, y tres (3) redes de los países vecinos que nos ceden un total de veinticuatro (24) estaciones, incluyendo estaciones acelerográficas a campo abierto, garantizando la obtención de datos actualizados para el desarrollo de la investigación realizada para el presente Estudio, la ubicación de las estaciones sísmicas se puede observar en la Figura N° 6-5.

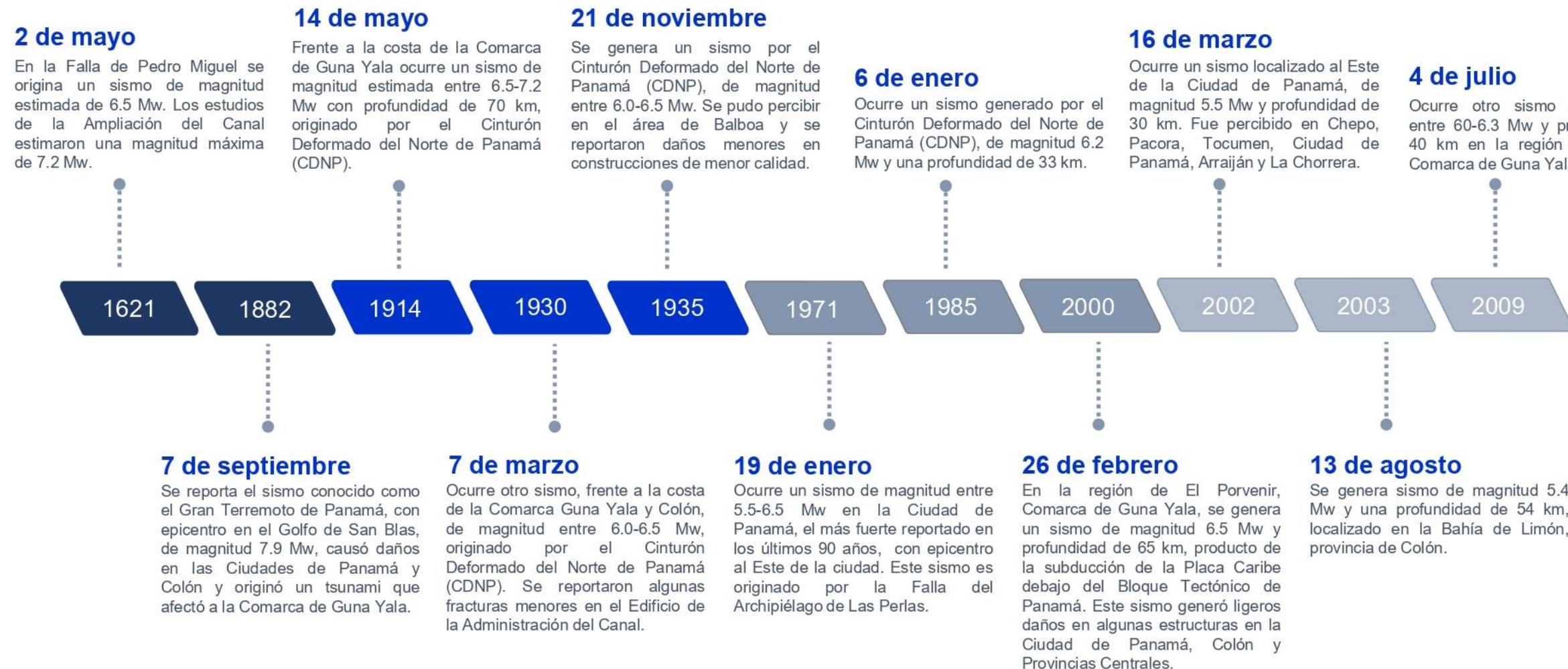
Figura N°6-5: Estaciones Sísmicas de la Universidad de Panamá según tipo de instrumento de red de apoyo



Fuente: Datos Sísmicos para los años 2018-2021, Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá (IGC), junio 2021

A continuación, en la Figura N° 6-6 se presentan la cronología de los principales sismos ubicados regionalmente cerca del área de estudio, ocurridos a lo largo de la historia:

Figura N°6-6: Cronología de los Principales Sismos ocurridos a lo largo de la Historia cerca del Área de Estudio



Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc. en base al documento de Datos Sísmicos para los años 2018-2021, Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá (IGC), junio 2021

6.1.4.3. Sismicidades actuales, cercana al área de estudio⁸

Los datos de las actividades sísmicas que se presentan a continuación se ubican cerca del proyecto del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá, los mismos fueron brindados por el Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá, para el período comprendido desde enero de 2018 hasta mayo de 2021. Los límites considerados son:

Norte: Puente Centenario

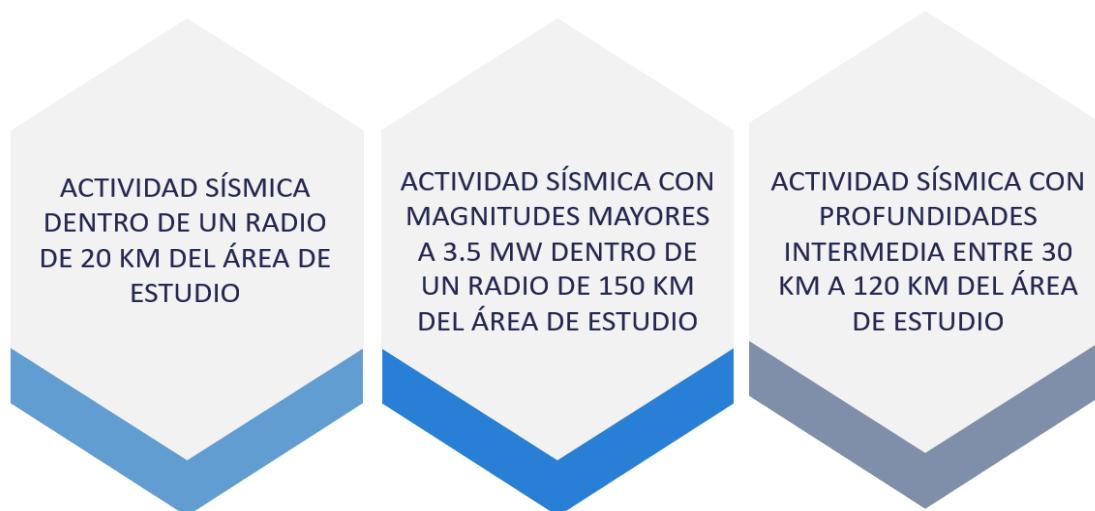
Sur: las costas frente a la Isla de Taboga

Este: San Miguelito

Oeste: Arraiján cabecera

Cabe señalar que, para determinar los radios establecidos, en el análisis de las actividades sísmicas, se ha tomado como centro de referencia el Puente de las Américas. A continuación, la información presentada está basada en las actividades sísmicas dentro del área de estudio, de acuerdo con los siguientes criterios:

Figura N°6-7: Criterios de actividades sísmicas dentro del área de estudio



Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc. en base al documento de Datos Sísmicos para los años 2018-2021, Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá (IGC), junio 2021

⁸ Datos Sísmico para los años 2018 a 2021, elaborado por IGC 2021

- **Actividad sísmica dentro de un radio de 20km del área de estudio**

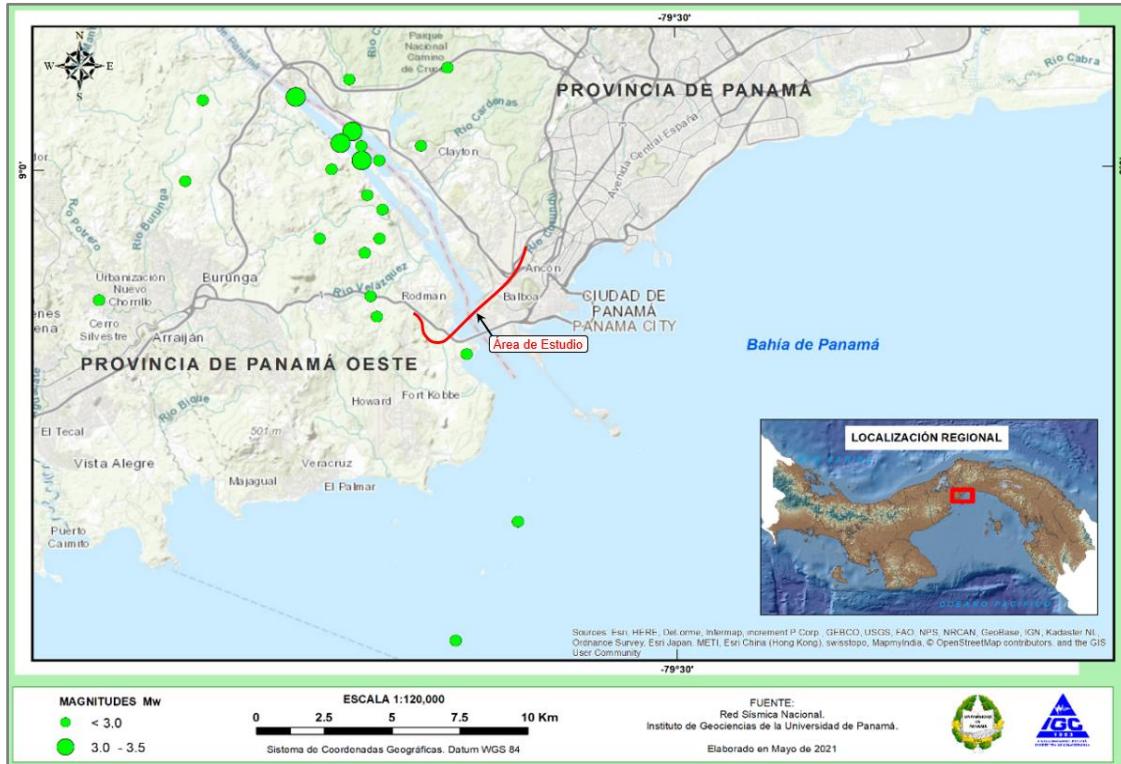
Durante el año 2018, se registraron doce (12) sismos (incluyendo explosiones) de los cuales tres (3) fueron de magnitud mayor a 3.0 M_w, siendo el más fuerte el ocurrido el día 29 de junio con una magnitud de 3.5 M_w y su epicentro fue próximo a la comunidad de Paraíso, el mismo fue reportado por los residentes de las comunidades próximas al Canal.

En el año 2019, se generaron cinco (5) sismos en esta pequeña región, de los cuales cuatro (4) ocurrieron en el mes de julio, lo que permite interpretar la existencia de una falla geológica activa. Esta secuencia de sismos fue registrada por pocas estaciones (las más cercanas), lo que limita la interpretación del tipo de falla y patrones de rotura.

En el año 2020, se registraron tres (3) sismos, todos con magnitud menor a 3.0 M_w. Estos sismos son de poca liberación de energía y por lo general, estos son imperceptibles. En los meses transcurridos hasta mayo del año 2021, se ha logrado registrar cuatro (4) sismos (incluyendo una (1) explosión) con magnitud menor a 3.0 M_w.

La Red Sísmica de Panamá registró un total de veintitrés (23) eventos sísmicos dentro de un radio de 20km del área de estudio, tal como se observa en la Figura N° 6-8. La distribución espacial de estos epicentros refleja un alineamiento Norte Sur, desde el margen Este del Canal hasta cruzar la carretera Panamericana en Panamá Oeste. Este alineamiento es consistente con la falla de Pedro Miguel.

Figura N°6-8: Sismicidad ocurrida de 2018 a mayo 2021 en un radio de 20Km del área de estudio



Fuente: Datos Sísmicos para los años 2018-2021, Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá (IGC), junio 2021

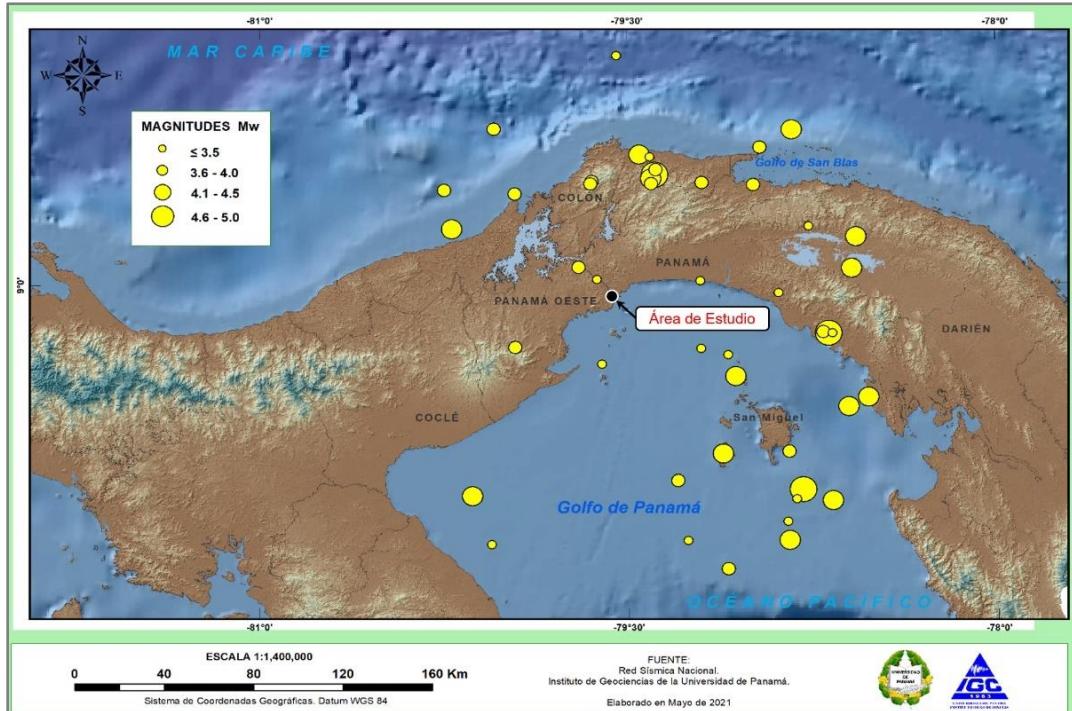
- **Actividad sísmica con magnitudes mayores a 3.5 M_w dentro de un radio de 150km del área de estudio**

Durante el año 2018, se registraron veintiocho (28) sismos, de los cuales dieciséis (16) registraron una magnitud superior a 4.0 M_w. El sismo de mayor magnitud fue el ocurrido el día 11 de febrero de 2018, con epicentro en el Parque Nacional Chagres, el cual está ubicado al Noreste del proyecto. La magnitud de este evento fue de 5.0 M_w y según los rasgos morfoestructurales, la fuente que generó el sismo es la falla del Río Cuango – Santa Isabel. Otros sismos relevantes fueron los ocurridos los días 7 de enero y 8 de febrero de 2018, ambos con magnitud 4.6 M_w y con fuente sísmicas distintas (Sur de Isla del Rey y Chimán) procedentes de Sureste del proyecto.

En el año 2019, se registraron doce (12) sismos. El de mayor magnitud fue el registrado el día 7 de marzo de 2019, con una magnitud de 4.5 M_w, localizado en el Archipiélago de Las Perlas, próximo a Isla Contadora, a una profundidad de 7.3km generado por la falla Las Perlas. Este evento fue reportado en la zona epicentral, así como en algunos sitios de la ciudad de Panamá.

Para el año 2020, se registraron seis (6) sismos y solo ocurrió uno (1) de magnitud superior a 4.0 M_w, el mismo ocurrió el 14 de febrero, localizado al Sur de la Provincia de Coclé. Al 31 de mayo 2021, no se han registrado sismos con magnitud superior a 4.0 M_w. La Red Sísmica de Panamá registró un total de cuarenta y seis (46) eventos sísmicos corticales, en un radio de 150km del área de estudio, tal como se observa en la Figura N° 6-9. Para esta selección, se estableció el límite de magnitud >3.5 M_w y profundidad hasta los 30km hipocentral, tomando en consideración que a esta distancia se pueden dar daños menores por un sismo de magnitud de 5.5 M_w.

Figura N°6-9: Sismicidad cortical ocurrida de 2018 a mayo 2021 en un radio de 150km al área de estudio



Fuente: Datos Sísmicos para los años 2018-2021, Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá (IGC), junio 2021

- **Actividad sísmica con profundidades intermedia entre 30km a 120km del área de estudio**

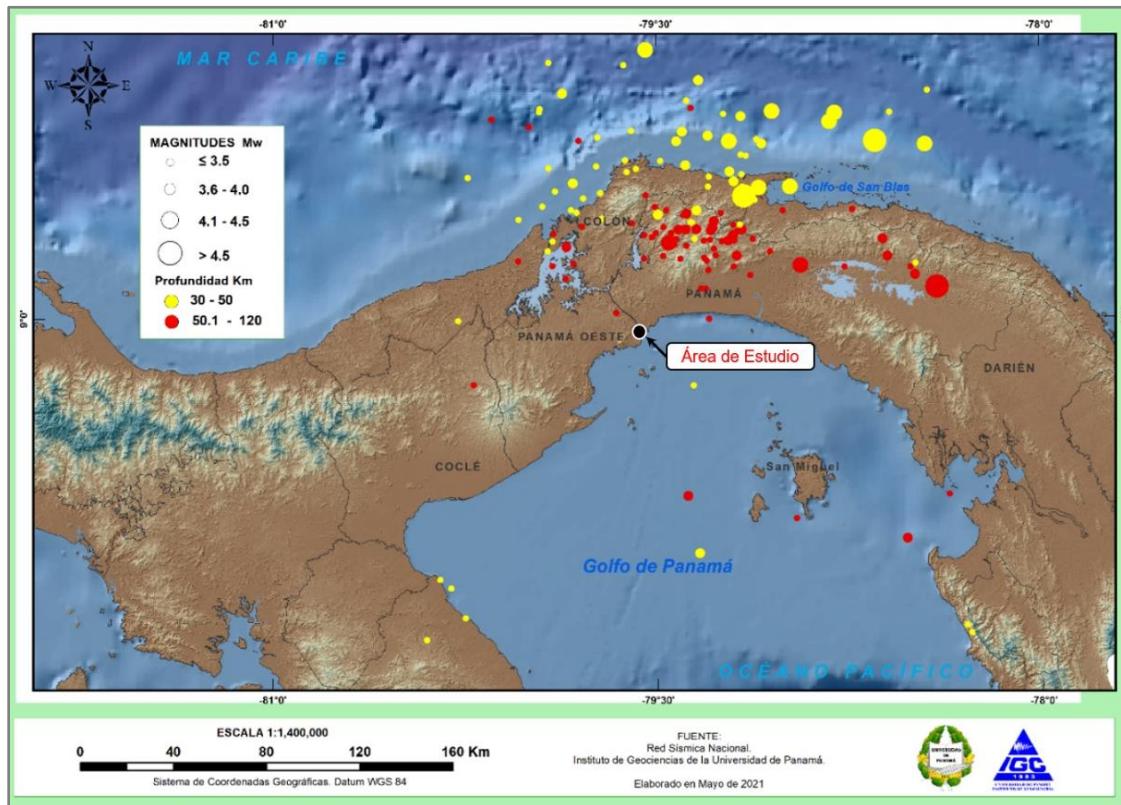
En el año 2018, el sismo de mayor magnitud ocurrió el día 6 de agosto, con magnitud 5.4 M_w y una profundidad de 50km, el cual se ubica frente a las costas de la Comarca Guna Yala, a una distancia de 140km del proyecto. Este evento se percibió en ciertos lugares de la ciudad de Panamá, en especial en edificios altos. Otros sismos importantes durante el año 2018 fueron los ocurridos: el día 5 de diciembre, con magnitud 4.6 M_w; el día 4 de febrero, con magnitud 4.5 M_w; el día 24 de marzo, con magnitud 4.4 M_w; el día 26 de julio, con magnitud 4.3 M_w.

Durante el 2019, el sismo de mayor magnitud fue el ocurrido el día 7 de octubre, con magnitud 4.5 M_w. Para el 2020, no se tienen registros de un evento sísmico con magnitud mayor a 4.0 M_w, pero resaltamos que, durante el año en mención, la mayoría de los sismos tienen una profundidad mayor a los 50Km, evidenciando el proceso de subducción.

El día 1 de mayo de 2021, ocurrió un fuerte sismo en la región de Santa Isabel, Provincia de Colón, con una profundidad de 32km y fue percibido en las provincias de Colón y Panamá. Considerando que el Bloque Tectónico de Panamá presenta una actividad tectónica de subducción incipiente, es considerada otra fuente sismo generador y los eventos sísmicos generados alcanzan profundidades de hasta 120km. Durante el periodo transcurrido entre los años 2018-2021, la Red Sísmica de Panamá registró ciento cincuenta (150) eventos sísmicos con profundidad intermedia entre 30km a 120km, tal como se observa en la Figura N° 6-10.

En el año 2018, se registraron cincuenta y un (51) sismos; durante el año 2019, se registraron cuarenta y dos (42) sismos; durante el año 2020, se registraron treinta y siete (37) sismos; y entre los meses de enero a mayo del año 2021, se ha registrado una actividad sísmica de veinte (20) sismos.

Figura N°6-10: Sismicidad ocurrida de 2018 a 2021 con profundidad Intermedia de 30 a 120km al área de estudio



Fuente: Datos Sísmicos para los años 2018-2021, Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá (IGC), junio 2021

6.1.4.4. Evaluación General del Riesgo Sísmico⁹

El Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá (IGC) ha trabajado de manera interdisciplinaria e interinstitucional, con el objetivo de lograr predecir el comportamiento de los suelos cuando ocurre un sismo. Tal es el caso de los estudios de Aceleración Pico del Suelo (PGA-Peak Ground Acceleration, en sus siglas en inglés) para distintos períodos de vibración del suelo, al momento de ocurrir un terremoto.

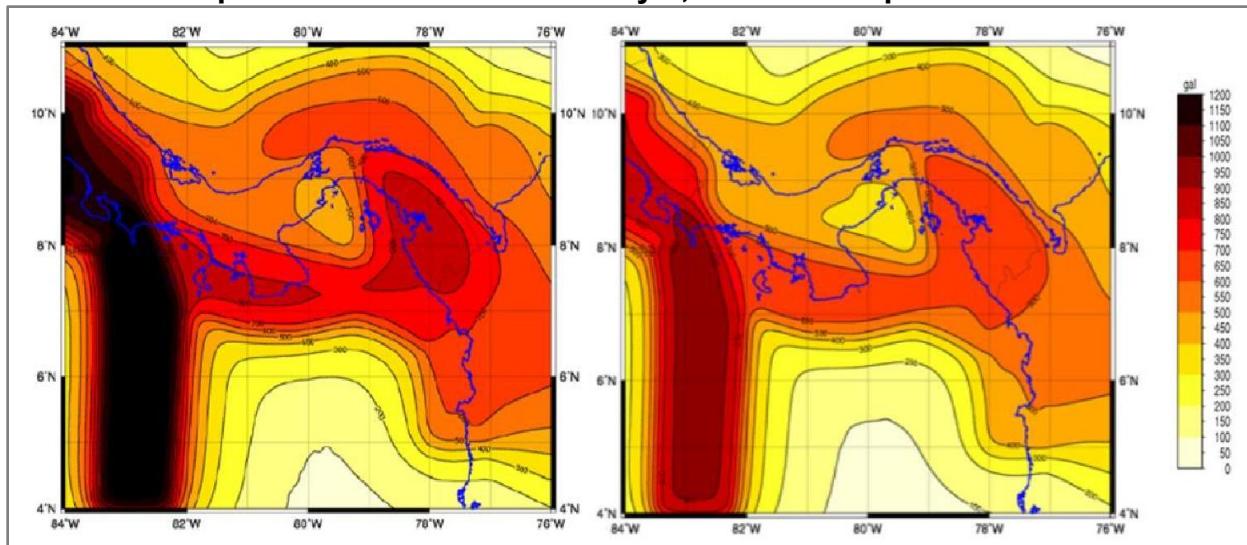
Estos datos son muy útiles para el diseño de estructuras y obras civiles, permite identificar las máximas aceleraciones de un lugar, según la fuente sismogénica asumida

⁹ Datos Sísmico para los años 2018 a 2021, elaborado por IGC 2021

y que genere un sismo característico, refiriéndose esto último, a la máxima magnitud que podría alcanzar una falla.

En la Figura N° 6-11 se muestran las aceleraciones máximo probable del suelo para Panamá, en dos (2) tipos de periodos de vibración del suelo y periodo de retorno de 500 a 2,500 años.

Figura N°6-11: Aceleración máxima del suelo para 0.2 seg. y 1.0 seg. en periodos de retorno de 500 y 2,500 años respectivamente



Fuente: Datos Sísmicos para los años 2018-2021, Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá, 2015 (IGC)

En ambos casos, las máximas aceleraciones se localizarían hacia el Oeste de Panamá, en lo que se conoce como la Zona de la Fractura de Panamá y la Zona Caribeña de Bocas del Toro, siendo esta última la zona de mayor actividad sísmica del país. Otras zonas con aceleración intermedia serían: la región de Azuero, Soná, la región de Darién y parte del Caribe. La región de Panamá Central presentaría los valores más bajos de aceleración de los suelos. Cabe señalar que la primera imagen de la Figura N° 6-10 corresponde a las máximas aceleraciones del suelo para un periodo de retorno de 2,500 años y se observa que el PGA para Panamá Central es por debajo de 500 gales y permanece como una zona de menor aceleración en caso de sismos característico importante, teniendo en cuenta las diversas zonas sismogénicas y su distancia al centro de Panamá. La segunda imagen representa los valores a las máximas aceleraciones del

suelo para un periodo de retorno de 500 años y se observa que el PGA para Panamá Central es por debajo de 300 gales.

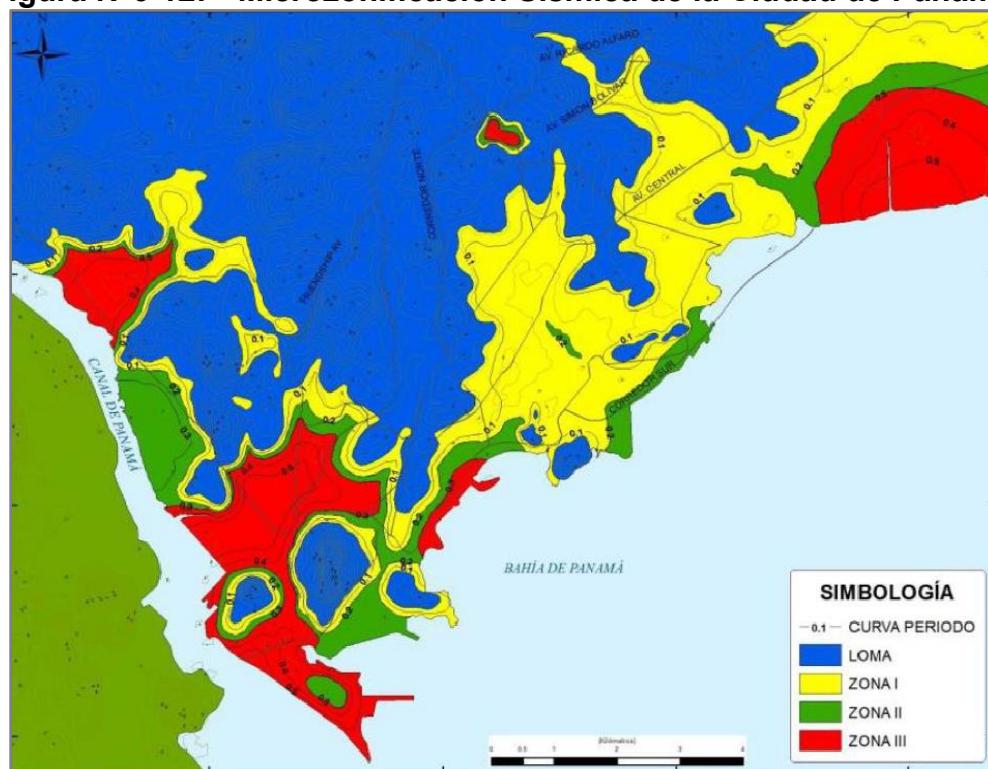
Los resultados de los estudios realizados por el Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá (IGC), y publicados en el año 2015, en que se tiene la evaluación probabilística de riesgo en la Ciudad de Panamá para los portafolios de Educación y Salud utilizando el Software CAPRA, y para el cual era prioritario realizar la Microzonificación Sísmica de la ciudad de Panamá, tiene como valoración de las condiciones locales del suelo, la amplificación del ruido natural y la frecuencia fundamental o el periodo de vibración de los suelos.

Como resultado, se obtuvo el mapa de la respuesta dinámica de los suelos en la Ciudad de Panamá, el cual se muestra en la Figura N° 6-12, donde los suelos de color azul son más duros (menor amplificación) y se asocia a productos volcánicos, y en su defecto a las colinas y lomeríos dentro de la Ciudad de Panamá. Las zonas con color amarillo se definen como suelos de transición y en contacto con el depósito volcánico.

Las zonas donde el resultado está en color verde representan suelos blandos con amplificación bastante elevada; y en color rojo, los suelos con una respuesta dinámica de alta amplificación vinculada a zonas de relleno, zonas de sedimentos marino costero o planicies aluviales.

La respuesta obtenida hacia la zona de Balboa, margen Este del Canal, indica que los suelos tienen una mayor amplificación. No se realizaron mediciones hacia el Oeste del Canal ni se hizo una descripción de la geología de la región, para así definir la dureza de los suelos.

Figura N°6-12: Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Panamá



Fuente: Datos Sísmicos para los años 2018-2021, Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá, en base al Estudio de Microzonificación Sísmica de la ciudad de Panamá 2015 (IGC)

6.2. Geomorfología.

El territorio de la República de Panamá presenta tres regiones morfoestructurales: Las regiones de montañas, las regiones de cerros bajos y colinas, las regiones bajas y planicies litorales, diferenciadas claramente desde el punto de vista topográfico (altitud y pendiente), estructural (litología y tectónica) y geológico. De estas tres regiones morfoestructurales, el área de estudio se encuentra compuesta por: Regiones Bajas y Planicies Litorales (Cuencas Sedimentarias del Terciario), las cuales corresponden a zonas deprimidas, constituidas litológicamente sobre rocas sedimentarias marinas que están separadas por cerros aislados, los cuales se encuentran formados por rocas volcánicas resistentes¹⁰. Entre algunas de estas pequeñas elevaciones que se encuentran aledañas al área del proyecto están el Cerro San Juan en la parte Oeste del Canal, Cerro Ancón justo al Este de Albrook y Cerro Sosa en Ancón.

¹⁰ Descripción Geomorfológica del Atlas Nacional de Panamá, 2007.

La morfología del terreno en el área costera del Pacífico del Canal se caracteriza por valles aluviales con ligeras pendientes y zonas de inundación que están separadas por cerros aislados formados por rocas volcánicas. La elevación de los terrenos aluviales varía desde el nivel del mar hasta aproximadamente 20m. Esta elevación generalmente marca la base de los cerros circundantes que se elevan a un relieve que excede los 100 metros, tal como se visualiza en la Figura N° 6-13.

Figura N°6-13: Principales Elevaciones del Área del Proyecto

Cerro Ancón	Cerro Farfán
 Corregimiento de Ancón, cercano a la Ave. Los Mártires.  190 msnm	 Corregimiento de Veracruz, frente al Mirador del Pte. de Las Américas.  300 msnm
Cerro San Juan	Cerro Sin Nombre
 Margen Derecho de la Carretera Panamerica, dirección Pmá. Oeste.  142 msnm	 Frente al Cerro San Juan, en el Distrito de Arraiján.  182 msnm
Cerro Sosa	
 Frente a Panama Ports Company, Vergara.  112 msnm	

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

El resto del área aledaña al proyecto responde a una zona bastante plana, producto de las diferentes intervenciones antrópicas que han tenido lugar a lo largo de los años, las cuales han sido significativamente alteradas por la presencia de actividades comerciales y la presencia de importantes vías de movilización.

La escorrentía superficial, en el área de estudio, se origina de los cerros aislados y áreas montañosas circundantes a través de barrancos muy cortados o moderadamente cortados. Estos barrancos descargan hacia las tierras más bajas a través de corrientes

abiertas, de bajo gradiente, en ligeras pendientes que bordean el Canal y la contigua Bahía de Panamá.

El análisis de los datos del contorno topográfico, datos geológicos e imágenes satelitales de las áreas del Cerro Sosa, Ancón y San Juan muestran que la morfología actual de las pendientes contiguas, a los cortes transversales de aproximación propuestos, son generalmente pendientes estables situadas sobre una cubierta de suelo residual.

El suelo residual resulta de la descomposición de rocas volcánicas subyacentes debajo del área. En varias áreas aisladas, la morfología del contorno indica que las pendientes son generalmente entre moderadamente empinadas y empinadas, con superficies onduladas, casi lomas en valles abiertos, indicando áreas potenciales de previos deslizamientos de tierra (también denominadas áreas de desplazamiento de masas inducido por lluvia). Cabe señalar que la cubierta vegetal actual, en imágenes satelitales recientes, así como la falta de escarpes visibles, indica que las pendientes han permanecido estables por un periodo significativo.

6.3. Caracterización del suelo.

La caracterización de uso del suelo, desarrollado para el presente EsIA, se apoya de datos cartográficos, consultas a estudio del uso actual de suelo; así como de los resultados de las tomas de muestras de suelos realizadas dentro del área de estudio. En el área del proyecto están presente dos tipos de ambiente, terrestre y marino, a saber:

- **Ambiente Terrestre:**
 - **Tramo 1, lado Este:** el cual inicia en el PK 0+113 donde se instalarán el Campamento Este (Albrook), la Zona de Transición, la Trinchera Este y Pozo de Extracción Este, siguiendo el alineamiento hasta las áreas verde del Intercambiador El Frijol en el PK 1+300 donde se ubicará un Posible Pozo de Evacuación, seguido pasa por terrenos de Canal Railway Company (CRC) y Panama Ports Company (PPC), el Campamento Este (Balboa) hasta llegar al

PK 1+920 previo a la Estación Balboa (subterránea) donde culmina el tramo, el cual está totalmente urbanizado con gran movimiento comercial y con vías de tránsito rápido.

- **Tramo 2, lado Este:** inicia en el PK 1+920 comprendiendo los terrenos de Panama Ports Company (PPC) y de La Autoridad del Canal de Panamá (ACP), en dicho tramo se localizará la Estación Balboa (subterránea); de igual manera, se ubicará el campamento Este (Balboa) hasta el PK 3+000 hasta la Costa Este. Este sector está antropológicamente intervenido, con gran movimiento de carga de contenedores por la cercanía al Puerto de Balboa y avenidas con gran movimiento vehicular por ser un paso de acceso hacia el Lado Oeste del país.
- **Tramo 2, lado Oeste:** es un tramo con poco desarrollo urbano, pero con grandes áreas verdes, se extiende desde PK 3+960 hasta PK 6+250 previo a la Estación de Panamá Pacífico, en ella se concentrará la gran parte de las actividades del proyecto, dentro de este Tramo se ubicarán las alternativas de Campamento PK 4+600, Campamento PK 5+200, Campamento 5+800 y el Campamento del Contratista PK 6+000, la Trinchera y Pozo de ataque Oeste, adicional comprenderá el sitio de disposición de material de excavación Farfán.

- **Ambiente Marino:**

- **El Tramo 2, Canal de Navegación del Canal de Panamá,** atraviesa el canal de navegación, por debajo del lecho marino del Canal de Panamá, este ambiente inicia en el PK 3+000, cercano al Puerto de Balboa en la Costa Este donde se localiza Panamá Ports Company (PPC), hasta el PK 3+960 la Costa Oeste cercana al área donde se encuentra las instalaciones de Petro América Terminal, S.A. (PATSA) y SENAN.

Los Tramos 1 y 2 Este, se encuentran muy afectados por las acciones antrópicas asociadas a la presencia de vías principales, Corredor Norte, instalaciones comerciales

e industriales adyacentes a las vías, que han formado suelos compactados. Por otro lado, en el Tramo 2 Oeste, se observa menos desarrollo urbano, caracterizado por áreas verdes, bosque secundario y presencia de comercio de servicio marino.

Las características de los suelos comprenden parámetros físicos, químicos y biológicos: los parámetros físicos incluyen principalmente la estructura y textura del suelo; los parámetros químicos están relacionados con la presencia y la cantidad de elementos minerales y sustancias inhibidoras del crecimiento de las plantas; y los parámetros biológicos se refieren a la cantidad, el tipo y las actividades de los organismos del suelo. A continuación, se describen las características del suelo y de sedimentos del fondo marino, para establecer la información de línea base de calidad de estos.

A. Ambiente Terrestre

El suelo es un sistema estructurado que involucra cambios físicos, químicos y biológicos de la roca originaria. Los procesos o cambios físicos implican la reducción del tamaño de las partículas sin ninguna alteración en su composición, los cambios químicos son originados por la separación de las partículas minerales de la roca y los cambios biológicos son realizados por la comunidad que habita en el suelo, entre estos: flora, macrofauna, mesofauna, microfauna y microbiota.¹¹ Por lo tanto, para determinar la calidad del suelo, es necesario evaluar sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Para esta evaluación, se tomó como principal referencia el Decreto Ejecutivo N° 2 del 14 de enero de 2009, “Por el cual se establece la Norma Ambiental de Calidad de Suelo para diversos usos”, la cual tiene por objetivo proteger la salud humana y los ecosistemas y establecer los criterios de calidad de los suelos en el territorio panameño. También, se utilizó como referencia las Directrices Canadienses de Calidad Ambiental para suelo.

¹¹ Nannipieri *et al.*, 2003; Porta *et al.*, 2003.

A.1. Criterio de Selección del sitio de muestreo y análisis para Suelo.

Para seleccionar los sitios de muestreo de suelo se consideraron los siguientes criterios:

- **Zonas homogéneas en pendientes y Unidad Geomorfológica:** Todos los sitios seleccionados para la toma de muestra presentaron pendientes bajas o nulas, característico de un relieve de regiones bajas, planicies litorales, cerros y colinas con rocas sedimentarias.
- **Zonas con exposición a contaminantes:** Parte de las áreas de influencia directa del proyecto, son zonas en las que se desarrollaron actividades que, según la norma de referencia, son consideradas como potencialmente contaminantes del suelo, tales como: almacenamiento y distribución de combustible y proyectos de construcción de obras de ingeniería civil.
- **Zonas con cambios de vegetación:** Se consideraron áreas del alineamiento del proyecto que presentarán modificación permanente del suelo con la construcción del proyecto y aquellas que involucran la pérdida de cobertura vegetal.

Para el caso del presente Estudio, se establecieron diez (10) Puntos de Toma de Muestras de Suelo dentro del área de influencia directa del proyecto, cuyas muestras fueron tomada por medio de una pala coa, en la Tabla N° 6-3 se presenta la ubicación geográfica que se muestra en el Mapa de Sitios de Muestreos de Suelo ubicado al final de este punto, adicional en el Anexo 6-2.1 se presentan los Resultados del Informe de Monitoreo de Calidad de Suelo generado por el Laboratorio Corporación Quality Services, S.A.

Tabla N°6-3: Puntos de Toma de Muestra de Suelo

N°	PUNTO	UBICACIÓN PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS	
			ESTE	OESTE
1	EM1B – Suelo	Alternativa Campamento PK 5+800	655416	989515
2	EM4-Suelo	Antigua Estación de Bombeo de Hidrocarburos	655546	989517
3	EM5-Suelo	Patio de Tanques	655423	989137
4	EM6-Suelo	Alternativa Campamento PK 5+200	655789	988985
5	EM14-Suelo	Área de la Trinchera Este (Zona de transición)	659276	991784
6	EM16-Suelo	Área de la Trinchera Este	659468	992344

Nº	PUNTO	UBICACIÓN PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS	
			ESTE	OESTE
7	EM10- Suelo-01	Estación Balboa (Edificio #66B de la ACP)	658422	990577
8	EM8B – Suelo	Possible pozo de evacuación en Farfán y alternativa de campamento PK 4+600	656159	988909
9	EM1A – Suelo	Lado Oeste sobre el alineamiento entre las alternativas de Campamento PK 5+200 y PK 5+800	655589	989253
10	EM8F – Suelo	Sitio de disposición de material de excavación de Farfán.	655851	988433
11	EM8A – Suelo	Rampa de acceso a Albrook Mall.	658934	991417

Fuente: Corporación Quality Services, S.A.

Las tomas de muestras de suelo fueron realizadas los días 10 de junio de 2021; 2 y 23 de julio de 2021; 10 y 12 de agosto de 2021. Durante la toma de muestras la condición climática es de día soleado. A continuación, en la Tabla N° 6-4 se describen las principales características observadas en los sitios muestreados:

Tabla N°6-4: Características Generales de los Sitios de Muestreo.

Nº	PUNTO	CARACTERÍSTICAS GENERALES
1	EM1B – Suelo	Muestra tomada en suelo cubierto por hojarasca, en el área de construcción de la alternativa del Campamento PK 5+800, zona no intervenida por actividades humanas.
2	EM4-Suelo	Muestra tomada en suelo cubierto por hojarasca y grama, adyacente a la antigua Estación de Bombeo de Hidrocarburos.
3	EM5-Suelo	Muestra tomada en suelo cubierto por paja canalera en el antiguo Patio de Tanques no operante.
4	EM6-Suelo	Muestra tomada en suelo cubierto de hojarasca y ramas secas en el área de construcción de la alternativa del Campamento PK 5+200.
5	EM14-Suelo	Muestra tomada en suelo con pequeñas secciones cubiertas de grama en el área de construcción de la Trinchera Este (Zona de transición).
6	EM16-Suelo	Muestra tomada en suelo con cubierta de grama en el área de construcción de la Trinchera Este.
7	EM10 - Suelo -01	Muestra tomada en suelo cubierto de grama, en el área de construcción de la Estación Balboa, al lado del Edificio #66B de la ACP. La grama presenta características de un área verde con constante mantenimiento.
8	EM8B – Suelo	Muestra tomada en el área de construcción del Possible pozo de evacuación en Farfán y en la alternativa del Campamento PK 4+600, dentro del sitio de disposición de material de excavación de Farfán. Suelo cubierto con grama.

Nº	PUNTO	CARACTERÍSTICAS GENERALES
9	EM1A – Suelo	Muestra de suelo colectada en área con tuberías de hidrocarburo abandonadas. Sitio ubicado entre las alternativas de campamento PK 5+200 y PK 5+800.
10	EM8F – Suelo	Muestra de suelo colectada en el sitio de disposición de material excedente de Farfán. Área con presencia de grama.
11	EM8A – Suelo	Muestra de suelo colectada en el área de rampa de acceso a Albrook Mall.

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

En el área de influencia directa del proyecto se enmarca en el uso urbano de suelo, el cual según se define en la Norma de Calidad de Suelo como: “aquél que tiene como propósito principal el de servir para el desarrollo de actividades de construcción de viviendas, oficinas, equipamientos y dotaciones de servicios”, destacando esta última como la actividad principal durante la fase operacional del proyecto.

A.2. Evaluación de la calidad del suelo.

Para evaluar este aspecto, se realizaron análisis químicos y microbiológicos para determinar la condición existente en el área del proyecto. Las muestras de suelo colectadas fueron analizadas por el laboratorio Corporación Quality Services, S.A., cuyos resultados se muestran en la Tablas N° 6-5 y N° 6-6.

Los parámetros analizados y establecidos según el uso de suelo se listan a continuación:

- Materia Orgánica.
- Actividad de la deshidrogenasa.
- Índice de Actividad Microbiológica.
- Hidrocarburos Totales.
- Metales: Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo Total, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio y Zinc.

Según se indica en la Norma de Calidad Ambiental de Suelo, el riesgo de contaminación del suelo por sustancias químicas y su relación en la protección de la salud humana y los ecosistemas, se determina a través del Índice de Actividad Microbiológica (IAM), el cual se obtiene al dividir el resultado de la deshidrogenasa y la materia orgánica. Este índice de actividad microbiológica es un indicador de la dinámica del suelo y de la salud del recurso, y que permite establecer la calidad preliminar del suelo en términos de contaminación o no contaminación.

Para evaluar el riesgo de contaminación del suelo en función de la actividad microbiológica, la norma establece un rango de valores de 0.5 (Rango Inferior) y 22.0 (Rango Superior) para el IAM. Es decir, resultados del IAM dentro de este rango indican que el suelo no está potencialmente contaminado y los resultados fuera de este rango indicarán lo contrario (Castillero, 2018).

En el área de estudio, los Índices de Actividad Microbiológica (IAM) de cada sitio de muestreo, presentan resultados por debajo del Rango Inferior indicado en la norma, esto se debe a los valores muy bajos de ADH/MO (Actividad de la enzima deshidrogenasa / Tasa de Materia Orgánica). Estudios indican que valores bajos de ADH/MO están relacionados con la presencia de metales pesados y agroquímicos y los valores altos de ADH/MO se relacionan con la sobreactividad microbiana derivada de la presencia de hidrocarburos. (Castillero, 2018).

Los bajos porcentajes de materia orgánica en los sitios muestreados (< 15%), resultan en un factor clave para indicar una calidad del suelo baja en cuanto a su fertilidad y su resistencia frente a la erosión y otros procesos de degradación¹², condición asociada a las actividades humanas que se han desarrollado en los alrededores del área del proyecto, tales como: la construcción y ampliación de redes viales, almacenamiento de combustible, comercios, oficinas y usos residenciales.

¹² Alvadalejo y Diaz, 1990.

De los resultados obtenidos en los parámetros de metales pesados, se destaca la presencia de Bario, principalmente en los siguientes puntos: EM1B (Campamento PK 5+800) con un valor de 27.83mg/kg, EM4 (Antigua estación de Hidrocarburo) con 16.64mg/kg, EM6 (Campamento PK 5+200) con 22.46mg/kg, EM10 (Estación Balboa, Edificio #66B de la ACP) con 44.32mg/kg, EM8B (Campamento PK 4+600) con 29.27mg/kg, EM1A (Lado Oeste sobre el alineamiento, entre el Campamento PK 5+200 y PK 5+800) con 55.8mg/kg, EM8F (Sitio de disposición de material de excavación Farfán) con 105.6mg/kg y EM8A (Rampa de acceso a Albrook Mall) con un valor de 71.8mg/kg, siendo el punto EM8F el único punto que excede el límite máximo permisible establecido en el Decreto Ejecutivo No. 2 de 2009.

Al comparar estos resultados con las Directrices Canadienses de Calidad Ambiental, respecto a la Guía de calidad del suelo para la salud humana, la cual indica un criterio provisional de calidad del suelo para el Bario de 500mg/kg, para uso de suelo residencial y 2000mg/kg para uso de suelo comercial e industrial¹³, los sitios muestreados no exceden este límite de referencia. Este metal alcalinotérreo, se encuentra naturalmente en suelos asociados a piedra caliza, feldespato y esquisto (OMS 1990).

Para hidrocarburos totales se obtuvieron valores detectables en los siguientes puntos: EM1A (Lado Oeste sobre el alineamiento, entre el Campamento PK 5+200 y PK 5+800) con un valor de 44mg/kg, EM8F (Sitio de disposición de material de excavación de Farfán) con un valor de 21mg/kg y EM8A (Rampa de acceso a Albrook Mall) con 75mg/kg. Todos sin exceder el límite máximo permisible establecido en la norma nacional para uso de suelo.

Para el metal Níquel se destacan los valores presentados en los siguientes puntos: EM8B (Posible pozo de evacuación en Farfán y campamento PK 4+600) con un valor de 7.579mg/kg, EM1A (Lado Oeste sobre el alineamiento, entre el

¹³ Soil quality guidelines for barium. Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health.

Campamento PK 5+200 y PK 5+800) con 20mg/kg, EM8F (Sitio de disposición de material de excavación de Farfán) con 20mg/kg y EM8A (Rampa de acceso a Albrook Mall) con 6.8mg/kg; sin embargo, estos valores no exceden los límites máximos permisibles establecidos en el Decreto Ejecutivo N° 2 de 2009 (LMP = 40mg/kg), al igual que las directrices canadienses, las cuales establecen un valor de referencia de 45mg/kg para usos de suelos residenciales y 89mg/kg para uso de suelo comercial e industrial.

También se destacan los resultados de análisis del Plomo, con valores desde 0.016mg/kg a 29.66mg/kg, resaltando los siguientes puntos: EM4 (Antigua estación de Hidrocarburo) con un valor de 4.512mg/kg, EM6 (Campamento PK 5+200) con 7.684mg/kg, EM10 (Estación Balboa, Edificio #66B de la ACP) con 29.66mg/kg, EM1A (Lado Oeste sobre el alineamiento, entre los campamentos PK 5+200 y PK 5+800) y el punto EM8F (Sitio de disposición de material de excavación de Farfán) ambos con valores de 16mg/kg y el punto EM8A (Rampa de Acceso de Albrook Mall) con un valor de 4.1mg/kg, siendo el punto con valor más alto el de la futura Estación Balboa, según se muestra en las Tablas N° 6-5 y N° 6-6. Cabe señalar que, para este parámetro, el Decreto Ejecutivo No. 2 de 2009 no establece un límite máximo permisible, por lo cual fue comparado con las directrices canadienses sobre la calidad del suelo para la protección del medio ambiente y la salud humana, la cual establece un valor de referencia de 140mg/kg para uso residencial, 260mg/kg para uso comercial y 600mg/kg para uso industrial, por lo cual se considera que los resultados obtenidos para este metal no exceden esta norma de referencia internacional.

Cabe mencionar que, el Plomo también se asocia con los fertilizantes, la aplicación en la tierra de lodos de sistemas de tratamiento de aguas residuales o depuradoras, desechos animales de la producción animal, residuos de carbón, incineración de desechos municipales, aguas residuales y las emisiones de automóviles que contribuyen a la carga de plomo en la tierra. (Nriagu y Pacyna, 1989). Su aporte en el suelo se ve relacionado con el resultado, ya sea por vertido

accidental o deliberado de desechos que contienen plomo, o de la adición de pesticidas y fertilizantes que contienen plomo.¹⁴

En el análisis de Zinc, se obtuvieron valores sobre el límite máximo permisible establecido en el Decreto Ejecutivo No. 2 de 2009 (LMP =30mg/kg), en los siguientes puntos: EM10 (Estación Balboa Edificio #66B de la ACP) con un valor de 70mg/kg, EM8B (Campamento PK 4+600) con 60.58mg/kg, EM1A (Lado Oeste sobre el alineamiento entre el Campamento PK 5+200 y PK 5+800) y EM8F (Sitio de disposición de material de excavación de Farfán) ambos con un valor de 217mg/kg y EM8A (Rampa de acceso a Albrook Mall) con 78.7mg/kg. Cabe señalar que el Zinc es un elemento esencial para la vida vegetal y animal; sin embargo, demasiado Zinc puede ser perjudicial.

Las liberaciones humanas de Zinc en el medio ambiente provienen de fuentes tales como: aguas residuales domésticas e industriales, combustión de desechos sólidos y combustibles fósiles, escorrentía de la superficie de la carretera, corrosión de aleaciones de Zinc e inclusive de desechos neumáticos¹⁵. Comparado con las directrices canadienses para calidad ambiental de suelo, estos valores no exceden el valor de referencia de 250mg/kg para uso residencial y 410mg/kg para uso comercial o industrial.

De acuerdo con lo descrito en los párrafos anteriores, los resultados obtenidos pueden indicar que las áreas muestreadas presentan suelos contaminados en aquellos puntos que exceden el Límite máximo permisible de los parámetros analizados y normados por el Decreto Ejecutivo No. 2 de 2009, como es el caso de los metales pesados tales como Zinc (Puntos EM10, EM8B, EM1A, EM8F y EM8A) y Bario (EM8F). En cuanto a los hidrocarburos totales se muestran valores detectables en algunos puntos, pero sin exceder el Límite Máximo Permisible.

¹⁴ Soil quality guidelines for lead. Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health.

¹⁵ Directrices Canadienses de Calidad Ambiental – Suelo / Zinc.

Considerando que el resultado del IAM está fuera del rango indicado en la norma, al igual que la mayoría de los demás parámetros analizados, a excepción del Zinc y Bario, durante la fase de pre-construcción, la empresa contratista encargada de ejecutar el proyecto, deberá cumplir con las directrices establecidas en el Decreto Ejecutivo No. 2, de 14 de enero de 2009 "Por el cual se establece la Norma Ambiental de Calidad de Suelos para diversos usos", ante los resultados de valores por debajo del rango del IAM.

Tabla N°6-5: Resultados de Análisis Químicos en Muestras de Suelo (EM1B-EM16)

Nº	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	SÍMBOLO	LMP's USO URBANO	ESTACIÓN DE MONITOREO					
					PUNTO 1: EM1-B	PUNTO 2: EM4	PUNTO 3: EM5	PUNTO 4: EM6	PUNTO 5: EM14	PUNTO 6: EM16
					CAMPAMENTO PK 5+800	ANTIGUA ESTACIÓN HC	PATIO DE TANQUES	CAMPAMENTO PK 5+200	TRINCHERA ESTE (TRANSICIÓN)	TRINCHERA ESTE
ANÁLISIS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.										
1	Materia Orgánica	%	---	---	13.3	14.8	2.59	11.2	4.99	3.83
2	Actividad de la deshidrogenasa	µg/g	---	---	3.82	1.571	< 0.24	1.423	< 0.24	< 0.24
3	Índice de Actividad Microbiológica (IAM)	Adimensional	---	0.5-22	0.29	< 0.24	< 0.24	< 0.24	< 0.24	< 0.24
4	**Hidrocarburos Totales	mg/kg		230.0	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
5	*Arsénico	mg/kg	As	20	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008
6	*Bario	mg/kg	Ba	100	27.83	16.64	5.646	22.46	3.978	0.156
7	*Cadmio	mg/kg	Cd	5.0	< 0.001	0.647	0.138	< 0.001	0.184	0.156
8	*Cromo Total	mg/kg	Cr	100	< 0.004	0.357	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004
9	*Mercurio	mg/kg	Hg	14	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007
10	*Níquel	mg/kg	Ni	40.0	0.757	2.504	0.156	1.028	< 0.005	< 0.005
11	*Plomo	mg/kg	Pb	---	1.415	4.512	0.156	7.684	0.131	0.016
12	*Selenio	mg/kg	Se	63.0	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
13	*Zinc	mg/kg	Zn	30	15.97	16.59	23.82	16.93	18.08	19.24

(**) Parámetro no cubierto por el alcance de la acreditación.

(*) Parámetro subcontratado a un laboratorio externo.

Fuente: Informe de Resultados de Monitoreo de Calidad de Suelo. Corporación Quality Services, S.A.

Tabla N°6-6:Resultados de Análisis Químicos en Muestras de Suelo (EM10-EM8A)

Nº	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	SÍMBOLO	LMP's USO URBANO	ESTACIÓN DE MONITOREO				
					PUNTO 1: EM10 – SUELO 01	PUNTO 1: EM 8B	PUNTO 1: EM1A - SUELO	PUNTO 2: EM8F – SUELO SITIO DE DISPOSICIÓN DE MATERIAL FARFÁN	PUNTO 3: EM8A – SUELO
					ESTACIÓN BALBOA	CAMPAMENTO PK 4+600	CAMPAMENTO PK 5+200 Y PK 5+800	RAMPA ACCESO ALBROOK MALL	
ANÁLISIS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.									
1	Materia Orgánica	%	---	---	6.066	< 1.29	9.07	7.54	9.18
2	Actividad de la deshidrogenasa	µg/g	---	---	1.55	< 0.24	2.72	2.98	3.23
3	Índice de Actividad Microbiológica (IAM)	Adimensional	---	0.5-22	0.255	< 0.24	0.29	0.39	0.35
4	**Hidrocarburos Totales	mg/kg		230.0	< 20	< 20	44	21	75
5	*Arsénico	mg/kg	As	20	< 0.008	< 0.008	< 2	< 2	5
6	*Bario	mg/kg	Ba	100	44.32	29.27	55.8	105.6	71.8
7	*Cadmio	mg/kg	Cd	5.0	0.800	< 0.001	0.2	< 2	< 2
8	*Cromo Total	mg/kg	Cr	100	0.195	2.374	2.2	6.4	2.0
9	*Mercurio	mg/kg	Hg	14	< 0.007	1.414	< 2	< 2	< 2
10	*Níquel	mg/kg	Ni	40.0	1.240	7.579	20	20	6.8
11	*Plomo	mg/kg	Pb	---	29.66	1.55	16	16	4.1
12	*Selenio	mg/kg	Se	63.0	1.255	6.26	< 5	< 5	8
13	*Zinc	mg/kg	Zn	30	70	60.58	217	217	78.7

(**) Parámetro no cubierto por el alcance de la acreditación.

(*) Parámetro subcontratado a un laboratorio externo.

Fuente: Informe de Resultados de Monitoreo de Calidad de Suelo. Corporación Quality Services, S.A.

A.3. Granulometría de Suelo.

El análisis granulométrico permite determinar los porcentajes en peso de los diversos tamaños de las partículas de la muestra, y conocer el porcentaje de finos y gruesos con los que está compuesto el suelo muestreado.

De acuerdo con los porcentajes por tipo de grano, presentes en la Tabla N° 6-7, existe un predominio de la Arena Gruesa en todas las muestras, principalmente sobre el 80% del total de la muestra, en los puntos: EM1-B (92.77%), EM4 (95.36%), EM6 (87.64%), EM14 (82.38%) y EM10 (80.81%). Otra fracción granulométrica relevante en las muestras corresponde a las arenas medias con mayor presencia sobre el 20% en los puntos: EM5 (30.63%), EM6 (21.04%), EM10 (22.45%), EM1A (30.41%) y EM8A (25.7%). En base al tamaño predominante de los granos y descrito en el párrafo anterior, el suelo se clasifica en granulares con partículas de arenas entre 0.074mm y 4.76mm¹⁶.

Tabla N°6-7: Resultados de Granulometría de muestras de suelo

Nº DEL TAMIZ	DIÁMETRO (mm)	TIPO DE GRANO	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULATIVO (%)	PORCENTAJE (%) POR TIPO DE GRANO
PUNTO 1: EM1B – CAMPAMENTO PK 5+800					
Nº 8	2.36	Arena Gruesa	90.61	90.61	92.77
Nº 10	2	Arena Gruesa	2.16	92.77	
Nº 20	0.85	Arena Medias	5.03	97.8	6.02
Nº 30	0.6	Arena Media	0.59	98.39	
Nº 40	0.425	Arena Media	0.4	98.79	0.92
Nº 80	0.18	Arena Fina	0.8	99.59	
Nº 100	0.15	Arena Fina	0.12	99.71	0.25
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	0.25	99.96	
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	0.04	100	0.04
TOTAL			100	---	100
PUNTO 2: EM4 – ANTIGUA ESTACIÓN DE HIDROCARBUROS					
Nº 8	2.36	Arena Gruesa	93.31	93.3	95.36
Nº 10	2	Arena Gruesa	2.05	95.4	

¹⁶ Arumi R, Jose Luis (2000) *Nociones de Mecánica de Suelos para Construcción*.

Nº DEL TAMIZ	DIÁMETRO (mm)	TIPO DE GRANO	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULATIVO (%)	PORCENTAJE (%) POR TIPO DE GRANO
Nº 20	0.85	Arena Medianas	2.64	98.0	3.83
Nº 30	0.6	Arena Media	0.71	98.7	
Nº 40	0.425	Arena Media	0.48	99.2	
Nº 80	0.18	Arena Fina	0.68	99.9	0.7
Nº 100	0.15	Arena Fina	0.02	99.9	
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	0.09	100.0	0.09
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	0.02	---	0.02
TOTAL			100		100

PUNTO 3: EM5 – PATIO DE TANQUES

Nº 8	2.36	Arena Gruesa	56.84	56.84	61.02
Nº 10	2	Arena Gruesa	4.18	61.02	
Nº 20	0.85	Arena Medianas	20.5	81.52	30.63
Nº 30	0.6	Arena Media	5.48	87	
Nº 40	0.425	Arena Media	4.65	91.65	
Nº 80	0.18	Arena Fina	6.8	98.45	7.37
Nº 100	0.15	Arena Fina	0.57	99.02	
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	0.87	99.89	0.87
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	0.23	100	0.23
TOTAL			100	---	100

PUNTO 4: EM6 – CAMPAMENTO PK 5+200

Nº 8	2.36	Arena Gruesa	84.77	84.77	87.64
Nº 10	2	Arena Gruesa	2.87	87.64	
Nº 20	0.85	Arena Medianas	8.09	95.73	10.72
Nº 30	0.6	Arena Media	1.54	97.27	
Nº 40	0.425	Arena Media	1.09	98.36	
Nº 80	0.18	Arena Fina	1.29	99.65	1.4
Nº 100	0.15	Arena Fina	0.11	99.76	
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	0.18	99.94	0.18
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	0.06	100	0.06
TOTAL			100	---	100

PUNTO 5: EM14 – TRINCHERA ESTE (ZONA DE TRANSICIÓN)

Nº 8	2.36	Arena Gruesa	78	78	82.38
Nº 10	2	Arena Gruesa	4.38	82.38	
Nº 20	0.85	Arena Medianas	13.58	95.96	16.44
Nº 30	0.6	Arena Media	1.86	97.82	

Nº DEL TAMIZ	DIÁMETRO (mm)	TIPO DE GRANO	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULATIVO (%)	PORCENTAJE (%) POR TIPO DE GRANO
Nº 40	0.425	Arena Media	1	98.82	
Nº 80	0.18	Arena Fina	0.9	99.72	0.99
Nº 100	0.15	Arena Fina	0.09	99.81	
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	0.15	99.96	0.15
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	0.04	100	0.04
TOTAL			100	---	100
PUNTO 6: EM16 – TRINCHERA ESTE					
Nº 8	2.36	Arena Gruesa	69.93	69.93	74.23
Nº 10	2	Arena Gruesa	4.3	74.23	
Nº 20	0.85	Arena Medias	14.66	88.89	21.04
Nº 30	0.6	Arena Media	3.59	92.48	
Nº 40	0.425	Arena Media	2.79	95.27	
Nº 80	0.18	Arena Fina	3.81	99.08	4.1
Nº 100	0.15	Arena Fina	0.29	99.37	
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	0.47	99.84	0.47
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	0.16	100	0.16
TOTAL			100	---	100
PUNTO 1: EM 10 – SUELO 01 – EDIFICIO 66B ACP, ESTACIÓN BALBOA					
Nº 8	2.36	Arena Gruesa	69.86	69.86	73.39
Nº 10	2	Arena Gruesa	3.53	73.39	
Nº 20	0.85	Arena Medias	14.93	88.32	22.45
Nº 30	0.6	Arena Media	4.31	92.63	
Nº 40	0.425	Arena Media	3.21	95.84	
Nº 80	0.18	Arena Fina	3.64	99.48	3.81
Nº 100	0.15	Arena Fina	0.17	99.65	
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	0.28	99.93	0.28
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	0.07	100	0.07
TOTAL			100	---	100
PUNTO 1: EM8B – POSIBLE POZO DE EVACUACIÓN EN FARFÁN Y CAMPAMENTO PK 4+600					
Nº 8	2.36	Arena Gruesa	72.69	72.69	80.81
Nº 10	2	Arena Gruesa	8.12	80.81	
Nº 20	0.85	Arena Medias	8.57	89.38	11.96
Nº 30	0.6	Arena Media	1.67	91.05	
Nº 40	0.425	Arena Media	1.72	92.77	

Nº DEL TAMIZ	DIÁMETRO (mm)	TIPO DE GRANO	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULATIVO (%)	PORCENTAJE (%) POR TIPO DE GRANO
Nº 80	0.18	Arena Fina	2.96	95.73	5.2
Nº 100	0.15	Arena Fina	2.24	97.97	
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	1.27	99.24	1.27
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	0.76	100	0.76
TOTAL			100	---	100

PUNTO 1: EM1A - LADO OESTE SOBRE EL ALINEAMIENTO ENTRE EL CAMPAMENTO PK 5+200 Y PK 5+800

Nº 8	2.36	Arena Gruesa	44.21	44.21	48.17
Nº 10	2	Arena Gruesa	3.96	48.17	
Nº 20	0.85	Arena Medias	19.64	67.81	30.41
Nº 30	0.6	Arena Media	5.65	73.46	
Nº 40	0.425	Arena Media	5.12	78.58	15
Nº 80	0.18	Arena Fina	9.92	88.5	
Nº 100	0.15	Arena Fina	5.08	93.58	4.64
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	4.64	98.22	
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	1.78	100	1.78
TOTAL			100	---	100

PUNTO 2: EM8F- SITIO DE DISPOSICIÓN DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN DE FARFÁN.

Nº 8	2.36	Arena Gruesa	70.46	70.46	73.91
Nº 10	2	Arena Gruesa	3.45	73.91	
Nº 20	0.85	Arena Medias	13.66	87.57	19.33
Nº 30	0.6	Arena Media	2.96	90.53	
Nº 40	0.425	Arena Media	2.71	93.24	4.09
Nº 80	0.18	Arena Fina	3.67	96.91	
Nº 100	0.15	Arena Fina	0.42	97.33	1.04
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	1.04	98.37	
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	1.63	100	1.63
TOTAL			100	---	100

PUNTO 3: EM8A- RAMPA DE ACCESO A ALBROOK MALL

Nº 8	2.36	Arena Gruesa	50.23	50.23	55.23
Nº 10	2	Arena Gruesa	5	55.23	
Nº 20	0.85	Arena Medias	17.32	72.55	25.7
Nº 30	0.6	Arena Media	4.67	77.22	
Nº 40	0.425	Arena Media	3.71	80.93	

Nº DEL TAMIZ	DIÁMETRO (mm)	TIPO DE GRANO	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULATIVO (%)	PORCENTAJE (%) POR TIPO DE GRANO
Nº 80	0.18	Arena Fina	6.53	87.46	7.22
Nº 100	0.15	Arena Fina	0.69	88.15	
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	1.71	89.86	1.71
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	10.14	100	10.14
TOTAL			100	---	100

(***) Sistema unificado de clasificación de suelos (U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Bureau of Reclamation; American Society for Testing and Materials-ASTM).

Fuente: Informe de Resultados de Monitoreo de Calidad de Suelo. Corporación Quality Services, S.A.

Comparación de la línea base ambiental del EsIA del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá con los EsIA de Línea 3 del Metro de Panamá y el EsIA del Cuarto Puente sobre el Canal de Panamá

De los estudios de línea base para el proyecto Línea 3 y Cuarto Puente, se identificó un punto de toma de muestra de suelo cercano a una de las estaciones de muestreo de suelo del presente Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), a una distancia aproximada de 35m del punto EM6 y a 377.51m del punto EM8B. Las coordenadas de ubicación de estos puntos se muestran en la Tabla N° 6-8.

Tabla N°6-8: Comparativo de ubicación de puntos de toma de muestra de suelo.

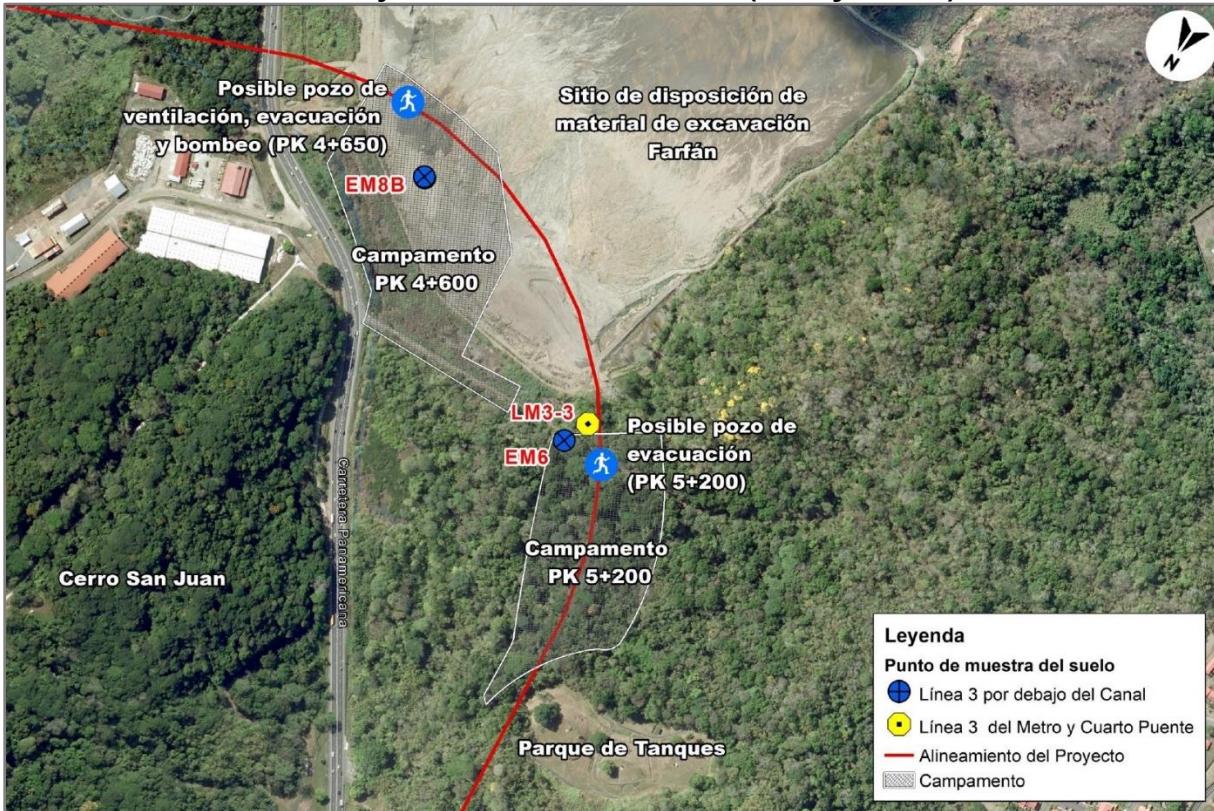
PUNTO DE MUESTREO LÍNEA 3 Y CUARTO PUENTE	COORD.	PUNTO DE MUESTREO CRUCE DE LA LÍNEA 3 POR DEBAJO DEL CANAL	COORD.	DISTANCIA APROX.
LM3 – 3. Área de disposición material dragado. Sitio Farfán.	655785 E 988951 N	EM 6 Alternativa de Campamento PK 5+200	655789 E 988985 N	35m
		EM8B	656159 E 988909 N	377.51m

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

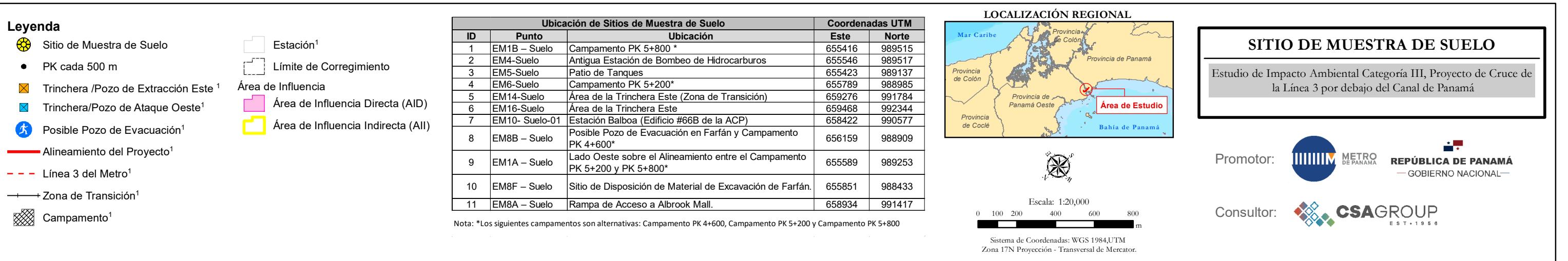
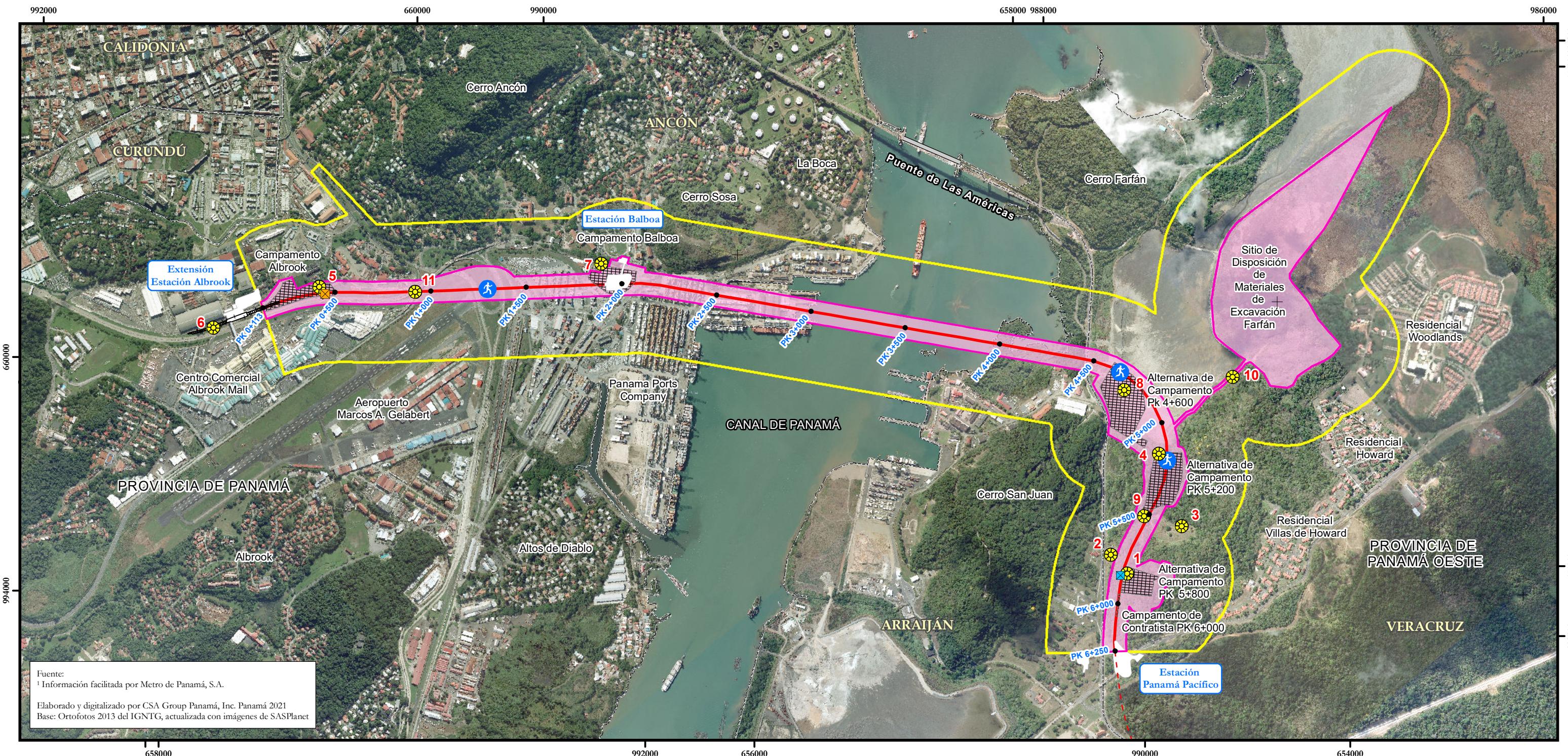
Según se indica en los Estudios de Impacto Ambiental de los Proyectos Línea 3 y Cuarto Puente sobre el Canal de Panamá, los resultados obtenidos en el punto LM3-3, ubicado en el área de disposición de material dragado – Sitio Farfán, presentaron niveles no

detectables en los análisis químicos y microbiológicos. La ubicación de los puntos comparados de muestra de suelo se puede observar en la Figura N° 6-14.

Figura N°6-14: Ubicación de los Puntos de Muestra de Suelo de los Proyectos Línea 3 del Metro (LM3-3), Cuarto Puente (LM3-3) y Cruce de Línea 3 por debajo del Canal de Panamá (EM6 y EM8B).



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.



B. Ambiente Marino (Sedimentos)

Los sedimentos marinos son el depósito final de las sustancias producidas en las aguas superficiales y de aquellas introducidas al mar por procesos naturales y antrópicos. Entre estas sustancias se encuentran los compuestos orgánicos persistentes, nutrientes, combustibles, patógenos y metales pesados. Estos últimos han sido los más estudiados pues se asocian a diversas actividades industriales, aun cuando todos ellos se encuentran presentes en forma natural en los ambientes marinos¹⁷.

Debido a que el alineamiento del proyecto cruza el canal de navegación del Canal de Panamá a través de una estructura subterránea y su recorrido asciende mediante estructuras de transición hasta integrarse con el alineamiento original del viaducto elevado del proyecto de la Línea 3, el cual también recorre espacios cercanos a zonas de usos de suelo normados por la ACP, se establece la línea base de suelo en ambiente marino o sedimentos, el cual permite conocer la condición de los ambientes marinos y reconocer eventuales perturbaciones derivadas de la acumulación de sustancias antrópicas y naturales que puedan constituir riesgos para la salud del ecosistema.

Para el presente Estudio, se establecieron seis (6) Puntos de Toma de Muestras de Sedimentos Marino cuya muestras fueron colectada con la Draga Van Venn dentro del área de influencia directa e indirecta del proyecto, las cuales fueron tomadas el 8 de julio de 2021, con condiciones climáticas de día soleado, cuyos datos se presentan en la Tabla N° 6-9 y la ubicación geográfica se muestran en el Mapa de Sitios de Muestreos de Sedimentos Marinos ubicado al final de este punto, adicional en el Anexo 6-2.2 se presentan los Resultados del Informe de Monitoreo de Calidad de Sedimento Marino generado por el Laboratorio Corporación Quality Services, S.A. las muestras fueron ubicadas cercanas al margen de navegación del Canal de Panamá y próximas al alineamiento del proyecto.

¹⁷ Evaluación de la calidad ambiental de los sedimentos marinos en el sistema de bahías de Caldera, Chile.

Tabla N°6-9: Ubicación de Estaciones de Muestreo de Sedimentos Marinos.

Nº	PUNTO	UBICACIÓN PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS		PROFUNDIDAD
			ESTE	OESTE	
1	EMS 1	Margen Este del canal de navegación, próximo a PIPSA (La Boca).	657513	989468	9.2m
2	EMS 2	Margen Este del canal de navegación, próximo al astillero MEC Shipyards Balboa.	657458	989972	12m
3	EMS 3	Margen Oeste del canal de navegación, cercano al alineamiento del proyecto.	657048	989666	3.0m
4	EMS 4	Margen Oeste del canal de navegación, cercano al alineamiento del proyecto.	657162	989307	3.3m
5	EMS 5	Margen Oeste del canal de navegación, sobre el alineamiento del proyecto	657114	989503	3.1m
6	EMS 6	Margen Este del canal de navegación, cercano al alineamiento del proyecto.	657508	989725	9.5m

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

B.1. Criterios de ubicación de las Estaciones de Muestreo de Sedimento Marino.

Para ubicar las estaciones de muestreo de sedimento marino para el proyecto Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá, se tomaron en consideración las siguientes condiciones:

Figura N°6-15: Criterios de ubicación de las EM de Sedimentos Marinos


Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

B.2. Línea Base de sedimento marino.

Para establecer la línea base de sedimentos marinos se realizaron análisis físicos y químicos. Las muestras de sedimento marino fueron colectadas por el laboratorio Corporación Quality Services, S.A. y analizadas por los Laboratorios Saybot, Core, Laboratorios de Análisis Industriales, y Corporación Quality Services, S.A. Los resultados de los análisis químicos se muestran en la Tabla N° 6-10 y el informe emitido por el laboratorio se adjunta en el Anexo 6-2.2.

Los parámetros analizados se listan a continuación:

- Temperatura
- pH
- Conductividad
- Salinidad
- Turbiedad
- Oxígeno Disuelto
- Carbón Orgánico total
- Aceites y Grasas
- Hidrocarburos Totales
- Metales: Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo Total, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio y Zinc.
- Bifenilos Policlorados (PCBS)
- Compuestos Orgánicos Semivolátiles.

Debido a que en Panamá no existen normas para evaluar la calidad de sedimentos de fondo de mar, se tomaron como referencia las siguientes normas:

- Código Administrativo del Estado de la Florida, USA, 2005, Capítulo 62-777, Tabla II, el cual establece la Concentración Máxima Permitida para la restauración de suelos, basado en el criterio para superficiales marinas.
- Washington State Department of Ecology, Sediment Management Standards Chapter 173-204 WAC. Table I Marine Sediment Quality Standards – Chemical Criteria.

En la Tabla N° 6-10, se muestran los resultados obtenidos para los parámetros evaluados en la calidad del sedimento marino y su comparación con las normas de referencia mencionadas en el párrafo anterior, de los cuales ninguno excede

los límites o valores de referencia de dichas normas internacionales; sin embargo, existen parámetros detectables en los sedimentos, especialmente en los metales pesados, los cuales se mencionan a continuación:

- **Bario:** El punto con mayor concentración fue el EMS 5 (8.344mg/kg), ubicado en el Margen Oeste del canal de navegación, sobre el alineamiento y el seguido del EMS 6 (4.426mg/kg). ubicado en el Margen Este del canal de navegación, cercano al alineamiento del proyecto.
- **Cromo Total:** Al igual que el Bario, los puntos con mayor concentración de Cromo fueron el EMS 5 (8.187mg/kg), ubicado en el margen Oeste del canal de navegación y el EMS 6 (4.917mg/kg), en el margen Este de navegación.
- **Plomo:** Este metal mantiene mayor concentración en la muestra EMS 6 (24.17mg/kg) margen Este del canal de navegación, seguido las muestra EMS 4 (15.2mg/kg), y EMS 5 (10.27mg/kg), ambas en el margen Oeste del canal de navegación.
- **Níquel:** Las muestras con mayor concentración de Níquel fueron la muestra EMS 5 (7.652mg/kg), seguido la muestra EMS 4 (5.412mg/kg) y la muestra EMS 3 (4.309mg/kg), las tres ubicadas en el margen Oeste del canal de navegación. Este resultado comparado con los valores de referencia del Código Administrativo del Estado de la Florida, S.A., Capítulo 62-777, Tabla II, indica que están por debajo del límite establecido de 11mg/kg.
- **Zinc:** Las muestras con mayor concentración de zinc fueron la EMS 5 (38.04mg/kg), ubicada en el margen Oeste del canal de navegación, seguido de la muestra EMS 6 (24.61mg/kg) ubicada en el margen Este de navegación y la muestra EMS 3 (16.91mg/kg) en el margen Oeste del canal de navegación.).

Respecto a los compuestos industriales de bifenilos policlorados (PCBs: Polychlorinated buphenyls) y los Compuestos Orgánicos Semivolátiles, mostraron valores por debajo de las directrices de referencia.

Tabla N°6-10: Resultados de Análisis Químico de Sedimentos Marinos.

Nº	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	SÍMBOLO	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMITIDA / CÓDIGO ADM. FLORIDA, USA. 2005 / AGUA SUBTERRÁNEA	WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY, SEDIMENT MANAGEMENT STANDARDS CHAPTER 173-204 WAC. TABLE I	ESTACIÓN DE MONITOREO					
						EMS 1	EMS 2	EMS 3	EMS 4	EMS 5	EMS 6
1	Temperatura	°C	T	---	---	28.3	28.4	28.2	28.2	28.2	28.3
2	pH	Unidades de pH	pH	---	---	7.75	7.76	7.89	7.78	8.04	7.73
3	Conductividad	µS/cm		---	---	40534	39856	40595	40572	40274	40045
4	Salinidad	PSU		---	---	24.12	23.61	24.2	24.19	23.98	23.78
5	Turbiedad	NTU	Turb	---	---	3.19	3.29	3.68	5.35	3.71	3.44
6	Oxígeno Disuelto	mg/l	OD	---	---	5.27	5.5	5.22	5.34	5.35	5.36
7	Carbono Orgánico Total**	%		---	---	0.311	0.271	0.125	0.169	0.222	0.222
8	Aceites y Grasas**	mg/kg	AyG	---	---	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
9	Hidrocarburos Totales**	mg/kg	HCT	---	---	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
10	Arsénico*	mg/kg	As	---	57	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008
11	Bario *	mg/kg	Ba	---	---	1.674	2.76	1.463	2.342	8.344	4.426
12	Cadmio*	mg/kg	Cd	14	5.1	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
13	Cromo Total*	mg/kg	Cr	19	260	1.675	2.76	1.463	2.562	8.187	4.917
14	Plomo *	mg/kg	Pb	---	450	0.565	0.713	< 0.01	15.2	10.27	24.17
15	Mercurio*	mg/kg	Hg	0.03	0.41	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007
16	Níquel*	mg/kg	Ni	11	---	2.238	3.672	4.309	5.412	7.652	1.885
17	Selenio*	mg/kg	Se	7.4	---	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
18	Zinc*	mg/kg	Zn	---	410	12.36	14.75	16.91	13.96	38.04	24.61
19	*Polychlorinated biphenyls										
19.1	PCB-1016	mg/kg		0.002	12	<0.076	<0.076	<0.076	<0.076	<0.076	<0.076
19.2	PCB-1221	mg/kg				<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25
19.3	PCB-1232	mg/kg				<0.35	<0.35	<0.35	<0.35	<0.35	<0.35
19.4	PCB-1242	mg/kg				<0.26	<0.26	<0.26	<0.26	<0.26	<0.26
19.5	PCB-1248	mg/kg				<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
19.6	PCB-1254	mg/kg				<0.066	<0.066	<0.066	<0.066	<0.066	<0.066
19.7	PCB-1260	mg/kg				<0.038	<0.038	<0.038	<0.038	<0.038	<0.038
20	*Compuestos Orgánicos Semivolátiles ***										
20.1	1-Methylnaphthalene	mg/kg		10	---	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.2	2-Methylnaphthalene	mg/kg		9.1	38	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.3	Acenaphthene	mg/kg		0.3	16	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21

Nº	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	SÍMBOLO	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMITIDA / CÓDIGO ADM. FLORIDA, USA. 2005 / AGUA SUBTERRÁNEA	WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY, SEDIMENT MANAGEMENT STANDARDS CHAPTER 173-204 WAC. TABLE I	ESTACIÓN DE MONITOREO					
						EMS 1	EMS 2	EMS 3	EMS 4	EMS 5	EMS 6
20.4	Acenaphthylene	mg/kg		---	66	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.5	Acrylamide	mg/kg		0.001	---	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.6	Anthracene	mg/kg		0.4	220	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.7	Benzo (a) anthracene	mg/kg		---	110	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.8	Benzo (a) pyrene	mg/kg		---	99	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.9	Benzo (b) fluoranthene	mg/kg		---	230	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.10	Benzo (g, h, i) perylene	mg/kg		---	31	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.11	Benzo (k) fluoranthene	mg/kg		---	230	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.12	Chrysene	mg/kg		---	110	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.13	Dibenz(a,h) anthracene	mg/kg		---	12	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.14	Fluoranthene	mg/kg		1.3	160	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.15	Fluorene	mg/kg		17	23	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.16	Indeno (1, 2, 3-cd) pyrene	mg/kg		---	34	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.17	Naphtalene	mg/kg		2.2	99	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.18	Phenantherene	mg/kg		---	100	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21
20.19	Pyrene	mg/kg		1.3	1000	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21	<0.21

(**) Parámetro no cubierto por el alcance de la acreditación.

(*) Parámetro subcontratado a un laboratorio externo.

B.3. Granulometría de Sedimentos Marinos.

Se realizó análisis granulométrico a las muestras de sedimentos marinos para conocer el porcentaje de finos y gruesos con los que está compuesto dichos sedimentos.

De acuerdo con los porcentajes por tipo de grano, presentes en la Tabla N° 6-11, predominan los granos de limos y arcilla en los puntos EMS 1 (42.95%) y EMS 6 (39.17%), Arena Fina en los puntos EMS 2 (36%), EMS 3 (50.7%), EMS 4 (48.45%) y EMS 5 (72.25%). En base al tamaño predominante de los granos el sedimento marino se clasifica en suelos de partículas finas compuestas por arcilla, limo y arenas finas.

Tabla N°6-11: Granulometría de Sedimentos Marinos.

Nº TAMIZ	DIÁMETRO (MM)	TIPO DE GRANO	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULATIVO	PORCENTAJE ACUMULATIVO POR TIPO DE GRANO (%)
EMS 1					
Nº 8	2.36	Arena Gruesa	0.1	0.1	0.15
Nº 10	2	Arena Gruesa	0.05	0.15	
Nº 20	0.85	Arena Medianas	2.85	3	
Nº 30	0.6	Arena Media	1.3	4.3	
Nº 40	0.425	Arena Media	5	9.3	9.15
Nº 80	0.18	Arena Fina	27.5	36.8	
Nº 100	0.15	Arena Fina	7.5	44.3	
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	12.75	57.05	
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	42.95	100	42.95
TOTAL			100	---	100
EMS 2					
Nº 8	2.36	Arena Gruesa	0.05	0.05	0.05
Nº 10	2	Arena Gruesa	0	0.05	
Nº 20	0.85	Arena Medianas	1.85	1.9	16.15

**Estudio de Impacto Ambiental Categoría III,
Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá.**

Nº TAMIZ	DIÁMETRO (MM)	TIPO DE GRANO	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULATIVO	PORCENTAJE ACUMULATIVO POR TIPO DE GRANO (%)
Nº 30	0.6	Arena Media	4	5.9	
Nº 40	0.425	Arena Media	10.3	16.2	
Nº 80	0.18	Arena Fina	30.15	46.35	
Nº 100	0.15	Arena Fina	5.85	52.2	36
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	15.55	67.75	15.55
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	33.25	101	33.25
TOTAL			101	---	101
EMS 3					
Nº 8	2.36	Arena Gruesa	1.25	1.25	
Nº 10	2	Arena Gruesa	0.7	1.95	1.95
Nº 20	0.85	Arena Medias	10.6	12.55	
Nº 30	0.6	Arena Media	12.05	24.6	44.25
Nº 40	0.425	Arena Media	21.6	46.2	
Nº 80	0.18	Arena Fina	47.15	93.35	
Nº 100	0.15	Arena Fina	3.55	96.9	50.7
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	3	99.9	3
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	0.1	100	0.1
TOTAL			100	---	100
EMS 4					
Nº 8	2.36	Arena Gruesa	0.1	0.1	
Nº 10	2	Arena Gruesa	0.05	0.15	0.15
Nº 20	0.85	Arena Medias	2.7	2.85	
Nº 30	0.6	Arena Media	2	4.85	8.3
Nº 40	0.425	Arena Media	3.6	8.45	
Nº 80	0.18	Arena Fina	26.6	35.05	
Nº 100	0.15	Arena Fina	21.85	56.9	48.45
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	38	94.9	38
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	5.1	100	5.1
TOTAL			100	---	100

Nº TAMIZ	DIÁMETRO (MM)	TIPO DE GRANO	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULATIVO	PORCENTAJE ACUMULATIVO POR TIPO DE GRANO (%)
EMS 5					
Nº 8	2.36	Arena Gruesa	2.5	2.5	3.1
Nº 10	2	Arena Gruesa	0.6	3.1	
Nº 20	0.85	Arena Medias	2.6	5.7	18.55
Nº 30	0.6	Arena Media	5.2	10.9	
Nº 40	0.425	Arena Media	10.75	21.65	
Nº 80	0.18	Arena Fina	62.75	84.4	72.25
Nº 100	0.15	Arena Fina	9.5	93.9	
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	5.5	99.4	5.5
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	0.6	100	0.6
TOTAL			100	---	100
EMS 6					
Nº 8	2.36	Arena Gruesa	0	0	0
Nº 10	2	Arena Gruesa	0	0	
Nº 20	0.85	Arena Medias	0.7	0.7	11.34
Nº 30	0.6	Arena Media	2.24	2.94	
Nº 40	0.425	Arena Media	8.4	11.34	
Nº 80	0.18	Arena Fina	32.6	43.94	36.04
Nº 100	0.15	Arena Fina	3.44	47.38	
Nº 200	0.075	Arena Muy Fina	13.45	60.83	13.45
> 200	< 0.075	Limos y Arcillas	39.17	100	39.17
TOTAL			100	---	100

Fuente: Informe de Resultados de Monitoreo de Sedimento Marino. Corporación Quality Services, S.A

Comparación de la línea base ambiental del EsIA del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá con los EsIA de Línea 3 del Metro de Panamá y el EsIA del Cuarto Puente sobre el Canal de Panamá

Cercano a las estaciones de muestreo del proyecto del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá, se ubican el punto 1 de línea base para sedimentos marinos del proyecto Línea 3 y el punto LM-8 del estudio de línea base para el proyecto Cuarto Puente. Las coordenadas de ubicación de estos puntos se muestran en la Tabla N° 6-12, y en la Figura N° 6-16 se puede observar la ubicación de los puntos de muestra de sedimentos marinos comparados

Tabla N°6-12: Comparativo de ubicación de puntos de toma de muestra de Sedimento Marino

PUNTO DE MUESTREO LÍNEA 3 Y CUARTO PUENTE.	COORD.	PUNTO DE MUESTREO CRUCE DE LA LÍNEA 3 POR DEBAJO DEL CANAL	COORD.	DISTANCIA APROX.
Punto 1 – Línea 3	657130 E 989372 N	EMS 4	657162 E 989307 N	56m
LM-8 – Cuarto Puente	657111 E 989468 N	EMS 5	657114 E 989503 N	57m

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Figura N°6-16: Ubicación de los Puntos de Muestra de Sedimentos Marinos entre los Proyectos de Línea 3 y Cuarto Puente (Punto 1 / LM8) y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá (EMS4 – EMS5).



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

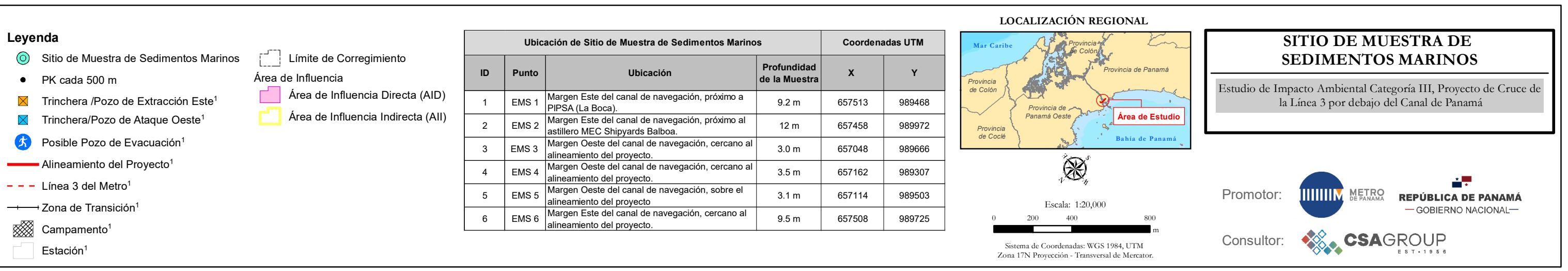
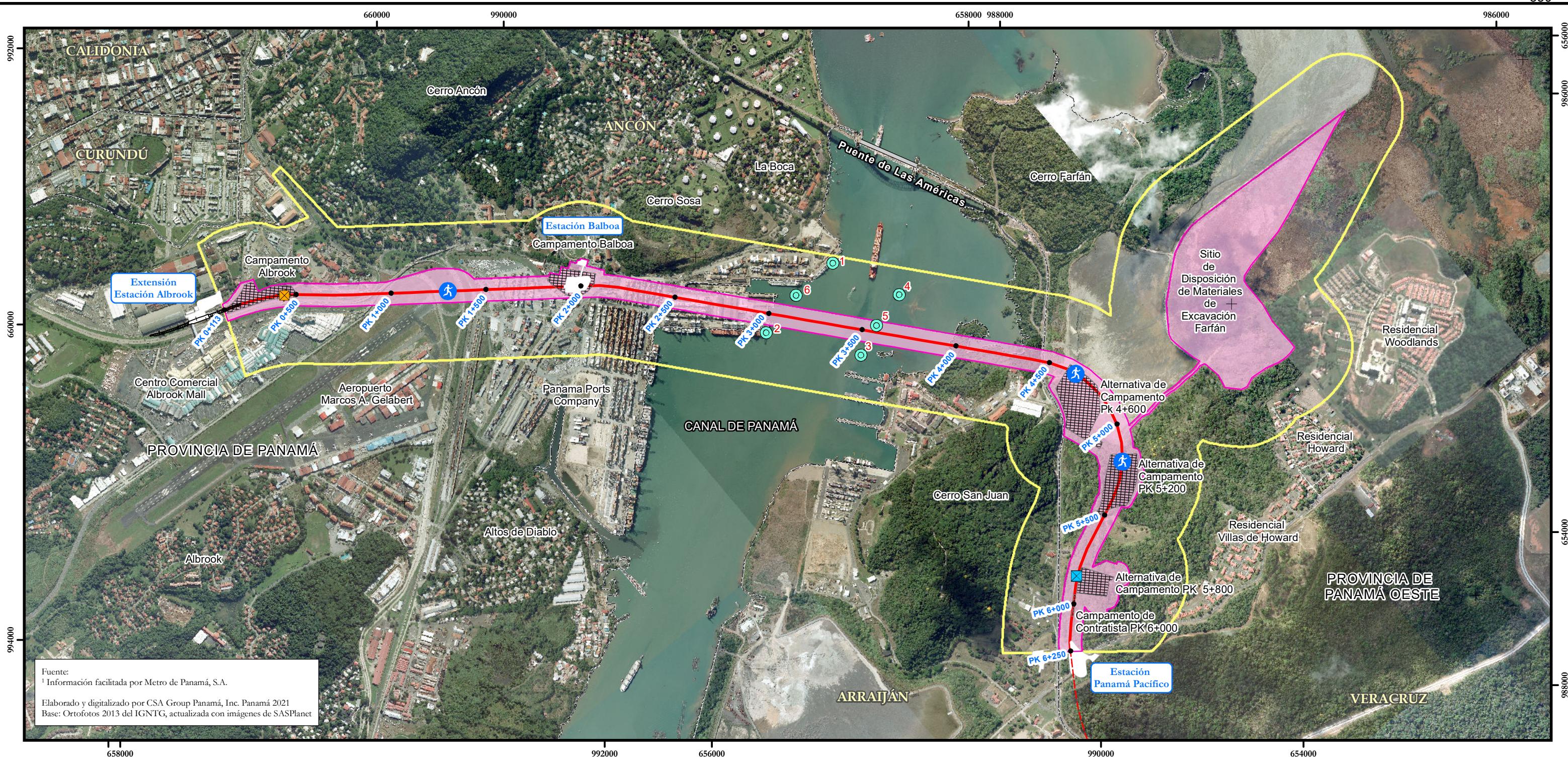
Al comparar los resultados de línea base de los EslA de los Proyectos Línea 3 y Cuarto Puente sobre el Canal de Panamá, en los puntos: Punto 1 (Línea 3) y LM-8 (Cuarto Puente), con los resultados para el proyecto en estudio, se muestra una disminución en los siguientes metales: Arsénico, Cadmio, Cromo Total, Níquel, Plomo, Selenio y Zinc, para el punto EMS 4 y disminución en los metales: Arsénico, Cadmio, Cromo Total, Níquel, Selenio y Zinc, para el punto EMS 5.

Se observó un incremento en los valores de mercurio para ambos puntos y plomo en el punto EMS 5. Ver Tabla N° 6-13.

Tabla N°6-13: Comparativo de Resultados de Metales Pesados por Proyectos

Nº	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	SÍMBOLO	LÍNEA BASE L3 / CUARTO PUENTE (PUNTO 1 / LM 8)	ESTACIÓN DE MONITOREO	
					EMS 4	EMS 5
10	Arsénico	mg/kg	As	5.77 / 6.84	< 0.008	< 0.008
11	Bario	mg/kg	Ba	---	2.342	8.344
12	Cadmio	mg/kg	Cd	0.602/0.658	< 0.001	< 0.001
13	Cromo Total	mg/kg	Cr	18/14.8	2.562	8.187
14	Plomo	mg/kg	Hg	3.67/5.35	15.2	10.27
15	Mercurio	mg/kg	Ni	0.0197/0.0350	< 0.007	< 0.007
16	Níquel	mg/kg	Pb	6.90/6.16	5.412	7.652
17	Selenio	mg/kg	Se	---	< 0.02	< 0.02
18	Zinc	mg/kg	Zn	34.1/48.4	13.96	38.04

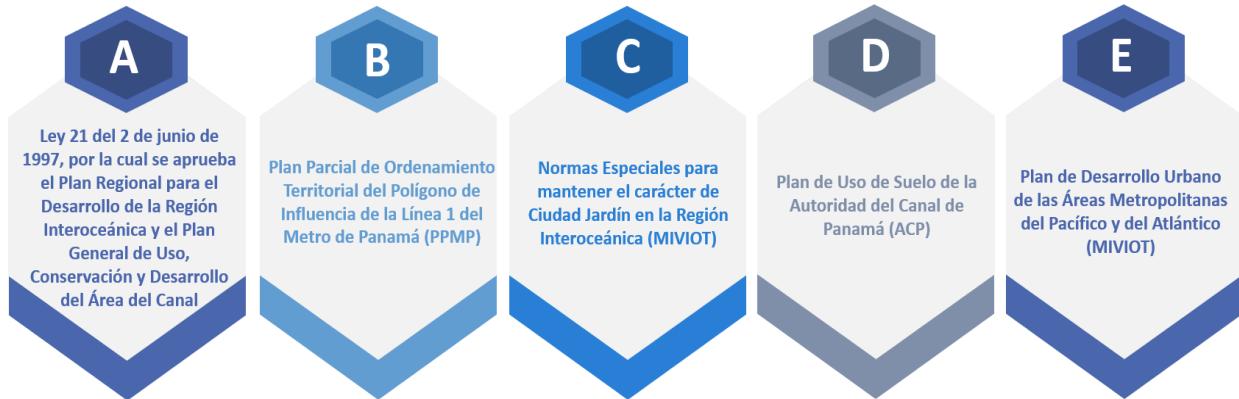
Fuente: CSA Group Panamá, Inc.



6.3.1. La descripción del uso del suelo.

Para la descripción del uso del suelo del proyecto, ver Figura N° 6-17, se utilizaron como referencia las siguientes normativas de uso de suelo que aplican al área de estudio:

Figura N°6-17: Normativa de uso de suelo



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

En el capítulo 8 del presente Estudio, se amplía la descripción de estos usos; de igual forma en el capítulo 7, se describen la diversa cobertura boscosa dentro del área de influencia directa del proyecto.

A. La Ley 21 (de 2 de junio de 1997), por la cual se aprueba el Plan Regional para el Desarrollo de la Región Interoceánica y el Plan General de Uso, Conservación y Desarrollo del Área del Canal¹⁸

Los objetivos del Plan Regional es establecer los lineamientos básicos que permitan el desarrollo económico de la región interoceánica, basado en la protección y utilización sostenible de los recursos naturales de la cuenca del Canal a largo plazo, para asegurar la protección de los recursos necesarios para la operación del Canal, el abastecimiento de agua y energía para las poblaciones de la región, así como la conservación de la biodiversidad.

¹⁸ Asamblea Legislativa, Gaceta Oficial 23,323, Publicada 03-07-1997

Esta Ley se aplica al territorio denominado área del Canal y a la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá, considerando que el proyecto del Cruce de la Línea 3 pasa por debajo del Canal de Panamá, geográficamente se localiza en terrenos que ocupaba la extinta Zona del Canal, se hace referencia a esta Ley por la importancia que tiene el ordenamiento territorial para los usos de los suelos y los recursos naturales de la Región Interoceánica.

Este ordenamiento consiste en asignar a diferentes espacios y recursos uno o más usos según sus características. El ordenamiento territorial parte de los principios rectores que se señalan a continuación:

- Aprovechar en forma integral la posición geográfica de Panamá de manera que tanto este Plan Regional como el Plan General fortalezcan las actividades en marcha y promuevan nuevas oportunidades para actividades que deriven las mayores ventajas comparativas de la localización de la Región Interoceánica y del Canal de Panamá.
- Conservar a largo plazo los recursos para la operación del Canal de Panamá, como eje económico de la Región Interoceánica, dando énfasis a los recursos hídricos y la prevención de deterioros ambientales que puedan afectar la operación eficiente de la vía Interoceánica y su posible expansión futura.
- Aprovechar la potencialidad de los recursos naturales de la Región Interoceánica, en una perspectiva de desarrollo sostenible, destacando el aprovechamiento de dichos recursos para apoyar nuevas oportunidades de empleo, producción, exportación y mejoras en la calidad de vida de la población.
- Dar cabida en la ocupación del espacio geográfico al crecimiento demográfico económico y urbano en los próximos 25 años, de acuerdo con la dinámica de crecimiento observada la cual ha de continuar en un futuro previsible conservando la riqueza del ambiente natural y sus potencialidades.

A continuación, describe las principales Categorías de Ordenamiento Territorial, que están comprendidas en el Área de Influencia Directa (AID) proyecto:

- **Áreas de uso mixto**

- **Centro Urbanos:** Brindar oportunidades de empleo y de servicios comunales, crear centros urbanos de alta densidad, propiciar un fuerte sentido de comunidad, maximizar oportunidades de vida comunitarias, estimular acceso peatonal al empleo, la vivienda, y la recreación.
- **Centro Vecinales:** Brindar oportunidades de empleo que atiendan las necesidades locales, estimular acceso peatonal al empleo, la vivienda y la recreación.

- **Áreas de generación de empleo:** Facilitar la creación de empleos y de negocios maximizar el uso de instalaciones existentes e infraestructura, Incorporar usos que estimulen actividades productivas.

- **Áreas verdes – Urbanas:** permitir disfrutar la naturaleza y la realización de actividades de recreación activa y pasiva.

- **Áreas Residenciales**

- **Vivienda mediana densidad:** utilizar sitios limitados por otros usos del suelo, crear comunidades de mediana densidad mediante casas unifamiliares, multifamiliares y tipo dúplex, crear marcos urbanos para propiciar el crecimiento, patrones de tránsito y otras infraestructuras adecuadas, usar espacios abiertos para separar diferentes tipos de vivienda y conectar la vivienda con los servicios comunales, utilizar sitios limitados por otros usos del suelo.

- **Área de Compatibilidad con la Operación del Canal (tierra y agua):** Facilitar la operación del Canal y las actividades compatibles con el fin de protección del Canal y otros usos compatibles.

Una vez identificadas se describe la ubicación de las categorías del uso, según los Tramos dentro del área de influencia directa del proyecto, el cual se muestra en el Mapa Plan General y Regional (Ley 21 del 2 de junio de 1997).

Tramo 1, lado Este:

- **Centro Urbanos:** Esta categoría inicia parcialmente en el PK 0+113 para luego cubrir en su totalidad el área de la Trinchera Este y el Campamento Este (Albrook), comprendiendo los terrenos de Policía Nacional Sede de Ancón, hasta la altura el puente vehicular elevado cercana a la rampa de acceso al Corredor Norte.
- **Áreas de generación de empleo:** Una parte de esta categoría de uso se localiza cercana a la futura extensión de la Estación Albrook en el PK 0+113 hasta aproximadamente unos 155m, antes de iniciar la Trinchera Este, en ella se encuentra parte de la Zona de Transición y del Campamento Este (Albrook) donde se interrumpe, subsiguientemente comprende parte de los terrenos de Aeropuerto Marcos A. Gelabert, las áreas verdes del intercambiador El Frijol (donde se ubicará, en el PK 1+300, el Posible pozo de evacuación), siguiendo el alineamiento, y comprendiendo los terrenos de Canal Railway Company y Panama Ports Company, hasta llegar al Tramo 2 Este cercano a la Estación Balboa (subterránea).

Tramo 2, lado Este:

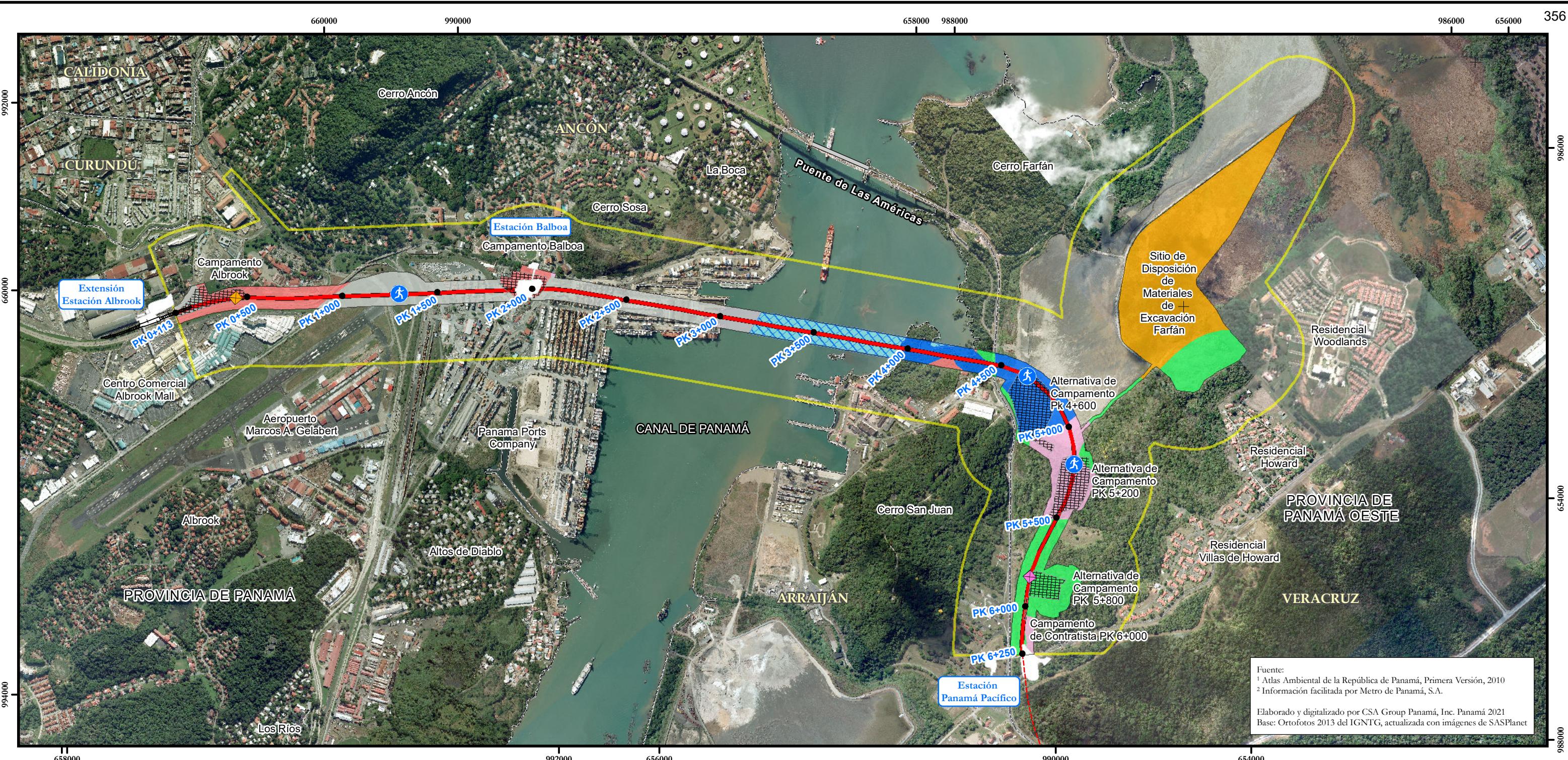
- **Centro Urbano:** esta categoría se ubica entre los terrenos ocupados por los edificios de la ACP, donde se localizará la Estación Balboa (subterránea).
- **Áreas de generación de empleo:** comprende desde la entrada Principal de Panama Ports Company, siguiendo el alineamiento hasta el PK 3+000, donde inicia el Tramo 2, Canal de Navegación en la costa Este.

Tramo 2, Canal de Navegación: En este tramo se localiza el uso, Área de Compatibilidad con la Operación del Canal (agua), el cual comprende el cauce de navegación desde la costa Este (Panama Ports Company) hasta costa del lado Oeste, cercana a el puerto de Petro América Terminal, S.A. (PATSA), en dirección con el alineamiento hasta llegar al pequeño bosque de manglar.

Tramo 2, lado Oeste:

Este tramo comprende varias categorías, entre las que se encuentran:

- **Centro Urbanos:** está comprendida en los terrenos ocupado por Base Naval CdF Noel Rodríguez del Servicio Nacional Aeronaval (SENAN) y PATSA; sin embargo, una pequeña parte se encuentra dentro del Área de Influencia Directa (AID) del proyecto, localizada en el área cercana a los manglares.
- **Centro Vecinales:** dentro de esta categoría se establecerá la alternativa de Campamento PK 5+200, igualmente, se encuentra en esta categoría parte del acceso al sitio de disposición de material de excavación Farfán y una franja cercana a la alternativa de campamento PK 5+800, previo a la Estación de Panamá Pacífico.
- **Áreas verdes – Urbanas:** bajo esta categoría se sitúan pequeñas áreas que comprenden: las alternativas de campamentos PK 5+200, el campamento PK 4+600, parte del sitio de disposición de material de excavación Farfán, un corredor que conecta la alternativa de Campamento PK 5+200 y campamento PK 5+800 el cual se encuentra dentro de esta categoría en su totalidad, y de igual manera el Campamento de Contratista, la Trinchera Oeste y Pozo de Ataque Oeste, esta categoría llega hasta el PK 6+250 previo a la Estación de Panamá Pacífico.
- **Vivienda mediana densidad:** en esta categoría se ubica el Sitio de disposición de material de excavación de Farfán.
- **Área de Compatibilidad con la Operación del Canal (tierra):** en esta categoría se encuentran el pequeño bosque de manglar, la alternativa de Campamento PK 4+600 y el Sitio de disposición de material de excavación Farfán.



Leyenda

- PK cada 500 m
- Límite de Corregimiento
- Trinchera / Pozo de Extracción Este²
- Trinchera/Pozo de Ataque Oeste²
- Posible Pozo de Evacuación²
- Alineamiento del Proyecto²
- Línea 3 del Metro²
- Zona de Transición²
- Estación²
- Campamento²

- Área de Uso Mixto
- Área de Influencia
- Área de Influencia Directa (AID)
- Área de Influencia Indirecta (All)
- Categoría del Plan Regional¹
- III. Área Urbana
- Área Verde Urbana
- Área de Desarrollo Urbana
- Área de Generación de Empleo
- Empleo - Industrial y Oficinas

Escala: 1:20,000
Sistema de Coordenadas: WGS 1984, UTM
Zona 17N Proyección -Transversal de Mercator.

LOCALIZACIÓN REGIONAL



PLAN REGIONAL

(Ley 21 de 2 de junio de 1997)

Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Proyecto de Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá

Promotor:



REPÚBLICA DE PANAMÁ

GOBIERNO NACIONAL

Consultor:



B. “Plan Parcial de Ordenamiento Territorial del Polígono de Influencia de la Línea 1 del Metro de Panamá” (PPMP)¹⁹.

Tomando en consideración, que el inicio del proyecto es cercano a la Estación de Albrook, y su alineamiento se encuentra dentro de esta zonificación, se utilizó el PPMP para la descripción del uso del suelo como parte de este Estudio.

El PPMP tiene como objetivo definir y establecer el uso de las zonas o áreas tanto públicas como privadas, cuyos futuros desarrollos urbanísticos quedan condicionados por la ejecución de las estructuras de la Línea 1 del Metro Panamá.

La Estación de Albrook forma parte de la Línea 1 del Metro de Panamá, cuyo Estudio de Impacto Ambiental fue aprobado bajo la Resolución IA-100/11 del 8 febrero del 2011 emitida por MiAmbiente (anteriormente llamada ANAM). Dicho proyecto cuenta con la zonificación denominada PPMP aprobada mediante Resolución 530-2018 del 10 septiembre del 2018, la cual fue modificada mediante la Resolución 442-2019 del 24 de junio del 2019, dentro de su modificación se contempla la corrección del mosaico 6D, aprobada por MIVIOT, el cual forma parte de la Estación de Albrook; dicho mosaico geográficamente se sobrepone con el alineamiento “*Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá*”.

A continuación, se describe el uso del suelo regulado por PPMP en las áreas que coinciden con el área de influencia directa del proyecto (AID), el cual solo comprende el Tramo 1 lado Este, ya que la misma solo norma los dominio y servidumbre ferroviarios, que permitirán garantizar los resguardos estructurales suficientes y necesarios de la estructura de la Línea 1 del Metro de Panamá, esto se muestra en el Mapa Plan Parcial de Ordenamiento Territorial del Polígono de Influencia de la Línea 1 del Metro de Panamá (PPMP) presentado al final de esta descripción de uso de suelo.

¹⁹ Resolución N°442-2019 de 24 de junio de 2019, “Por la cual se corrige el Anexo Gráfico de Zonificación adjunto a la Resolución N°530-2018 de 10 de septiembre de 2018, que aprueba la Revisión y Actualización de la Reglamentación del Plan Parcial de Ordenamiento Territorial del Polígono de Influencia de la Línea 1 del Metro de Panamá, y se adicionan disposiciones especiales”

- **MP-TTU - Transporte Terrestre Urbano**

- **Uso Permitido y Objetivo:**

- Normar actividades relacionadas con los sistemas de transporte terrestre de tipo vecinal, urbano, interbarrial, interprovincial, tanto de pasajeros como de carga.
 - Conjunto de instalaciones y edificaciones que sirven como terminales de pasajeros o de carga, puntos de transbordo de pasajeros o de carga, puntos de transbordo de pasajeros o transferencia de carga y de servicios complementarios a los usuarios del sistema de transporte terrestre.

- **Actividades Primarias:**

- Terminales de transporte urbano, de transporte interprovincial, de transporte internacional. Piquera de transporte selectivo, de transporte colectivo para rutas internas o locales. Centro de transbordo.
 - Terminal de Transporte turístico. Patio de estacionamiento de la flota de autobuses y taxis.

- **Actividades Complementarias:**

- Comercio al por menor de víveres (abarrotería, licorería, panadería, frutería, minisúper), servicios comerciales al por mayor y menor (farmacias, salón de belleza, cafetería, heladería, restaurante, floristería, tienda de música, sucursal de banco, óptica, relojería).
 - Oficinas en general. Área de servicio y de mantenimiento (gasolinera, talleres y/o similares).
 - Lava auto

Este uso se ubica en el PK 0+113, contempla parte de la zona de transición y parte de la Trinchera Este. En ella se encuentra la Estación de Albrook y los edificios de las oficinas principales del Metro de Panamá.

- **MP-SEU3 - Servicio Institucional Urbano**

- **Uso Permitido y Objetivo:**

- Normar servicios de salud, educación, seguridad, administrativos y religiosos con relación a los residentes y usuarios inmediatos, así como de

otras comunidades, en un centro urbano, preservando siempre el equilibrio entre el desarrollo y el entorno.

○ **Actividades Primarias:**

- Hospital General; hospital psiquiátrico; centros de rehabilitación; hospital especializado; clínica hospital; clínicas especializadas; colegio de ciclo completo; biblioteca pública; institutos de capacitación y tecnológicos; universidad; centros de investigación; instituto de educación superior; sede de instituciones estatales y/o municipales; oficina general de atención al cliente de servicios públicos; orfanato; asistencia a indigentes; centro cultural; cuartel de policía; academia de policía; academia de bomberos; corte y/o centros penitenciarios; catedral y templo mayor; seminario; cementerio.

○ **Actividades Secundarias:**

- Parque recreativo urbano (Pru)
- Plaza (Pl)

Dentro de este uso, se dispondrá parte de la Trinchera Este, el Pozo de Extracción Este, de igual manera se encuentra los terrenos del edificio Instituto Superior de Formación Profesional Aeronáutica y los terrenos del Policía Nacional, Sede de Ancón, por donde pasará el alineamiento.

• **MP-PND - Área Verde no Desarrollada**

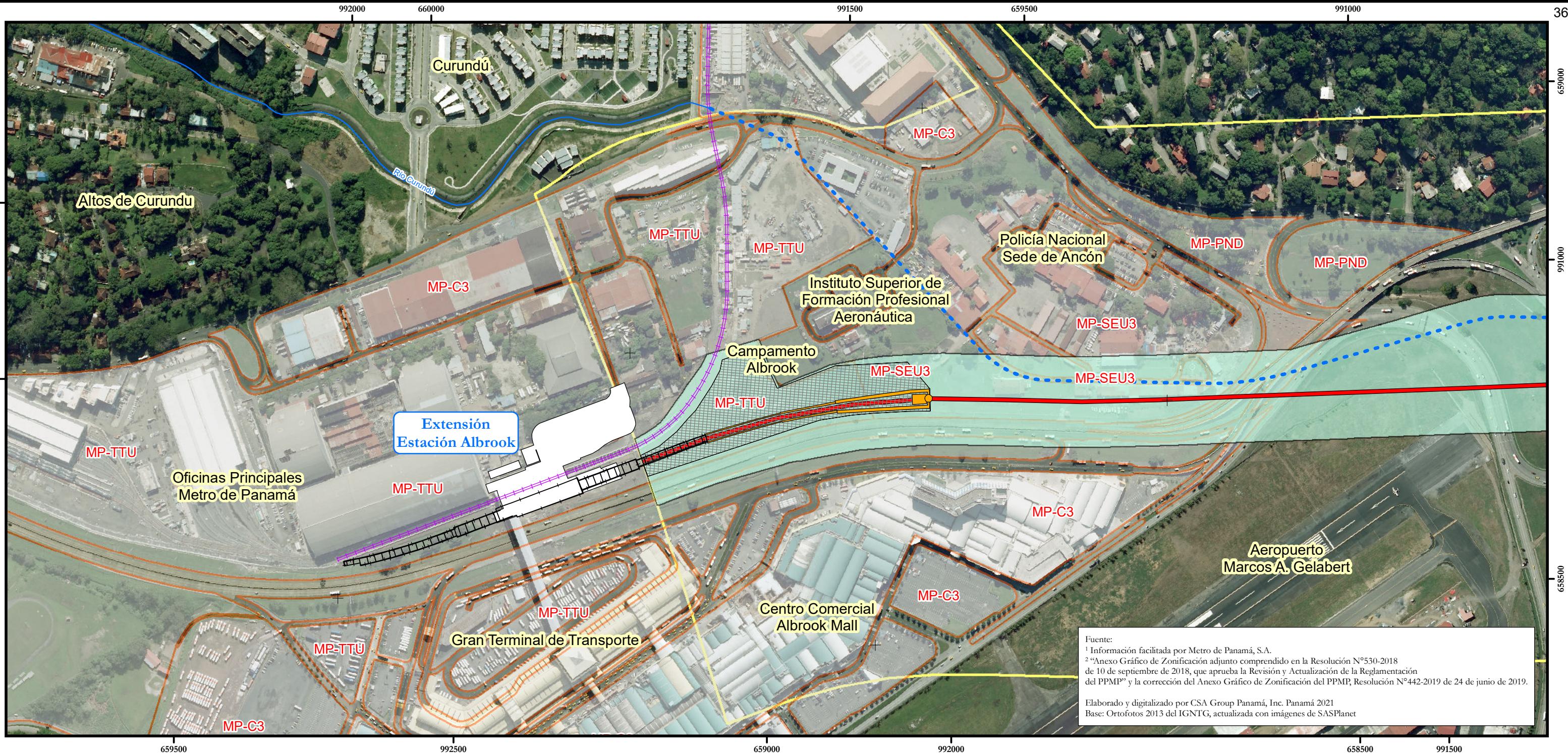
○ **Uso Permitido y Objetivo:**

- Normar actividades en espacios abiertos destinados a la preservación de sitios naturales con condiciones no aptas para el desarrollo, o necesarios para conservar el equilibrio natural y la calidad de vida.

○ **Actividades Primarias:**

- Senderismo, práctica deportiva a baja escala

Dentro de este uso se identifican las áreas verdes del Intercambiador El Frijol y de las isletas de la Avenida Omar Torrijos Herrera.



Leyenda

- Alineamiento del Proyecto¹
- Ríos Principales
- - - Cajón del Río Curundú¹
- - - Línea del Metro 1¹
- Zona de Transición¹
- Trinchera / Pozo de Extracción Este¹
- Campamento¹
- Estación¹
- Zonificación PPMP²

- Área de Influencia**
- Área de Influencia Directa (AID)
 - Área de Influencia Indirecta (All)

Plan Parcial de Ordenamiento Territorial del Polígono de Influencia de la Línea 1 del Metro de Panamá" (PPMP) ²	
Código	Descripción del Uso del Suelo Regulado por la PPMP
MP-TTU	Transporte Terrestre Urbano
MP-SEU3	Servicio Institucional Urbano
MP-PND	Área Verde no Desarrollada
MP-C3	Residencial Comercial Urbano de Mediana Intensidad



PLAN PARCIAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL POLÍGONO DE INFLUENCIA DE LA LÍNEA 1 DEL METRO DE PANAMÁ (PPMP)

Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Proyecto de Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá

Promotor:



METRO DE PANAMÁ
REPÚBLICA DE PANAMÁ
GOBIERNO NACIONAL

Consultor:



Escala: 1:5,000
0 100 200 300 m.
Sistema de Coordenadas: WGS 1984, UTM
Zona 17N Proyección - Transversal de Mercator.

C. “Normas Especiales para mantener el carácter de Ciudad Jardín en la Región Interoceánica”, según el MIVIOT.²⁰

Parte del proyecto del lado Este, se desarrollará dentro de las áreas reguladas bajo la normativa “*Ciudad Jardín en la Región Interoceánica*” aprobada mediante la Resolución del N°139-2000 del 8 agosto de 2000, por el MIVIOT, tal como se muestra Mapa Zonificación del MIVIOT presentado al final de este punto.

Esta normativa tiene como objetivo establecer un sistema de normas especiales para salvaguardar el ambiente natural existente en las tierras y bienes de la Región Interoceánica, e impedir su deterioro a través del desarrollo urbano e industrial en las áreas revertidas; así como mantener los valores de la propiedad y la identidad de cada sector, brindando ciertas pautas de diseño urbano, procurando definir los parámetros requeridos para la conservación de las características ambientales, arquitectónicas e históricas en el proceso de urbanización de los diferentes sectores y coordinar con las distintas dependencias nacionales y municipales para asegurar un desarrollo urbanístico.

A continuación, se describen las actividades que se establecen para el uso de suelo dentro del área de influencia directa del proyecto (AID):

- TA - Transporte Aéreo
 - **Uso Permitido:** Regula el conjunto de instalaciones que sirve como terminales de pasajeros o de carga y de servicios complementarios a los usuarios del sistema de transporte aéreo.
- IP - Industrial²¹
 - **Uso Permitido:** Son aquellas donde el proceso de producción ocasiona graves inconvenientes o peligro para la seguridad colectiva y cuyo funcionamiento queda sujeto a permisos especiales. Las industrias especiales requerirán un Estudio de Impacto Ambiental.

²⁰ Resolución del N°139-2000 del 8 agosto de 2000, aprobado por el MIVIOT

²¹ Resolución N° 150-83, MIVIOT

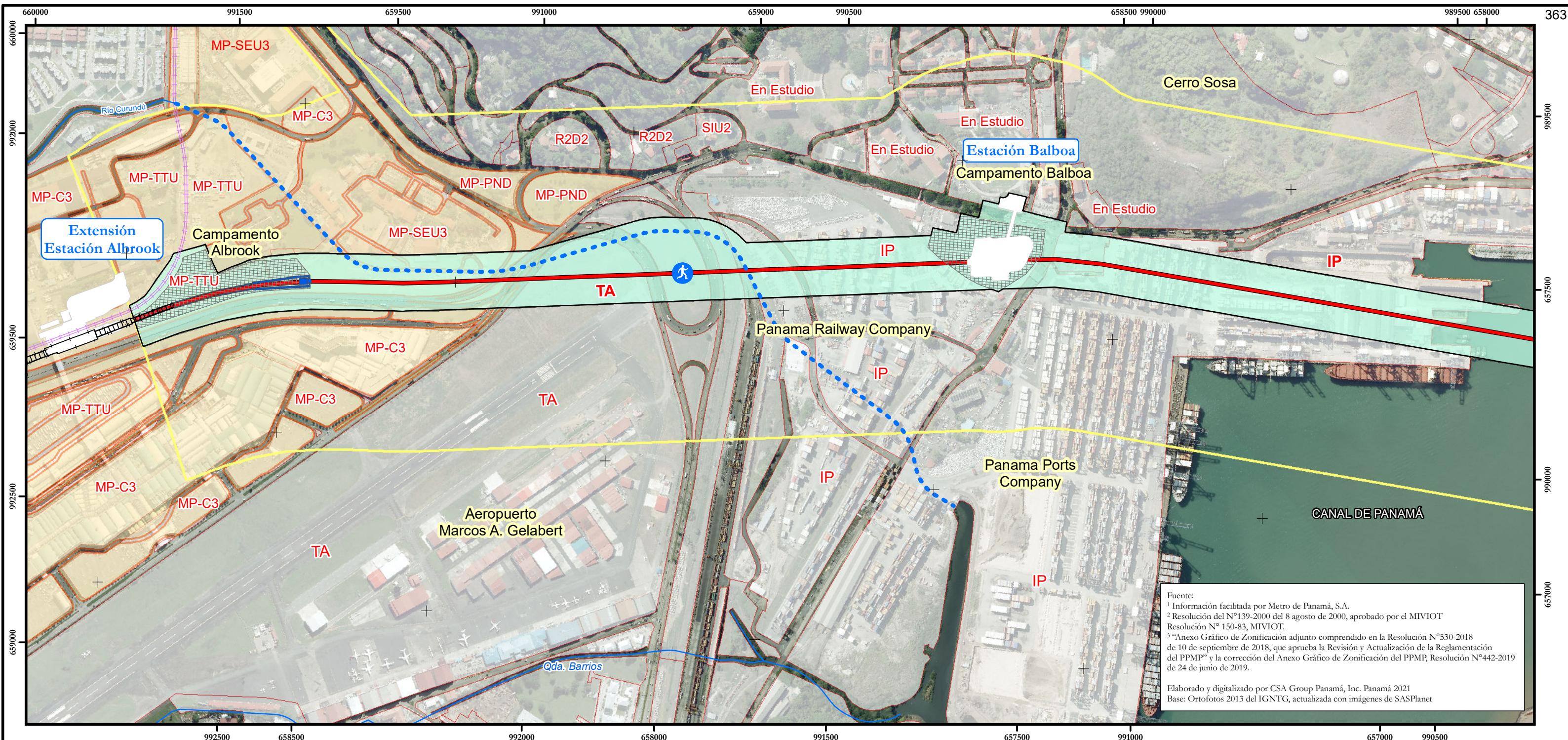
El uso del suelo regulado bajo la normativa “Ciudad Jardín en la Región Interoceánica” que coinciden con el área de influencia directa del proyecto (AID), están comprendidas entre el Tramo 1, lado Este y Tramo 2, lado Este, ya que dicha normativa no se aplica en el lado Oeste del país, a continuación, su descripción.

Tramo 1, lado Este:

- **TA - Transporte Aéreo:** Los predios bajo esta zonificación se encuentran los ocupados por el Aeropuerto Marcos A. Gelabert, ubicado en el área noroccidente de la ciudad de Panamá, en la zona de Albrook, el alineamiento pasará de manera subterránea entre parte de los terrenos del aeropuerto y la Avenida Omar Torrijos Herrera, en dirección a los terrenos de Panama Ports Company
- **IP - Industrial:** Siguiendo el alineamiento, cruzando la avenida Omar Torrijos Herrera, se encuentran los terrenos, ocupados por Canal Railway Company y parte de Panama Ports Company, los cuales se rigen bajo esta zonificación, que se extiende hasta llegar al Tramo 2 Este, cercana a la Estación Balboa (subterránea) cercanos Avenida Omar Torrijos Herrera, el alineamiento pasa de manera subterránea por estos terrenos.

Tramo 2, lado Este:

- **IP - Industrial:** Los terrenos ocupando por Panama Ports Company, se encuentran en su totalidad bajo esta normativa, por donde pasará el alineamiento subterráneo hasta llegar al PK 3+000, donde sigue el alineamiento por debajo del cauce de navegación del Canal.



- Leyenda**
- Possible Pozo de Evacuación¹
 - Zonificación MIVIOT²
 - Trinchera / Pozo de Extracción Este¹
 - Zonificación PPMP³
 - Alineamiento del Proyecto¹
 - Ríos Principales
 - Cajón del Río Curundú¹
 - Línea del Metro 1¹
 - Zona de Transición¹
 - Estación¹
 - Campamento¹

- Área de Influencia
- Área de Influencia Directa (AID)
- Área de Influencia Indirecta (All)

Zonificación de La Ciudad de Panamá Ciudad Jardín en la Región Interoceánica ²	
Código	Descripción de la Zonificación dentro del AID
TA	Transporte Aéreo: Regula el conjunto de instalaciones que sirve como terminales de pasajeros o de carga y de servicios complementarios a los usuarios del sistema de transporte aéreo.
IP	Industrial: Son aquellas donde el proceso de producción ocasiona graves inconvenientes o peligro para la seguridad colectiva y cuyo funcionamiento queda sujeto a permisos especiales. Las industrias especiales requerirán un Estudio de Impacto Ambiental.



Escala: 1:8,000
Sistema de Coordenadas: WGS 1984, UTM
Zona 17N Proyección - Transversal de Mercator.

ZONIFICACIÓN DEL MIVIOT
"Ciudad Jardín en la Región Interoceánica"

Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Proyecto de Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá

Promotor:



Consultor:

D. Plan de Uso de Suelo de la ACP²²

El alineamiento del proyecto se encuentra dentro del Área de Compatibilidad del Canal y para su descripción del uso del suelo nos apoyamos del Acuerdo N°102 de 25 de agosto de 2005, por el cual se aprobó el “Plan de Uso de Suelo de la ACP” y el Acuerdo N° 344 del 28 de marzo de 2019 “Por el cual se Modifica el Plan de Uso de Suelo de la Autoridad del Canal de Panamá”, lo cual se puede observar en el Mapa Uso de Suelo de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) presentado al final del punto.

El propósito del Plan General de Usos del suelo es definir las distintas posibilidades de uso en las áreas canaleras. Este plan establece la normativa para la integración de las áreas del Canal y recomienda nuevas actividades que impulsan el desarrollo sostenible, tomando en cuenta las presentes y futuras necesidades de la operación y mantenimiento del Canal de Panamá.

La Autoridad del Canal de Panamá (ACP) podrá permitir que terceros realicen actividades que, de acuerdo con el tipo, densidad e intensidad, permitan maximizar el aprovechamiento de estas áreas e integrarlas al potencial turístico, recreativo, comercial, educativo, científico y cultural del país, garantizando el funcionamiento continuo, eficiente y seguro del Canal, así como la preservación de sus recursos naturales e hídricos.

A continuación, se describen a detalle los usos permitidos que se encuentran dentro del área de influencia directa del proyecto (AID):

- **Área de Funcionamiento – Tipo II:** Son áreas de propiedad de la ACP o del patrimonio inalienable de la Nación bajo la administración privativa de estas, identificadas para el funcionamiento del Canal, en las que la ACP puede autorizar a terceros los usos interinos para realizar actividades y proyectos de baja densidad e

²² Plan de Usos de Suelo de la Autoridad del Canal de Panamá, Norma de Uso - Usos Interinos, 2019, <https://micanaldepanama.com/nosotros/servicios/plan-de-uso-de-suelo/>

intensidad que no afecten el funcionamiento, la infraestructura, las instalaciones críticas y los recursos naturales e hídricos del Canal. (ver Tabla N° 6-14)

○ **Alcance:**

- Permite a la ACP aprobar actividades o proyectos de terceros que aprovechen el paisaje natural, la ubicación estratégica del sitio, la infraestructura, aguas e inmuebles en el área del Canal.
- Permite actividades y proyectos que no afecten el funcionamiento del Canal, ni la conservación del recurso hídrico de la cuenca y generen beneficios para la ACP.
- Permite actividades bajo el auspicio y/o supervisión de la ACP.
- Permite la aprobación de uso para las actividades permitidas, mediante contrato o autorización.

○ **Usos de Suelo:**

- Usos Prioritarios: Actividades de apoyo a la operación, mantenimiento y modernización del Canal.
- Actividades que se podrán permitir a terceros: Actividades de conformidad con las normas de Bosque de Protección Bp1 o Bp2; Turismo Natural – Baja Intensidad (Tn1); Área Verde no Desarrollable (Pnd); Residencial (Rxdx); Servicio Institucional de Baja y Mediana; Intensidad (Siu1 y Siu2) y Equipamiento de Servicio Básico Urbano (Esu). Incluye actividades temporales y rutas de navegación en áreas de agua.
- Las actividades complementarias en las áreas urbanas serán de conformidad con la norma para Equipamiento de Servicios Básicos – Vecinal (Esv), Área Recreativa Urbana (Pru), Plaza (Pl) y Áreas Verdes no Desarrollables (Pnd).

○ **Limitaciones Generales de este Tipo de Uso son:**

- La ACP regulará el acceso a estas áreas. El acceso de botes a áreas de agua requiere licencia de operador de botes.
- La navegación en estas áreas deberá cumplir con las Normas de la Autoridad y los Avisos y Circulares a las Navieras.

- Los diseños para la iluminación de proyectos o actividades en estas áreas, cercanas a las aguas, requerirán aprobación previa de la ACP.
- Los proyectos en estas áreas requieren de tratamiento para aguas servidas que cumplan, como mínimo, con las normas de COPANIT.
- En todas las áreas se requiere la disposición de desechos sólidos y control para emisiones de conformidad con las normas establecidas por la ACP.
- No se permite el almacenamiento de material contaminante o materiales tóxicos.
- De requerirse estudios de impacto ambiental para las actividades (a solicitud de la ACP o de MiAmbiente), estos deberán tramitarse según las disposiciones legales vigentes y en coordinación con la ACP.
- No se permitirán la construcción de mejoras sin la autorización previa de la ACP. Para las áreas residenciales, las actividades complementarias se limitan a Servicio Institucional Vecinal.
- La crianza de especies animales en jaulas o estanques, como actividad comercial en agua, también debe ser autorizada por las otras autoridades competentes.
- La extracción de recursos hídricos y del suelo o subsuelo requiere aprobación previa de la ACP.

- ***Características Generales***

- Ambiente Construido: Instalaciones (estructuras y edificios) e infraestructura.
- Ambiente Natural: Bosque secundario, áreas de bosque con infraestructura mínima o inexistente y aguas.

Tabla N°6-14: Norma de uso para usos interinos del área Tipo II - ACP

PLAN DE USOS DE SUELO DE LA AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ		
NORMA DE USO – USOS INTERINOS - ÁREA TIPO II		
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades de telecomunicación • Almacenamiento de agua • Alojamiento para científicos • Alquiler implementos deportivos • Áreas de acampado 	<ul style="list-style-type: none"> • Centro recreativo • Depósito de botes • Prácticas deportivas • Estación de bombeo • Exposición animal y vegetal • Helipuerto • Industria liviana 	<ul style="list-style-type: none"> • Potabilizar Agua • Práctica deportiva • Planta de distribución eléctrica • Refugios • Senderos • Sitios de interpretación Teleférico

PLAN DE USOS DE SUELO DE LA AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ NORMA DE USO – USOS INTERINOS - ÁREA TIPO II		
<ul style="list-style-type: none"> • Áreas de exposición Asociaciones y afines • Cabañas • Caseta de servicios sanitarios • Centro de investigación • Centro educativo de cursos cortos • Centro de medicina natural • Centro de visitantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación científica • Letrinas • Merenderos • Mirador • Muelles • Oficina administrativa • Panel distribución telefónica 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiendas de recuerdo • Torres de observación • Torres de telecomunicaciones • Tratamiento de aguas servidas • Transformador eléctrico • Vereda peatonal/ciclismo
El uso residencial es exclusivo para la ACP con las siguientes subcategorías: R1d1, R1d2, R1d3, R2d2.		
Vivienda adosada	Vivienda plurifamiliar	Vivienda unifamiliar
Se podrá permitir los usos Servicio Institucional de Baja y Mediana Intensidad (Siu1 y Siu2) con las siguientes actividades:		
<ul style="list-style-type: none"> • Academia policía/detectives • Centro cultural • Centro de atención de adictos • Centro de rehabilitación de impedidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Clínica especializada • Clínica general • Correos y/o telégrafos Oficina estatal de atención al cliente 	<ul style="list-style-type: none"> • Oficina estatal o municipal • Subestación de bomberos • Subestación de policía Investigación Científica
Actividades en Agua		
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades ecoturísticas Atracar/Anclaje Avituallamiento • Bucear • Cría de peces, cocodrilos u otras especies 	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de agua • Extracción de componentes de suelo • Investigación científica Nadar • Operar botes 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesca recreativa • Remar cayucos • Reparación de buques en aguas marítimas • Transporte de pasajeros y carga Trasiego de combustible en aguas marítimas

Fuente: Autoridad del Canal de Panamá

• Área de Funcionamiento – Tipo III

Son áreas de propiedad de la ACP o del patrimonio inalienable de la Nación bajo administración privativa de estas, identificadas para el funcionamiento del Canal, en las que la ACP puede autorizar a terceros usos interinos para realizar actividades y proyectos con una amplia gama de densidades e intensidades, siempre que no afecten el funcionamiento, la infraestructura, las instalaciones críticas y los recursos naturales e hídricos del Canal. En la Tabla N° 6-15 se muestran las Norma de uso para usos interinos del área Tipo III

- **Alcance:**

- Permite a la ACP aprobar actividades o proyectos de terceros que aprovechen la ubicación estratégica de parcelas y estructuras de la ACP, las rutas o áreas

de agua para desarrollar servicios o actividades que no afecten el funcionamiento del Canal y que contribuyan al desarrollo económico de la región.

- Permite actividades y proyectos comerciales que no afecten el funcionamiento del Canal ni la conservación del recurso hídrico de la cuenca y generen beneficios para la ACP.
- Permite la aprobación de uso para las actividades permitidas, mediante contrato o autorización.

○ ***Uso de Suelo:***

- Usos Prioritarios: Actividades de apoyo a la operación, mantenimiento y modernización del Canal.
- Actividades que se podrá permitir a terceros: Actividades temporales o permanentes de conformidad con las normas de Turismo Natural de Mediana Intensidad (Tn2), Turismo Urbano de Baja y Mediana Intensidad (Tu1 y Tu2), Área Recreativa Urbana (Pru), Área Verde no Desarrollable (Pnd), Plaza (Pl), Residencial (Rwdx), Mixto Comercial Urbano de Baja, Mediana y Alta Intensidad (Mcu1, Mcu2 y Mcu3), Servicio Institucional de Baja y Mediana Intensidad (Siu1 y Siu2), Transporte Terrestre de Carga (TTc), Transporte Marítimo (Tm), Transporte Ferroviario (Tf), Industria Liviana (II), Industria Molesta (Im) y actividades en aguas.

○ ***Las actividades complementarias***²³: en las áreas urbanas serán de conformidad con la norma para Equipamiento de Servicios Básicos – Vecinal, áreas verdes no desarollables, plaza, área recreativa urbana, escultura pública y fuentes. Equipamiento de Servicio Básico Urbano, transporte terrestre vecinal, transporte aéreo, transporte ferroviario, transporte marítimo, entre otras.

- De requerirse estudios de impacto ambiental para las actividades (a solicitud de la ACP o de MiAmbiente), estos deberán tramitarse según las disposiciones legales vigentes y en coordinación con la ACP.

²³ MIVI, Resolución No. 160-2002 "Por la cual se crean los Códigos de Zona y Normas de Desarrollo Urbano para el Área del Canal" Gaceta Oficial No. 24,622 de 22 de agosto 2002.

- No se permitirán la construcción de mejoras sin la autorización previa de la ACP.
 - No se permite cacería y pesca comercial.
 - Toda actividad en área de bosque o selvática deberá cumplir con las normas de MiAmbiente y las regulaciones de la ACP.
- **Características:**
 - Ambiente Construido: Edificios, estructuras e infraestructura.
 - Ambiente Natural: Bosques secundario área de bosque con infraestructura mínima o inexistente, ribera y aguas del Canal.

Tabla N°6-15: Norma de uso para usos interinos del área Tipo III - ACP

PLAN DE USOS DE SUELO DE LA AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ NORMA DE USO - USOS INTERINOS - ÁREA TIPO III			
<ul style="list-style-type: none"> • Albergues Juvenil • Almacenamiento de materiales de construcción (acero, madera, cemento, otro) • Alojamiento Científico • Alojamiento Temporal • Alquiler de implementos deportivos, Anfiteatro, Apartotel • Áreas acampado • Área de Exposición • Asociaciones y afines • Astillero • Bares, salas de fiesta • Bibliotecas • Boutiques • Campamento temporal para trabajadores • Cabañas • Cafeterías / Restaurantes • Casa de hospedaje • Caset de servicios sanitarios • Cementerios 	<ul style="list-style-type: none"> • Centro saunas afines • Clínica • Clínica especializada • Club Náutico • Comercio al por Mayor • Complejos Deportivos • Depósitos de botes • Depósitos (carga y descarga) • Depósitos y venta de gas licuado • Edificio de estacionamiento • Escultura y fuente • Estación de pesa y dimensiones • Estacionamiento • Estudio TV y Radio • Exposición animal y vegetal • Fabricación de vehículos y piezas y 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorios de suelo, de concreto, agregados y de asfalto • Muelles • Museo • Oficinas Administrativas • Oficinas administrativas de servicio público • Oficina de correos y telégrafos • Oficina estatales o municipal • Otros servicios • Parque de diversión • Parques Temáticos • Patio de Contenedores • Planta de hormigón • Planta de procesamiento de elementos de acero y refuerzo 	<ul style="list-style-type: none"> • Sendero • Servicio al por menor • Sucursal de banco/casa se cambio • Taller de reparación y mantenimiento de equipo • Teatro • Teleféricos • Terminal de carga • Terminal de pasajeros • Tiendas de recuerdo • Torres de observación • Venta de ambulantes, Ferias temporales • Venta de artículos varios • Ventas materiales de construcción • Vereda peatonal /ciclismo • Viviendas adosadas (va)

PLAN DE USOS DE SUELO DE LA AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ NORMA DE USO - USOS INTERINOS - ÁREA TIPO III			
<ul style="list-style-type: none"> • Centro de atención de adictos • Centro comercial • Centro Cultural • Centro de diversión • Centro de rehabilitación de impedidos • Centro de trasbordo de pasajeros • Centro de visitantes • Centro educativo de cursos cortos • Centro de investigación científica • Centro medicina Natural • Centro recreativo 	<ul style="list-style-type: none"> • accesorios para vehículo • Fabricación de cemento, ladrillos cal y tubos de cemento • Fabricación y reparación de equipos de construcción • Fumigadora y productos agroquímicos • Gasolinera • Helipuerto • Hostales • Hoteles • Industria Liviana • Investigación Científica • Letrina • Merenderos • Mirador • Moteles 	<ul style="list-style-type: none"> • Planta de trituración para agregado • Policlínica • Práctica deportiva • Prefabricados de viga de Hormigón • Puertos de cruceros • Puesto de seguridad marítima • Recinto aduanero • Reparación artículos electrónicos y mecánicos • Reparación de autos (Talleres) • Resort y eco resorts • Salón instalaciones estatales • Servicio de mudanzas, carga y encomiendas • Sitio interpretación • Subestación bombero • Subestación policía 	<ul style="list-style-type: none"> • Vivienda de tiempo compartido • Viviendas plurifamiliares vertical • Viviendas unifamiliares
Actividades en Agua			
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades ecoturísticas • Atracar/Anclaje • Avituallamiento en aguas marítimas • Bucear • Cría de peces, cocodrilos u otras • Esquiar agua / moto de agua Pesca deportiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de agua • Extracción de componentes de suelo • Investigación científica • Nadar • Operar botes • Pesca deportiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Remar cayuco • Reparación de buques en aguas marítimas • Transporte de pasajeros y carga • Trasiego de combustible en aguas marítimas • Uso de kayak 	

Fuente: Autoridad del Canal de Panamá

A continuación, se describe los Uso que se encuentran en el proyecto, dentro del área de influencia directa, estas áreas se encuentran en su mayoría entre los Tramos 2, lado Este y Oeste, tomando en cuenta Tramo 2, Cauce de Navegación que es un área de operación del Canal y es clasificado como zona inalienable.

Tramo 1, lado Este

Área de Funcionamiento – Tipo II:

Dentro del área de influencia directa del proyecto, podemos encontrar el área de funcionamiento II en la servidumbre frente Canal Railway Company, ubicada en la Ave. Omar Torrijos y la Isleta del intercambiador El Frijol, área por donde pasará el alineamiento, como se muestra en la Figura N° 6-18.

Figura N°6-18: Área de funcionamiento II cercanos a los terrenos de Canal Railway Company



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Tramo 2, lado Este

- **Área de Funcionamiento – Tipo II:** dentro de este Uso se ubicará el Campamento Este (Balboa) y se construirá la Estación Balboa (subterránea), como parte del proyecto, posiblemente los edificios de la Autoridad del Canal de Panamá que se encuentran en esta área serán afectados según se observa en la Figura N° 6-19.

Figura N°6-19: Edificios de la ACP con posibilidad de ser demolidos



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

- **Área de Funcionamiento – Tipo III:** igual que el área de funcionamiento II, las áreas de funcionamiento III se encuentran comprendidas dentro de la misma parcela, donde se ubicará el Campamento Este (Balboa) y se construirá la Estación Balboa (subterránea), sin embargo, la Estación Balboa tendrá un acceso, al cruzar por debajo de Avenida Ascanio Arosemena, donde se ubica un pequeño negocio de comida y el cual se encuentra dentro de este Uso.

Tramo 2, Canal de Navegación del Canal

Este tramo está comprendido desde el PK 3+000 al PK 3+960, en esta área se encuentran los Uso Tipo II y III inalienable, los cuales se encuentran bajo la administración de la ACP y por donde pasará el alineamiento.

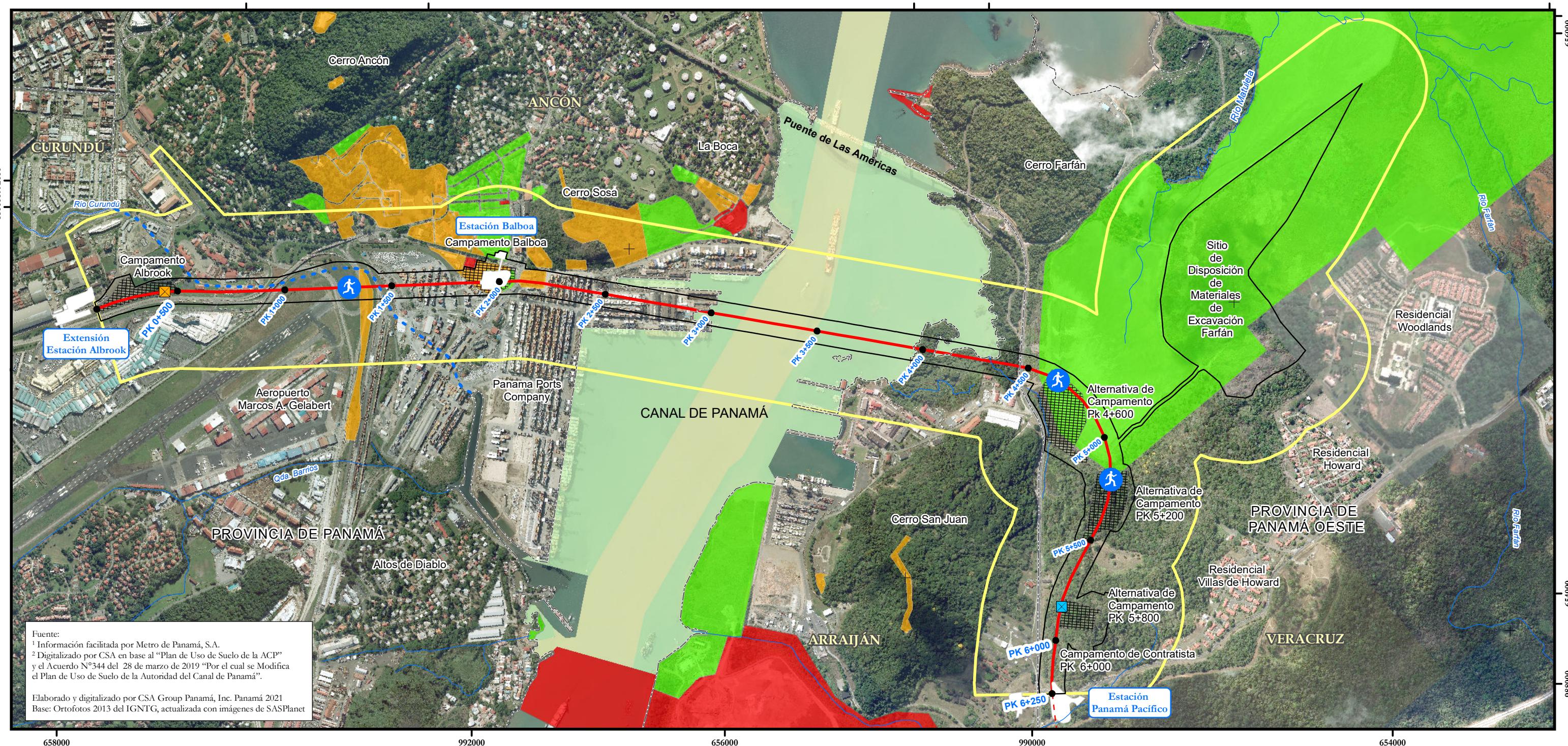
Tramo 2, lado Oeste

Dentro de las Áreas de Funcionamiento Tipo III, del lado Oeste, se encuentra en el área denominada como Sitio de disposición de material de excavación Farfán donde se colocará materiales producto de la excavación del tramo soterrado (ver Foto N° 6-14), y donde se ubicará la alternativa del campamento PK 4+600 y posible pozo de ventilación, evacuación y bombeo (PK 4+650).

Foto N° 6-1. Sitio de disposición de material de excavación Farfán



Fuente: Autoridad del Canal de Panamá (ACP)



Leyenda

- PK cada 500 m
 - Posible Pozo de Evacuación¹
 - Alineamiento del Proyecto¹
 - Ríos Principales
 - - - Cajón del Río Curundú¹
 - Campamento¹
 - Estación¹
 - Límite de Corregimiento
- Uso de Suelo²**
- Área de Funcionamiento Tipo I
 - Área de Funcionamiento Tipo II
 - Área de Funcionamiento-Tipo II (Inalineable)
 - Área de Funcionamiento Tipo III
 - Área de Funcionamiento Tipo III Inalineable
- Área de Influencia**
- Área de Influencia Directa (AID)
 - Área de Influencia Indirecta (All)



Escala: 1:17,900
0 200 400 800 m

Sistema de Coordenadas: WGS 1984, UTM
Zona 17N Proyección Transversal de Mercator.

LOCALIZACIÓN REGIONAL



USO DE SUELO DE LA AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ

Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Proyecto de Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá

Promotor: METRO DE PANAMÁ

REPÚBLICA DE PANAMÁ
GOBIERNO NACIONAL

Consultor: CSA GROUP EST. 1956

E. Plan de Desarrollo Urbano de las Áreas Metropolitanas del Pacífico y del Atlántico²⁴

Por la posición geográfica que ocupa el proyecto, localizada entre el área Metropolitana y Panamá Oeste, se tomó en cuenta el “Plan de Desarrollo Urbano de las Áreas Metropolitanas del Pacífico y del Atlántico”, el cual fue aprobado en el Decreto Ejecutivo N° 39 del 11 de Mayo del 2018, donde se revisó y se actualizó dicho Plan, con el fin de lograr un instrumento técnico, normativo político y administrativo para gestión del territorio, y fortalecer al MIVIOT en la capacidad de planificar y ordenar el territorio.

Este Plan tiene como objetivo promover una estructura urbana que: logre la integración de las áreas revertidas al cordón urbano de Panamá y Colón, permitir introducir un sistema de transporte óptimo que llegue a los centros de empleo, apoyar a la conservación, protección, restauración y los recursos físicos y biológicos de la región, permitir la coordinación entre sector público y privado en materia de inversión, entre otras metas enfocadas al ordenamiento.

Este Plan de Desarrollo Urbano se divide en tres subregiones las cuales son:

- **Subregión Pacífico Este:** comprende el corregimiento de Ancón y de los Distrito de Panamá y San Miguelito.
- **Subregión del Pacífico Oeste:** comprende la sección Oeste del corregimiento de Ancón, el Distrito de Arraiján, el Distrito de La Chorrera y el Distrito de Capira (parcialmente).
- **Subregión del Atlántico:** comprende la ciudad de Colón, corregimiento de Cristóbal, San Lorenzo, y los corregimientos situados dentro de la cuenca hidrográfica del Canal, Limón, Nueva Providencia, Buena Vista, San Juan y Santa Rosa.

²⁴ Informe 3: Escenarios de Desarrollo Urbano de las Áreas Metropolitanas del Pacífico y del Atlántico, Decreto Ejecutivo N° 39 del 11 de mayo del 2018, (MIVIOT)

De estas 3 subregiones el proyecto se localiza entre Subregión del Pacífico Este y la Subregión del Pacífico Oeste; a continuación, se describe la disponibilidad y uso del suelo según el Plan Urbano.

- **Subregión Pacífico Este**

La subregión Pacífico Este cuenta con áreas que no han sido desarrolladas o que están subutilizadas, lo cual crea espacios e impide la continuidad en el crecimiento de una ciudad.

La disponibilidad de tierras para desarrollo se encuentra en su mayoría hacia el lado Noreste del área Metropolitana, entre ellas esta Tocumen, 24 de diciembre, Pacora y San Martín; en la Zona de San Miguelito se encuentran: Victoriano Lorenzo, Mateo Iturralde, Amelia Denis, Belisario Porras y José Domingo Espinar; en la Zona del Canal se encuentra Ancón.

Por otra parte, se encuentran las denominadas áreas revertidas, cercanas al proyecto, las cuales se han desarrollado como núcleo de transferencia de personas como lo son el Aeropuerto Marcos A. Gelabert y La Gran Terminal Nacional de Transporte en Albrook.

A continuación, se exponen de manera general las siguientes políticas:

- Escoger de una variedad de ofertas de vivienda, que respondan a criterios de localización, costo y calidad; y que sean accesibles a la mayor cantidad de pobladores y de todos los ingresos.
- Facilitar el ordenamiento, la regulación y la contención de los asentamientos informales.
- Facilitar los servicios básicos en las áreas de menor ingreso e interés social.
- Que la distribución urbana logre de forma más eficiente el acceso a las áreas de empleo y a los servicios comunitarios (salud, educación y recreación).
- Regular y apoyar la conservación, protección, restauración y uso sostenible de los recursos físicos y biológicos.

- Fomentar la contención del sistema urbano hacia las áreas protegidas como la Cuenca Hidrográfica del Canal, los Humedales, el Sitio Ramsar, entre otros existentes y algunos nuevos que deberán ser limitados.
- Distribuir los servicios básicos de infraestructura y equipamiento comunitario, al menor costo y con mayor beneficio público; logrando así sectorizar las atenciones y evitar traslados muy largos dentro del área metropolitana.
- Aprovechar al máximo las infraestructuras existentes y las áreas que ya posean los servicios completos.
- Incentivar el desarrollo de áreas no desarrolladas o subdesarrolladas con el fin de lograr dirigir el crecimiento y la expansión, hacia donde el Plan Metropolitano de las Áreas Pacífico y Atlántico definan.
- Elaborar planes estatales para la solución de problemas habitacionales en áreas de pobreza extrema, de hacinamiento crítico y donde la vulnerabilidad a desastres o riesgos sea alta.
- Organizar el suelo urbano a fin de lograr una localización eficiente de las distintas actividades urbanas, industriales, comerciales y turísticas.
- Fortalecer en los Municipios la organización y capacitar al personal para implementar la gestión urbana planificadora a nivel local en actos coordinados con las autoridades correspondientes.
- Introducir un sistema de Consejos para la participación ciudadana con los organismos que conforman la sociedad civil.

- **Subregión del Pacífico Oeste**

La subregión del Pacífico Oeste tiene una capacidad permisible para lograr su crecimiento racionalmente; se ha mostrado en las últimas décadas un rápido crecimiento demográfico y su marcado índice de crecimiento urbanístico.

En la zona central de la Subregión, donde se produce la conurbación entre los distritos de Arraiján y La Chorrera, razón por la cual el Plan Metropolitano propuso crear un nuevo nodo de actividades de comercio y de servicio.

Otra zona de desarrollo en la subregión del Pacífico Oeste es el nodo Howard o mejor conocido como Panamá Pacífico, el cual corresponde a un esfuerzo conjunto entre el Estado y la inversión privada, donde se desarrollarán 1,400 hectáreas más allá de 2035.

Entre los usos predominantes en las zonas urbanas están el uso residencial de baja y mediana densidad, el uso comercial, el uso industrial, el institucional, las áreas consideradas como parte del sistema de espacios abiertos y las áreas consideradas de expansión urbana.

A continuación, se exponen de manera general las siguientes políticas de esta subregión:

- Consolidar las áreas residenciales existentes.
- Absorción del crecimiento urbano formal dentro de los límites del Plan.
- Restringir fuertemente el crecimiento de los asentamientos informales.
- Fomentar la densificación de áreas, de densidades bajas a densidades medias (500 hab/has).
- Permitir la expansión de la mancha urbana considerando las características del ambiente y las posibilidades de desastres.
- Delimitar el área urbana de la Subregión.

Las Subregiones Pacífico Este y Oeste poseen una estrecha vinculación, la cual no es equilibrada. La dependencia del Oeste sobre el Distrito Capital es muy grande, en términos de flujos diarios de bienes y personas, debido a la concentración del empleo y las principales actividades económicas en la Subregión Este, limitando al Oeste a una función residencial o dormitorio.

La gran mayoría del área de influencia directa del proyecto, son suelos que han sido históricamente alterados por acciones antrópicas, construcción de red vial y actividades urbanas de la Ciudad de Panamá, sin embargo, se puede ubicar dentro del área de influencia directa, se ubican que el 11.21ha son Bosque Secundarios Maduros, 37.90ha

Bosque Secundario Intervenidos y una pequeña área de manglar que cubren un 4.14ha dentro del AID y un 34.44ha áreas cubiertas por herbazales.

6.3.2. Deslinde de la Propiedad

El proyecto del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá presenta la característica de ser una obra subterránea, por lo que gran parte de su alineamiento pasará por debajo de terrenos privados y terrenos que corresponden a propiedades del Gobierno Nacional. Cabe señalar que parte del proyecto se encuentra dentro de los límites de la zona de compatibilidad de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) y que coinciden con las áreas clasificadas como patrimonio económico e inalienables.

Dentro de esta área están presentes algunas redes viales, servidumbres de vías, estructuras permanentes, semi permanentes y predios, los cuales se relacionan con comercios, organizaciones e instituciones que pueden ser afectadas de forma temporal o permanente, como pueden ser las parcelas o edificaciones que corresponden a la Autoridad del Canal de Panamá (ACP). Cabe resaltar que, para atender estos casos, se realizó un listado de estructuras con sus características y propietarios, identificándose los usos asociados, existentes en los mismos. Los resultados de dicho levantamiento se presentan en el Capítulo 8 del presente Estudio.

El deslinde de la propiedad es variado, porque se encuentra en función del área de influencia directa del proyecto, el alineamiento y zonas auxiliares del proyecto, en base a esto; a continuación, se presenta la información relacionada con este aspecto:

Tramo 1, lado Este:

Este Tramo del proyecto se encuentra ubicado en la Provincia de Panamá, Distrito de Panamá, Corregimiento de Ancón, entre las comunidades de Albrook y Balboa. Este sector urbano de la ciudad tiene terrenos de uso institucional y de servicio público, entre los cuales podemos mencionar: los terrenos cercanos a la servidumbre del Corredor Norte donde estará ubicada la Extensión de la Estación Albrook, el Campamento Este

(Extensión de Futura Estación Albrook), la Zona de transición hacia el tramo soterrado y Trinchera Albrook específicamente en el PK 0+113 donde inicia el proyecto. Cabe señalar que el área donde estará ubicada la Extensión de la Estación Albrook (actualmente) es un área de estacionamiento, servicios de transporte y servicios de taxi cercana a la Estación de Albrook.

El alineamiento continúa de forma subterránea por terrenos ocupados por los edificios de la Policía Nacional, Sede de Ancón, la cual está ubicada entre el Corredor Norte y la Avenida Omar Torrijos Herrera. El alineamiento pasa por una pequeña parte de los terrenos del Aeropuerto Marcos A. Gelabert y continúa por una franja de Patrimonio Económico cercana a la zona conocida como el Intercambiador El Frijol, continúa por las parcelas de Panama Canal Railway Company y los terrenos concesionados a Panama Ports Company, el Campamento Este (Balboa) el cual será utilizado como sitio de acopio y logística, hasta llegar al PK 1+920 previo a la Estación Balboa (subterránea).

Tramo 2, lado Este:

Este Tramo del proyecto se encuentra ubicado en la Provincia de Panamá, Distrito de Panamá, Corregimiento de Ancón, en la comunidad de Balboa. El alineamiento continúa subterráneo en el PK 1+920 donde se localizará la futura Estación Balboa (subterránea) hasta el PK 3+000 en la costa Este del Canal de Navegación. La ubicación de esta área está dentro del límite de compatibilidad de la Administración del Canal de Panamá, los cuales son regulados por la Autoridad del Canal de Panamá.

Tramo 2, Canal de Navegación:

El alineamiento continúa subterráneo entre el PK 3+000 al PK 3+960, cabe señalar que esta área corresponde al canal de navegación del Canal de Panamá y esta categorizada como zona de Patrimonio Inalienable. (ver Foto N° 6-2).

Foto N° 6-2.

Canal de Navegación – Patrimonio Inalienable



Fuente: CSA Group Panamá, Inc

Tramo 2, lado Oeste:

Este Tramo del proyecto se encuentra ubicado en la Provincia de Panamá Oeste, Distrito de Arraiján, entre el corregimiento de Arraiján (cabecera) y el corregimiento de Veracruz, donde se ubican las comunidades de Howard. Este sector es poco desarrollado y no se encuentran grandes edificaciones, más bien se ubican espacios abiertos sin desarrollo. En áreas aledañas, al área de estudio, se sitúan otros proyectos de interés nacional como lo son la Ampliación de la Carretera Panamericana, la futura construcción de acceso al Cuarto Puente sobre el Canal.

Continuando con el alineamiento de forma subterránea, cerca del PK 3+960, se ubican las instalaciones de la Base Naval CdF Noel Rodríguez del Servicio Nacional Aeronaval (SENAN), el alineamiento cruza la Carretera Panamericana, la cual es el límite colindante con el corregimiento de Veracruz hasta donde se encuentran los terrenos propiedad de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), estos últimos son utilizados para el depósito del material de dragado del Canal. Cabe señalar que dentro de esta zona se utilizará un área de 52 hectáreas aproximadamente como sitio de disposición de los materiales de excavación del proyecto, la cual fue asignada por ACP a Metro de Panamá, S.A. Este uso de suelo se clasifica en área de funcionamiento Tipo III, según el Plan de uso de

suelo de la APC (Acuerdo N° 344 del 28 de marzo de 2019). De igual manera, se localizará la alternativa de campamento PK 4+600 y un posible pozo de evacuación en el área que se muestra en la Foto N° 6-3.

Foto N° 6-3. Farfán, depósito del material de dragado del Canal, se localizará la alternativa de Campamento PK 4+600



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Continuando el alineamiento, se localizan terrenos registrados como patrimonio bajo la administración de la Unidad Administrativa de Bienes Revertidos (UABR) creada con el Decreto Ejecutivo N°67 de 25 de mayo de 2006 y que forma parte del Ministerio de Economía y Finanzas, antiguamente conocida como la Autoridad de la Región Interoceánica (ARI). Estos terrenos colindan con la Carretera Panamericana y con el Área Económica Especial Panamá Pacífico, esta última fue una antigua base militar convertida en una zona de desarrollos mixtos y administrada por la entidad autónoma Agencia Panamá Pacífico. En estos terrenos se ubicarán las alternativas de los campamentos PK 5+200 y PK 5+800 y Trinchera Oeste en el PK 6+250 donde inicia la zona de transición hacia la Estación de Panamá Pacífico, la cual forma parte del proyecto de la Línea 3 del Metro de Panamá.

6.3.2.1. Carta de Anuencia

Como parte de los requisitos mínimos de los Estudios de Impacto Ambiental Categoría III, solicitados por el Ministerio de Ambiente, en el punto 4.1 del artículo 26 del Decreto 123 referente a la información del promotor y la propiedad, se notifica a los propietarios

de los predios colindantes dentro del área de influencia directa, identificados en el proceso de investigación de tenencia de los terrenos a partir de los registros catastrales disponibles en la Autoridad Nacional de Titulación de Tierras (ANATI) y Registro Público de Panamá, del proceso de estudio de impacto ambiental a través de una Carta de Anuencia, que firman dichos propietarios directos o representantes legales de cada propiedad.

Luego de realizar una investigación en una gran cantidad de fincas dentro del área de influencia directa, se concluye que los propietarios principales de las fincas en torno al proyecto son:

Figura N°6-20: Propietarios de fincas en el AID del proyecto



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

- **Autoridad del Canal de Panamá**

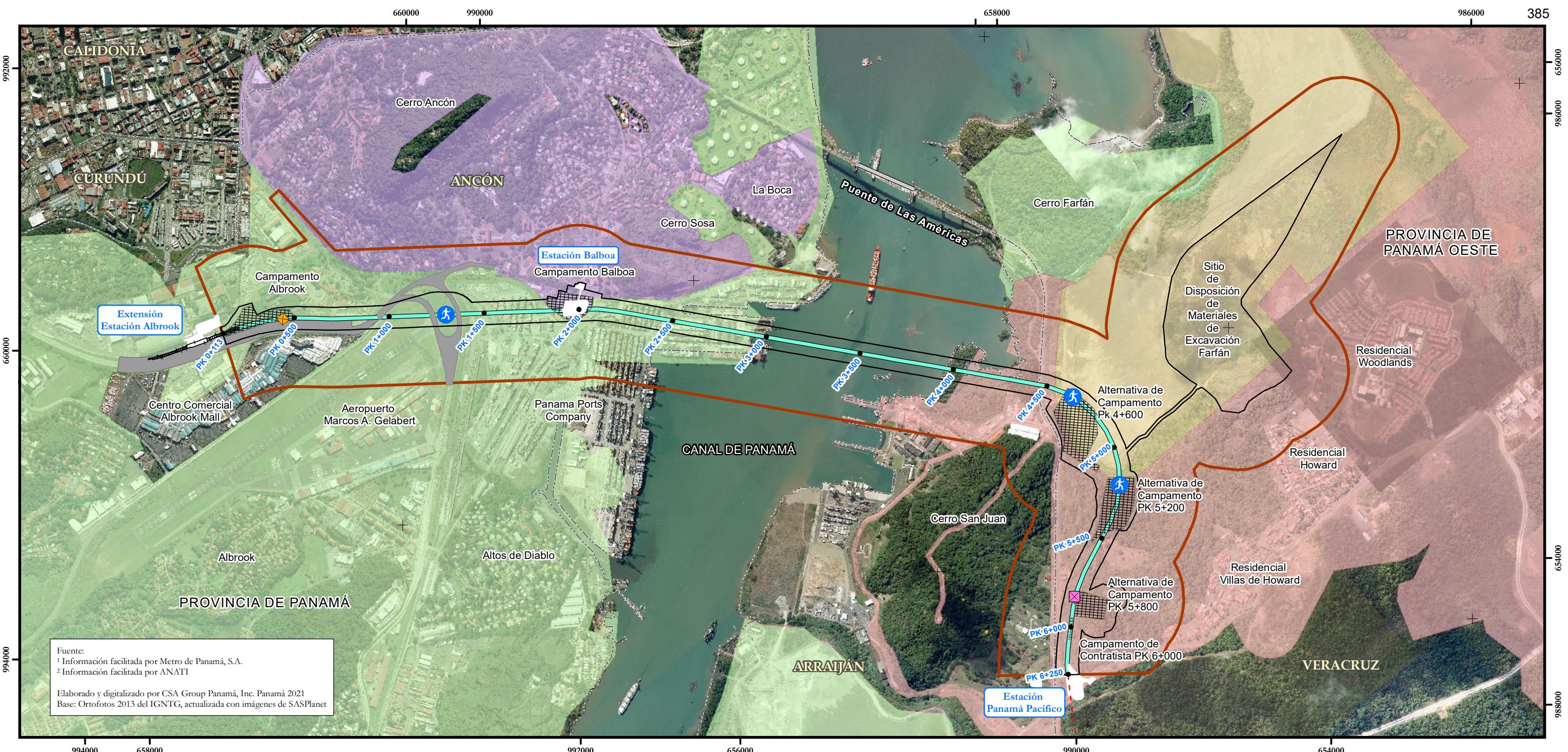
La Autoridad del Canal de Panamá manifiesta la anuencia del desarrollo del proyecto objeto del presente Estudio, mediante la Resolución N° ACP-JD-RM-20-1158, del 01 de octubre de 2020: *“Por la cual se aprueba el permiso de compatibilidad con la operación del Canal para el diseño, transporte, suministro, construcción, equipamiento, instalación, pruebas, puesta en servicio y garantías del proyecto Línea 3 del Metro de Panamá, así como para las actividades de construcción relacionadas a ese proyecto, a ejecutarse entre los distritos de Panamá, Provincia de Panamá, y Arraiján, Provincia de Panamá Oeste”*. (Ver Anexo 4-2)

- **Unidad Administrativa de Bienes Revertido**

La Unidad Administrativa de Bienes Revertido emitió a Metro de Panamá, S.A. la Carta de Anuencia (ver Anexo 4-3), en la cual hace constar de su conocimiento sobre el desarrollo del proyecto e indica las fincas de su propiedad que están dentro del área de influencia directa del proyecto, a saber:

- Finca Nº 146144 con código de ubicación 8720 plano Nº 80814-76563
- Finca Nº 161696 con código de ubicación 8720 plano Nº 80814-81521
- Finca Nº 182954 con código de ubicación 8720 plano Nº 80814-87768

A continuación, en el Mapa de Anuencia se muestra la ubicación geográfica de las Fincas.



Leyenda

- PK cada 500 m
- Trinchera /Pozo de Extracción Este¹
- Trinchera/Pozo de Ataque Oeste¹
- Posible Pozo de Evacuación¹
- Alineamiento del Proyecto¹
- Línea 3 del Metro¹
- Zona de Transición¹
- Campamento¹
- Estación¹
- Límite de Corregimiento
- Servidumbre Vial
- Área de Influencia
 - Área de Influencia Directa (AID)
 - Área de Influencia Indirecta (All)
- Fincas Afectadas²
 - N° 146144
 - N° 161696
 - N° 182954
 - N° 195846



Escala: 1:20,000

Sistema de Coordenadas: WGS 1984, UTM
Zona 17N Proyección - Transversal de Mercator.

LOCALIZACIÓN REGIONAL



ANUENCIAS

Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Proyecto de Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá

Promotor:



Consultor:



6.3.3. Capacidad de uso y aptitud.

La capacidad de uso se define como el potencial que tiene una unidad de suelo para ser utilizada de una manera sostenida sin sufrir deterioro en su capacidad productiva. Para la caracterización de la Capacidad de Uso del suelo se utilizó el método del Servicio de Conservación de los Suelos de la Secretaría de Agricultura de los Estados Unidos, en donde las tierras se han clasificado en 8 clases que se designan con números romanos que van del I al VIII. De la clase I a IV son tierras de uso agrícola, de la V a VII son de uso para pastos, frutales y forestales y la clase VIII son tierras para parques, reservas y otras²⁵.

En el Mapa de Capacidad Agrológica del Suelo se muestra que los suelos que comprenden el Proyecto se encuentran Clase IV, VI y VII. A continuación, se describen cada uno de ellos²⁶:

- **Clase IV:** Arable, muy severas con 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.

Esta clase se encuentran en su totalidad en los Tramo 1, lado Este y el Tramo 2, lado Este, iniciando en el PK 0+113 hasta el PK 3+000, donde se encuentran la Trinchera Este, Pozo de Extracción Este, Posible Pozo de Evacuación (PK 1+300), Campamento Este (Albrook), Campamento Este (Balboa) y la Estación Balboa (subterránea). En el Tramo 2, lado Oeste, se localiza este uso en la alternativa de campamento PK 5+800 y el campamento de contratista hasta el PK 6+250 previo a la Estación de Panamá Pacífico.

²⁵ 2007, Atlas Nacional del Instituto Tommy Guardia Nacional, Mapa Clase de Tierra según su capacidad de uso, escala 1: 1,000,000.

²⁶ Proyecto de Desarrollo Integrado de la Región Oriental, OEA, 1978

- **Clase VI:** No arables, con limitaciones severas. Los suelos que comprenden esta clase presentan limitaciones severas que los hacen generalmente inapropiados para llevar a cabo, en forma normal, cultivos de carácter intensivo. Los problemas o deficiencias más importantes, que se presentan, están vinculados estrechamente a condiciones edáficas como profundidad efectiva limitada, presencia de grava, fertilidad natural generalmente baja, y a características topográficas desfavorables, y por consiguiente a susceptibilidad a la erosión. La capacidad productiva de esta clase de tierras puede ser mantenida y mejorada mediante la fijación de cultivos exclusivamente de carácter permanente (mango, mangostín, palma aceitera, cocotero, piña, nance, marañón, maracuyá, cítricos, ciruelo y otros frutales nativos), y la aplicación de prácticas de conservación en base a cultivos de cobertura, plantaciones con terrazas del tipo escalonado.

Este tipo de suelo se localizan en el Tramo 2, lado Oeste donde se ubican las instalaciones del SENAN, cercana al PK 3+960, donde pasará el alineamiento.

- **Clase VII:** No arable, con limitaciones muy severas, se localizan principalmente en áreas muy empinadas y muy a menudo asociadas con tierras de la Clase VIII, con topografía abrupta y pendientes extremadamente empinadas. Se extienden sobre las laderas disectadas de las formaciones montañosas, aunque también suelen encontrarse ocupando sectores planos a ligeramente depresionados. Las condiciones físicas de estas tierras son deficientes debido a que reúnen una mezcla de suelos superficiales a moderadamente profundos. Dichos suelos están afectados por pendientes muy pronunciadas, fertilidad natural baja, presencia de grava y muchas veces rocosidad superficial. Además, tienen problemas severos de erosión hídrica potencial, pues el régimen pluvial en esa zona es acentuado y el drenaje muy defectuoso.

En este uso se localizan las alternativas de campamentos PK 4+600, Posible pozo de ventilación, evacuación y bombeo (PK 4+650), Posible pozo de evacuación

(PK 5+200), las alternativas de Campamento PK 5+200, Campamento PK 5+800, Pozo de ataque Oeste, Trinchera Oeste.

Dentro del área de Influencia Directa del Proyecto, los suelos que ocupan mayor extensión son los suelos Clase VI que comprenden una superficie de 79.78ha que equivalen al 55.18% de la superficie dentro del AID como se muestran en la Tabla N° 6-16.

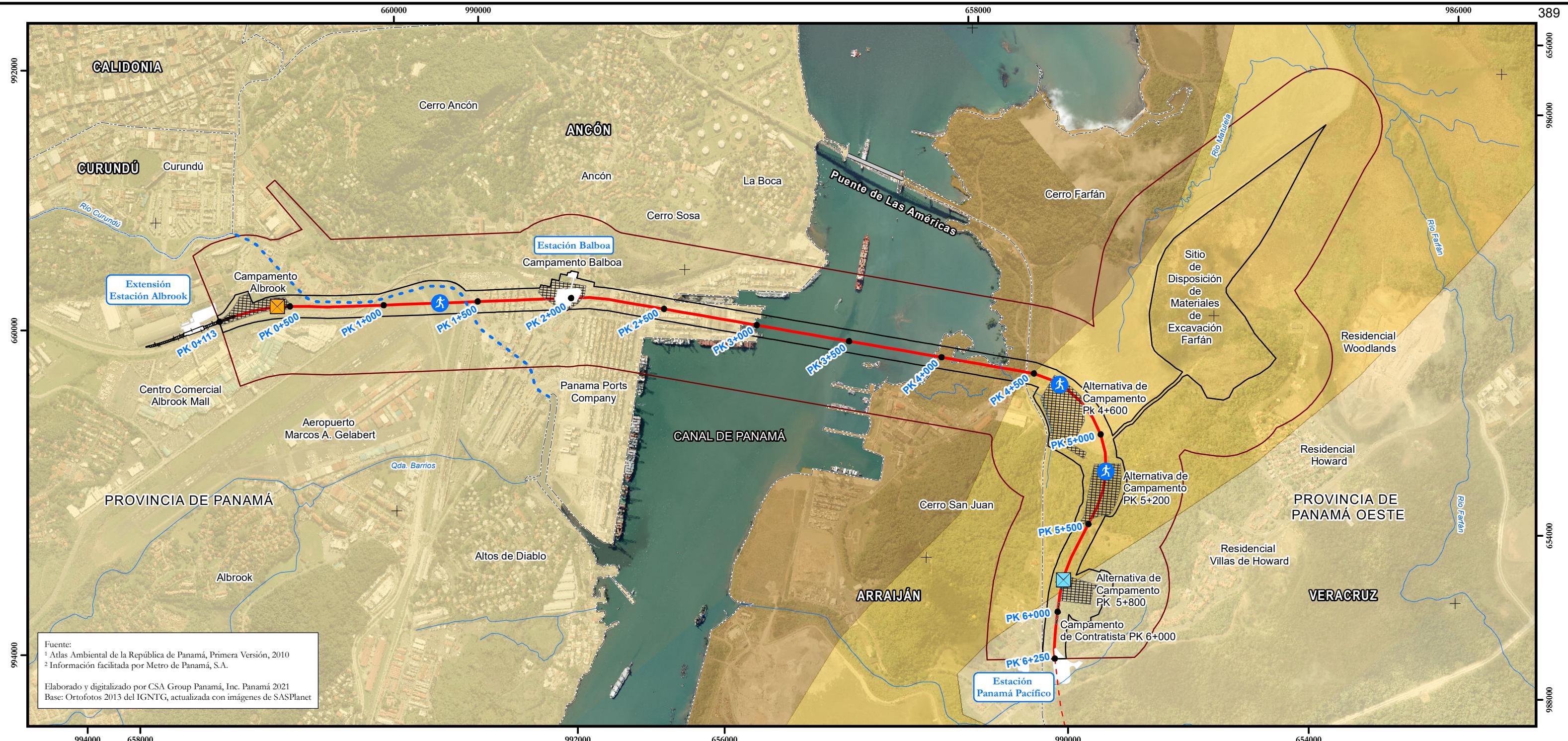
Tabla N°6-16: Capacidad Agrológica de los suelos en el Área de Influencia Directa del Proyecto el Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá.

CATEGORÍA DE CAPACIDAD AGROLÓGICA	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID)	
	SUPERFICIE (HA)*	PORCENTAJE (%)
IV	46.51	32.17
VI	79.78	55.18
VII	9.70	6.71

*El área de influencia directa incluye 8.59ha que corresponde, cubiertos de agua, los porcentajes son calculados considerando las zonas acuáticas.

Fuente: *Atlas Ambiental de la República de Panamá, Primera Versión, 2010.*
Datos obtenidos mediante el SIG de CSA Group Panamá, Inc.

Cabe señalar, que la mayor parte del alineamiento del Proyecto se encuentra por debajo de áreas desarrolladas, razón por la cual los suelos actualmente no presentan un uso agrológico.



- Leyenda**
- PK cada 500 m
 - Estación²
 - Trinchera / Pozo de Extracción Este²
 - Trinchera/Pozo de Ataque Oeste²
 - Posible Pozo de Evacuación²
 - Alineamiento del Proyecto²
 - - - Línea 3 del Metro²
 - Zona de Transición²
 - Ríos Principales

- Campamento²
- Cajón del Río Curundú¹
- Límite de Corregimiento
- Área de Influencia
- Área de Influencia Directa (AID)
- Área de Influencia Indirecta (AII)

Capacidad Agrológica ¹	
Clases	Clase de Tierra según su Capacidad
IV	Arable, muy severa limitaciones en la selección de las plantas
VI	No arable, con limitaciones severas
VII	No arable, con limitaciones muy severas



Escala: 1:20,000
 0 250 500 1,000 m
 Sistema de Coordenadas: WGS 1984, UTM
 Zona 17N Proyección - Transversal de Mercator.

CAPACIDAD AGROLÓGICO DEL SUELO

Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Proyecto de Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá

Promotor: METRO DE PANAMÁ

REPÚBLICA DE PANAMÁ
GOBIERNO NACIONAL

Consultor: CSA GROUP EST. 1956

6.4. Topografía.

Para la descripción de la topografía del área de influencia directa del proyecto se utilizó el Mapa Topográfico, hoja Panamá a escala 1: 50,000 del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” (IGNTG).

La topografía se describirá en sentido Este – Oeste, sin embargo, es importante tomar en consideración que el proyecto es un monorriel de transporte urbano masivo, el cual inicia su recorrido en la futura Extensión de la Estación Albrook. Este estudio contempla su inicio en PK 0+113, siendo este el punto de transición para alcanzar el nivel de la estructura del tramo soterrado de aproximadamente 5.3km (PK 0+500 – PK 5+800), para luego ascender de forma progresiva hasta unirse al viaducto elevado de la Línea 3 del Metro en la Estación de Panamá Pacífico (ubicada en el PK 6+250).

Tramo 1, lado Este:

En el lado Este iniciando desde PK 0+113, donde el alineamiento recorre paralelo al Corredor Norte, atravesando parte de los terrenos de Aeropuerto Marcos A. Gelabert, la Avenida Omar Torrijos y Panama Ports Companny, se presenta un relieve suave, casi plano, con elevaciones comprendidas entre los 2 y 5 msnm. Es importante tener en consideración que esta área se encuentra ubicada dentro de una zona altamente urbanizada e intervenidas, con diversas estructuras viales y pocas áreas verdes.

Tramo 2, lado Este:

Entre las cotas más elevadas del lado Este tenemos el Cerro Sosa, el cual tiene una elevación máxima de 112 msnm, se localiza cerca de la Estación Balboa (subterránea), frente a Panama Ports Company en la Ave. Emanuel Vergara.

Tramo 2, lado Oeste:

El alineamiento continúa su recorrido atravesando el canal de navegación del Canal de Panamá (PK 3+000 al PK 3+600) hasta llegar al lado Oeste, cruza el área de manglares en Farfán cercano al terreno del SENAN, atraviesa la Carretera Panamericana hasta la alternativa del Campamento PK 4+600 y el Sitio de Disposición de material de

excavación Farfán de la ACP, ambos lugares están identificados en el mapa topográfico como zona pantanosa.

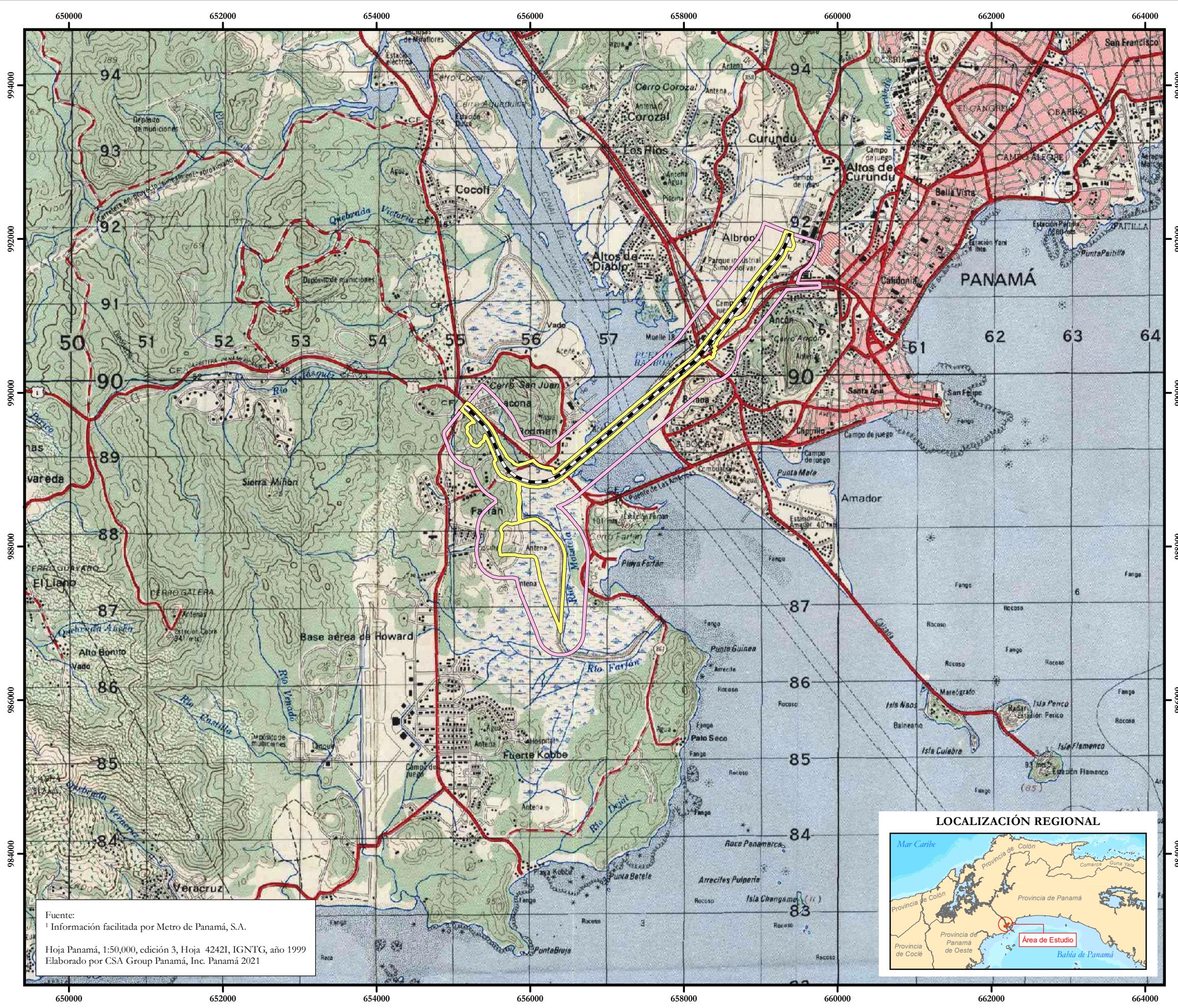
El alineamiento pasa por las faldas de un cerro sin nombre, donde se encontrarán las alternativas de los campamentos PK 5+200, PK 5+800 y campamento del contratista, el alineamiento sigue de forma paralela a la Carretera Panamericana hasta llegar a la Estación Panamá Pacífico en el PK 6+250. Cabe señalar que al frente del área de campamentos se ubica el Cerro San Juan, en el margen derecho de la Carretera Panamericana en dirección a Panamá Oeste, el cual presenta una elevación 142 msnm.

6.4.1. Mapa topográfico o plano, según área a desarrollar a escala 1: 50,000.

A continuación, se presenta el Mapa Topográfico, hoja Panamá a escala 1: 50,000 del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” el cual fue elaborado con la colaboración de la Agencia Cartografía de Defensa Servicio Geodésico Interamericano, correspondiente a la edición 3-IGNTG, serie E762, Hoja 4242 I, en el mismo se muestra el alineamiento del proyecto y sus áreas de influencia.

Adicional se presenta el Mapa de Galería de Ortofotos e Imágenes Satelitales, el cual contiene las bases de los mapas elaborados para el presente EsIA:

- Ortofotos del Proyecto actualización cartográfica 2013 del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”.
- Imágenes satelitales de alta resolución del Programa SAS.Planet.



Sistema de Coordenadas, WGS 1984 UTM
Zona 17N Proyección - Transversal de Mercator.

Leyenda

- Alineamiento del Proyecto¹
- Área de Influencia Directa (AID)
- Área de Influencia Indirecta (All)
- CAMINOS**
 - Autopista
 - Carretera pavimentada transitable todo el año
 - Carretera de superficie ligera, transitable todo el año
 - Camino de tierra
- Ferrocarril**
- Señal de ruta Primaria, Secundaria
- Puente, Viaducto
- LÍMITES**
 - Internacional
 - Provincia
 - Distrito
 - Corregimiento
 - Comarca
- VEGETACIÓN Y USO DE SUELO**
 - Bosque; Manglar
 - Matorral; Árboles dispersos
 - Huerto, Plantación; Ciénaga o Pantano
 - Terreno sujeto a inundación; Arrozal
- LUGARES Poblados**
 - Área urbana
- ESTRUCTURAS**
 - Cementerio; Hospital
 - Marca terrestre; Tanque
 - Edificio; Escuela; Iglesia
 - Línea transmisora de energía eléctrica
 - Represa: Cemento, Tierra
- HIDROGRAFÍA**
 - Río, Quebrada
 - Lago, Laguna; Pozo; Manantial
- RELIEVE**
 - Cota Fija
 - Cota comprobada; No comprobada
 - Dique
- GEODESIA**
 - Estación CORS; Red básica
 - Red primaria; Punto de control vertical

Promotor: METRO DE PANAMÁ REPÚBLICA DE PANAMÁ GOBIERNO NACIONAL

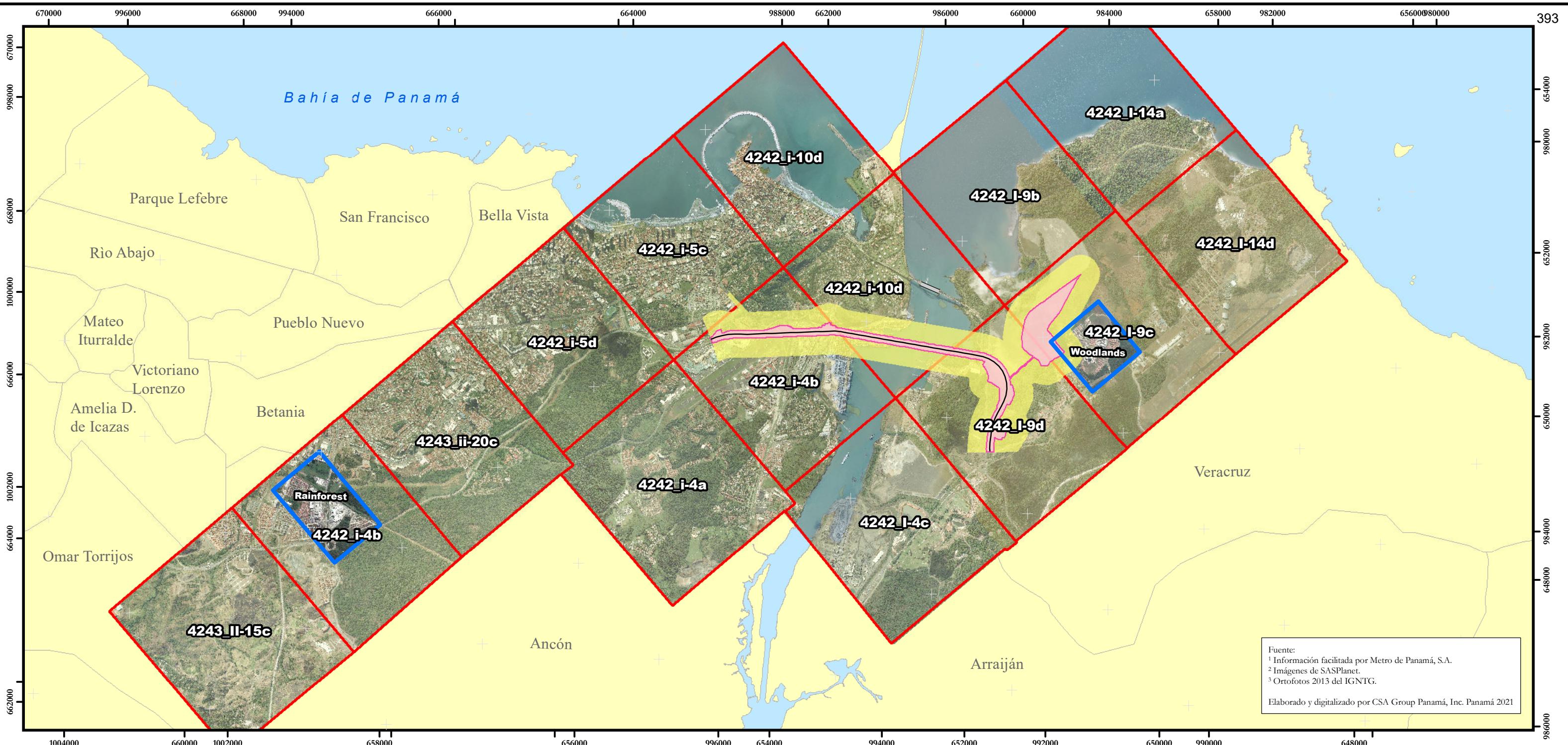
Consultor: CSAGROUP EST. 1958



LOCALIZACIÓN REGIONAL

MAPA TOPOGRÁFICO 1:50,000

Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Proyecto de Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá



Leyenda

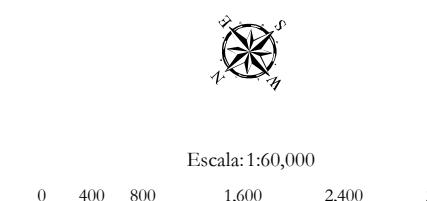
- Alineamiento del Proyecto ¹
- Área de Influencia Directa (AID)
- Área de Influencia Indirecta (All)
- Corregimientos
- Imágenes de Satelitales ²
- Ortofotos ³

INDICE DE ORTOFOTOS - IMÁGENES

Id	Número de Ortofotos	Id	Número de Ortofotos
1	4242_I-14a	12	4242_I-4a
2	4242_I-14d	13	4243_II-20c
3	4242_I-9b	14	4242_I-4b
4	4242_I-9c	15	4243_II-15c
5	4242_I-10d		
6	4242_I-10d		
7	4242_I-9d		
8	4242_I-5c		
9	4242_I-4b		
10	4242_I-4c		
11	4242_I-5d		

Imágenes de Satelite	
16	Woodlands
17	Rainforest

LOCALIZACIÓN REGIONAL



GALERÍA DE ORTOFOTOS E IMÁGENES SATELITALES

Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Proyecto de Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá

Promotor:



Consultor:



6.5. Clima.

El clima es el conjunto de los valores promedios de las condiciones atmosféricas que caracterizan una región. Para el estudio del clima en el área de estudio, se analizaron los siguientes elementos ambientales:

Figura N°6-21: Elementos ambientales que se utilizaron en el análisis del clima



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Para el análisis y desarrollo de las descripciones de los principales elementos del clima se utilizaron los datos históricos de 15 Estaciones Meteorológicas ubicadas entre la Provincia de Panamá y Panamá Oeste. El listado de las Estaciones se encuentra en la Tabla N° 6-17 y en la Tabla N° 6-18 muestra los Tipos de Estaciones, los cuales fueron proporcionados por sus operadores mediante los siguientes documentos:

La Autoridad del Canal de Panamá, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, Sección de Meteorología e Hidrología, proporcionó los datos históricos de sus estaciones meteorológicas para los siguientes elementos climáticos: precipitación, evaporación, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, radiación solar (Anexo 6-3.1)

Informe climatológico y estadístico de las provincias de Panamá Oeste y Panamá, para el período de 2010 a 2020, elaborado por la Dirección de Hidrometeorología, Gerencia de Investigación y Aplicaciones Climáticas de la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (Anexo 6-4.1)

Registro de vientos máximos en el área de la ciudad de Panamá, 2012-2020, elaborado por la Dirección de Hidrometeorología, Gerencia de Pronóstico y Vigilancia de la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (Anexo 6-4.2)

En la Tabla N° 6-17 se presenta el listado de las Estaciones Meteorológicas, localizadas entre las provincias de Panamá y Panamá Oeste, utilizadas para el análisis de los elementos ambientales del presente Estudio, las mismas son ubicadas geográficamente en el Mapa de Ubicación de Estaciones Meteorológicas para una mejor referencia.

Tabla N°6-17: Lista de Estaciones Meteorológicas Utilizadas para el Desarrollo del Estudio ubicadas en las Provincias de Panamá y Panamá Oeste

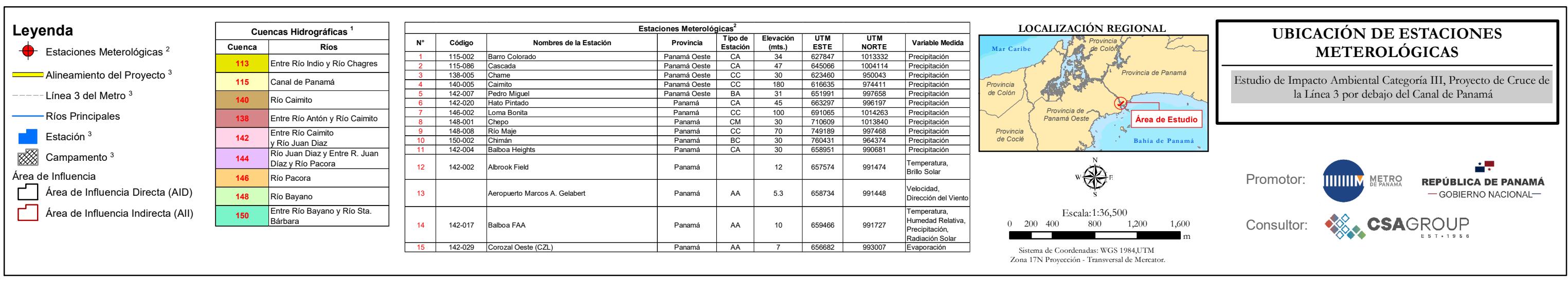
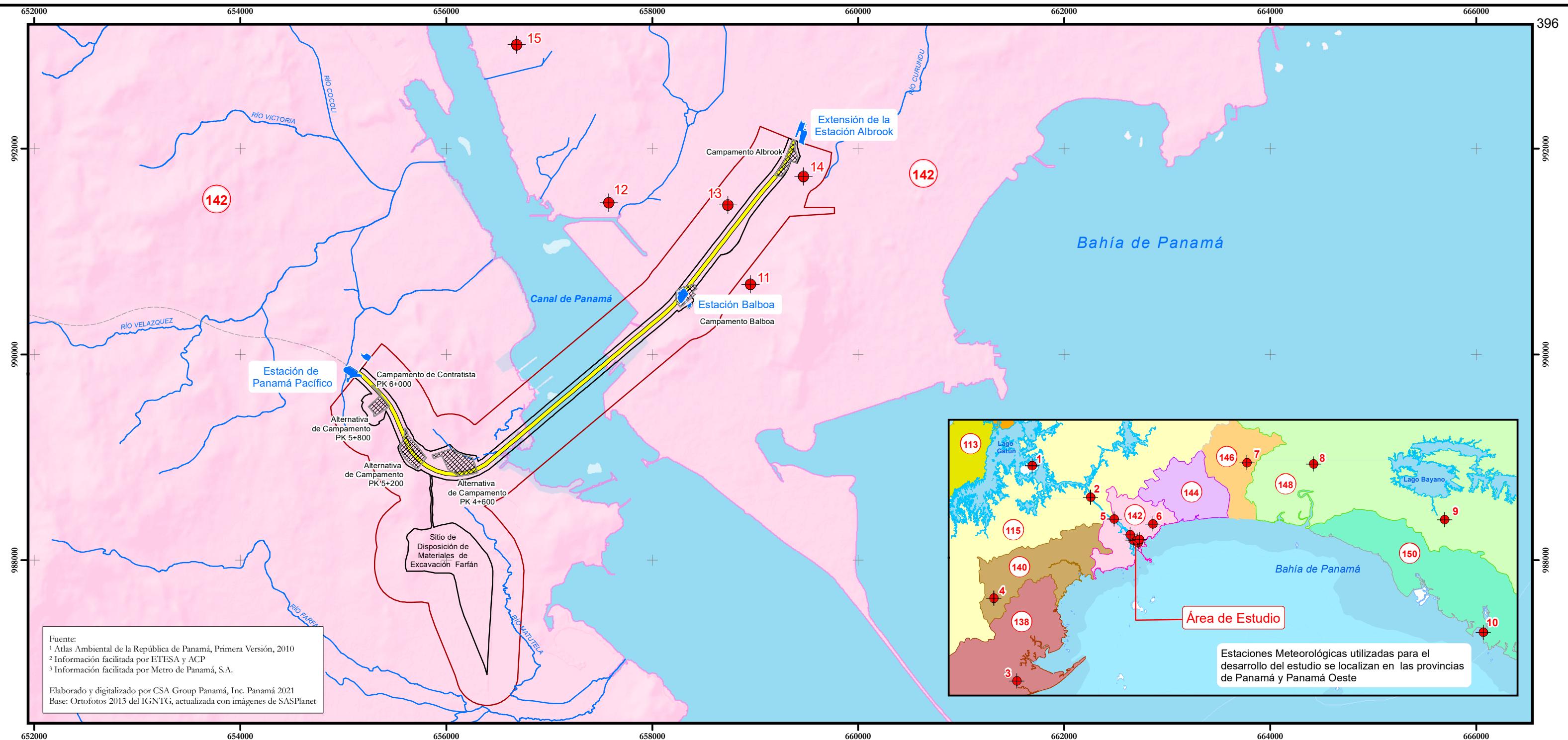
CÓDIGO	NOMBRE	PROVINCIA	TIPO DE ESTACIÓN	ELEVACIÓN msnm	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	OPERADOR	PERIODO DE ESTUDIO	VARIABLES ANALIZADAS
115-002	Barro Colorado	Panamá Oeste	CA	34	627847	1013332	ETESA	2010-2020	• Precipitación
115-086	Cascadas	Panamá Oeste	CA	47	645066	1004114	ETESA	2010-2020	
138-005	Chame	Panamá Oeste	CC	30	623460	950043	ETESA	2010-2020	
140-005	Caimito	Panamá Oeste	CC	180	616635	974411	ETESA	2010-2020	
142-007	Pedro Miguel	Panamá Oeste	BA	31	651991	997658	ETESA	2010-2020	
142-020	Hato Pintado	Panamá	CA	45	663297	996197	ETESA	2010-2020	
146-002	Loma Bonita	Panamá	CC	100	691065	1014263	ETESA	2010-2020	
148-001	Chepo	Panamá	CM	30	710609	1013840	ETESA	2010-2020	
148-008	Río Maje	Panamá	CC	70	749189	997468	ETESA	2010-2020	
150-002	Chimán	Panamá	BC	30	760431	964374	ETESA	2010-2020	
142-004	Balboa Heights	Panamá	CA	30	658951	990681	A.C.P.	1981-2020	• Precipitación
142-002	Albrook Field	Panamá		12	657574	991474	ETESA	1937-2003	• Temperatura • Brillo Solar
	Aeropuerto Marcos A. Gelabert	Panamá	AA	5.3	658734	991448	ETESA	2012-2020	• Velocidad y Dirección del Viento
142-017	Balboa FAA	Panamá	AA	10	659466	991727	A.C.P.	2009-2020	• Temperatura • Humedad Relativa • Precipitación • Radiación Solar
142-029	Corozal Oeste (CZL)	Panamá	AA	7	656682	993007	A.C.P.	2009-2020	• Evaporación

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Tabla N°6-18: Tipo de Estaciones Meteorológicas

TIPO DE ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN
CA	Estación tipo C Automática: son estaciones automáticas, lo cual para realizar las mediciones lo hacen a través de sensores y almacenan la información, solo registra la variable de precipitación
CC	Estación tipo C Convencional: son estaciones convencionales, lo cual para realizar las mediciones dependen de un observador meteorológico y solo registra la variable de precipitación.
BA	Estación tipo B Automática: son estaciones automáticas, lo cual para realizar las mediciones lo hacen a través de sensores y almacenan la información, registran hasta siete (7) variables meteorológicas
CM	Estación tipo C Mixta: son estaciones conformada por pluviómetros convencionales y automáticos, siendo un compuesto de los dos tipos de estaciones descritos anterior e igualmente registran la variable de precipitación
BC	Estación tipo B Convencional: son estaciones convencionales, lo cual para realizar las mediciones dependen de un observador meteorológico y registra hasta siete (7) variables meteorológicas.
AA	Estación tipo A Automática: son estaciones automáticas, lo cual para realizar las mediciones lo hacen a través de sensores y almacenan la información, registran hasta siete (7) variables meteorológicas

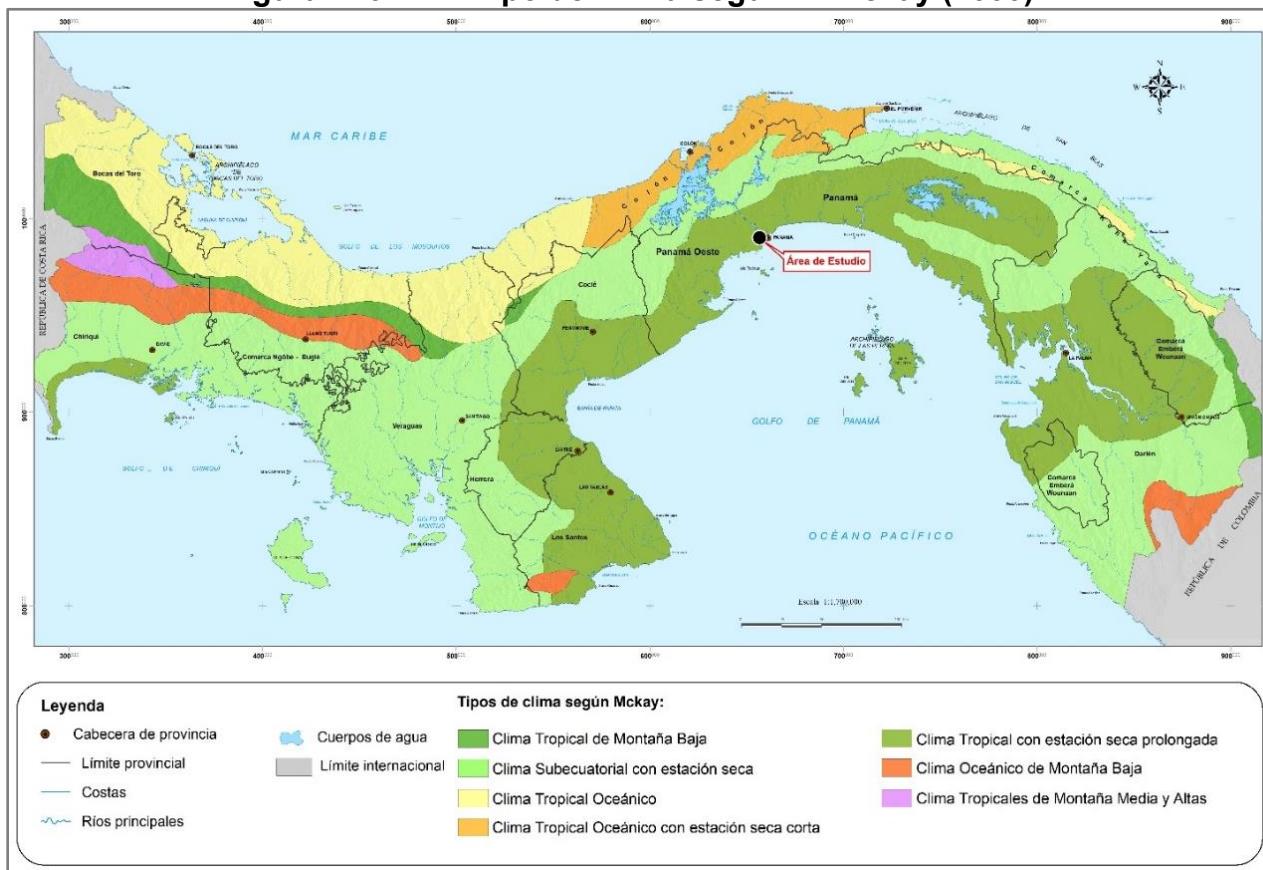
Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A.(ETESA)



6.5.1. Tipo de Clima²⁷

De acuerdo con la clasificación climática de A. McKay (2000), en el Área del Proyecto predomina el *clima tropical con estación seca prolongada*, como se observa en la Figura N° 6-22, el mismo se caracteriza por ser cálido, con temperaturas medias de 27°C a 28°C. Los totales pluviométricos anuales son de 1,122mm a 2,500mm siendo los más bajos de todo el país. La estación seca presenta fuertes vientos, con predominio de nubes medias y altas; hay baja humedad relativa y fuerte evaporación.

Figura N°6-22: Tipo de Clima según A. McKay (2000)



Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá 2010, Tipos de clima, según A. McKay, escala 1: 1,700,000.

6.5.2. Precipitación

Para el desarrollo de la información de precipitación, se utilizó la base de datos de la Dirección de Hidrometeorología de ETESA, registrada por la red de diez (10) estaciones

²⁷ 2010, Atlas Ambiental de la República de Panamá, Tipos de clima (según A. McKay), escala 1: 1,700,000.

meteorológicas que funcionan dentro de los límites de las Provincias de Panamá y Panamá Oeste: Barro Colorado, Caimito, Cascadas, Chepo, Chimán, Loma Bonita, Pedro Miguel, Río Maje, Chame y Hato Pintado; se toma como referencia el período de la Normal Climática (1991-2020, nueva reglamentaria) de las estaciones, y para el presente análisis se utilizan los datos dentro del periodo de estudio entre los años 2019 al 2020. Adicionalmente, se utilizaron los datos de las Estaciones Meteorológica de ACP, Estación Balboa FAA y Balboa Heights para el periodo entre los años 2009-2020, las cuales son las más cercanas del área de estudio. En la Tabla N° 6-19 se muestran los metadatos de la red de estaciones metrológicas utilizadas para precipitación:

Tabla N°6-19: Lista de Estaciones Meteorológicas para la Provincia de Panamá Oeste y Panamá para Precipitación

CÓDIGO	NOMBRE	PROVINCIA	TIPO DE ESTACIÓN	ELEVACIÓN (m)	COORDENADA	
					ESTE	NORTE
115-002	Barro Colorado	Panamá Oeste	CA	34	627847	1013332
115-086	Cascada	Panamá Oeste	CA	47	645066	1004114
138-005	Chame	Panamá Oeste	CC	30	623460	950043
140-005	Caimito	Panamá Oeste	CC	180	616635	974411
142-007	Pedro Miguel	Panamá Oeste	BA	31	651991	997658
142-020	Hato Pintado	Panamá	CA	45	663297	996197
146-002	Loma Bonita	Panamá	CC	100	691065	1014263
148-001	Chepo	Panamá	CM	30	710609	1013840
148-008	Río Maje	Panamá	CC	70	749189	997468
150-002	Chimán	Panamá	BC	30	760431	964374
142-017	Balboa FAA	Panamá	AA	10	659466	991727
142-004	Balboa Heights	Panamá	CA	30	658951	990681

Fuente: <https://www.hidromet.com.pa/es/estaciones-meteorologicas>

- **Análisis Climatológico de las Estaciones Meteorológicas de ETESA ubicadas en las provincias de Panamá y Panamá Oeste, 1991-2020.**

En la Tabla N° 6-20 se presentan los datos de lluvia para las Provincias de Panamá Oeste y Panamá, tomando en cuenta que los valores de la precipitación están dados en

escala mensual y precipitaciones máximas mensuales en milímetros (mm), para las estaciones meteorológicas operadas por ETESA en el periodo histórico entre los años 1991-2020.

Tabla N°6-20: Precipitación Promedio Mensual de las Estaciones Meteorológicas de Panamá Oeste y Panamá, Período 1991 – 2020

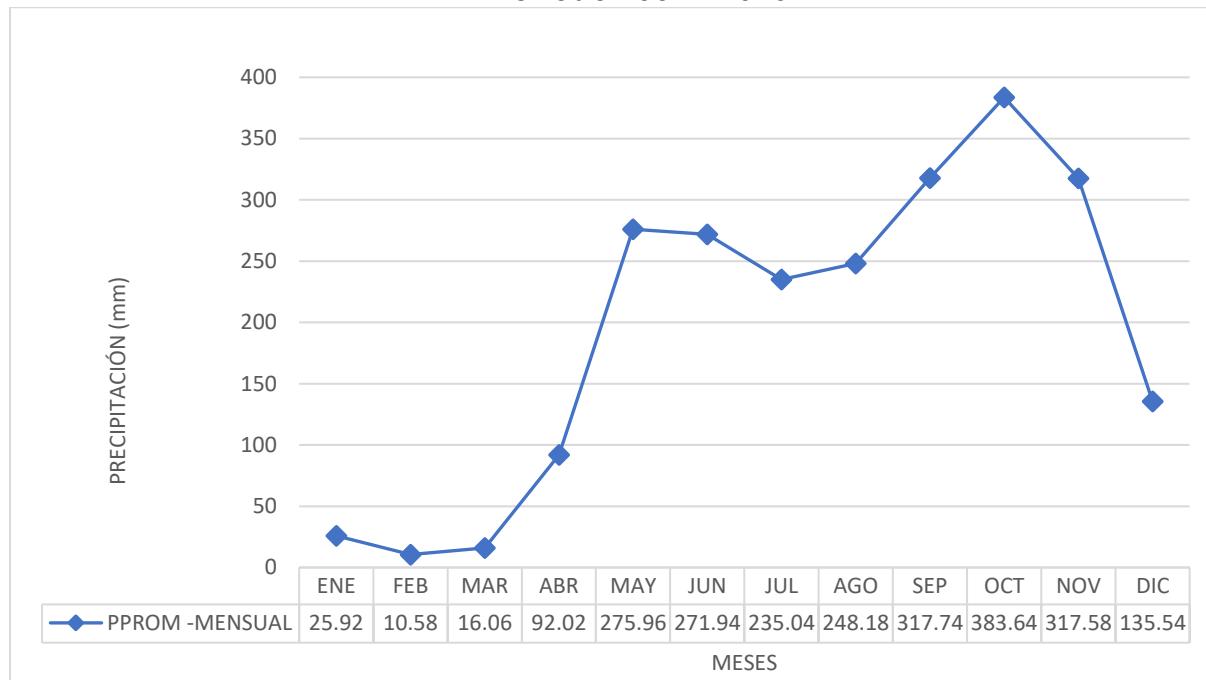
Meses	PANAMÁ					Prom mensual
	Hato Pintado	Loma Bonita	Chepo	Río Maje	Chimán	
ENE	30.7	15.9	16.7	42.1	24.2	25.92
FEB	13.9	7.7	7.4	18.2	5.7	10.58
MAR	24.8	10.1	14.9	25.1	5.4	16.06
ABR	82.6	92.8	81.9	115.7	87.1	92.02
MAY	262.5	313.5	232.6	288.2	283	275.96
JUN	216.3	337	233	310.3	263.1	271.94
JUL	220	233.2	208.6	269.6	243.8	235.04
AGO	217.2	301.5	241.4	272.9	207.9	248.18
SEP	250.4	352.6	290.5	345.4	349.8	317.74
OCT	271.3	470.6	367.1	359.9	449.3	383.64
NOV	290.6	343.8	298.9	316.1	338.5	317.58
DIC	136.8	137	120	151.3	132.6	135.54
PANAMÁ OESTE						
Meses	Estaciones Meteorológicas (mm)					Prom mensual
	Barro Colorado	Cascada	Chame	Caimito	Pedro Miguel	
ENE	70.7	29.7	16	37.6	24.9	35.78
FEB	26.3	10	2.8	16.4	9	12.9
MAR	37.8	20.8	7.5	20.3	21.2	21.52
ABR	103	92.6	51.1	80.3	102.8	85.96
MAY	276.7	249.3	190.4	226.6	245.5	237.7
JUN	273	267.5	192.2	188.9	268.6	238.04
JUL	270.5	239.8	199.2	164.3	259.4	226.64
AGO	272.4	263.3	185.1	200.8	241.2	232.56
SEP	246.6	282.3	198.5	221.6	248.9	239.58
OCT	314.3	287.6	234	259.6	292.5	277.6
NOV	389.5	306	211.1	228	286.5	284.22
DIC	227.6	108.4	78.1	101.2	126.9	128.44

Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA)

En cuanto a la Provincia de Panamá, según los datos históricos entre los años 1991 - 2020, en sus promedios mensuales, se presentan períodos de poca lluvia entre los meses de enero a marzo, con lluvias que no superan los 25mm al mes, mientras que los

meses de abril y diciembre forman parte del periodo de transición y muestran promedios de lluvia de entre 90 y 135mm. El resto de los meses corresponden al periodo lluvioso, los promedios mensuales están entre 235mm y 400mm de lluvia, siendo octubre el mes más lluvioso con 390.4mm como promedio. Podemos concluir que el 88% total anual de la lluvia, ocurre entre los meses de mayo a noviembre y el 12% restante se registran en los meses de diciembre a abril, como se observa en el Gráfico N° 6-1.

Gráfico N° 6-1. Precipitación Promedio Mensual de la Provincia de Panamá, Período 1991 - 2020

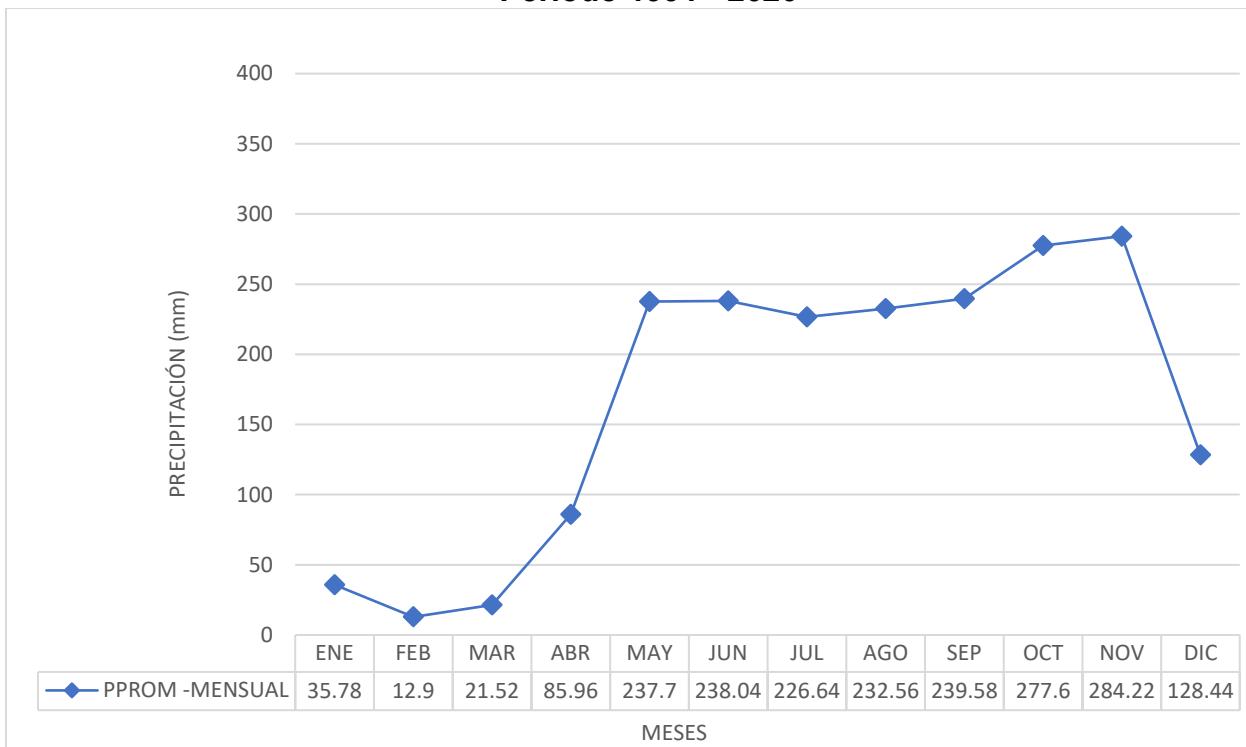


Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc, en base a los datos de Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA)

La Provincia de Panamá Oeste presenta, según sus datos de precipitación promedio mensual en el período histórico entre los años 1991 – 2020, un período poco lluvioso entre enero a marzo con lluvias que no superan los 35mm al mes, mientras que los meses de abril y diciembre forman parte del período de transición y muestran promedios de lluvia de entre 85 y 120mm. El resto de los meses corresponden al período lluvioso, los promedios mensuales están entre 225mm y 285mm de lluvia. Siendo noviembre el mes más lluvioso con 284.2mm como promedio. Podemos concluir que el 86% total anual de la lluvia, ocurre entre los meses de mayo a noviembre (temporada lluviosa), con

máximos en octubre y noviembre; y el 16% restante se registra entre los meses de diciembre – abril, como se observa en el Gráfico N° 6-2.

Gráfico N° 6-2. Precipitación Promedio Mensual de la Provincia de Panamá Oeste, Período 1991 - 2020



Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc, en base a los datos de Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA).

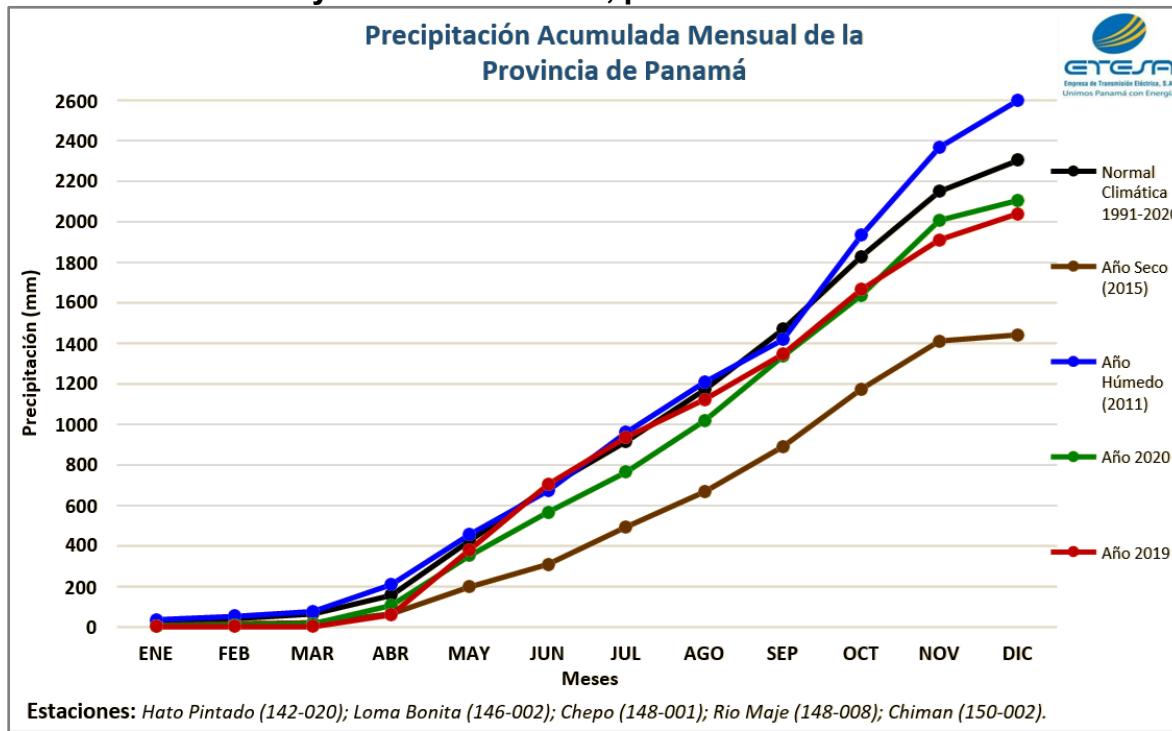
- **Comparativo de la Normal Climática de las Estaciones Meteorológicas de ETESA ubicadas en las provincias de Panamá y Panamá Oeste, 2019-2020.**

A continuación, se presentan gráficos comparativos para ambas provincias, donde se observa la Normal Climática (1991-2020, nueva reglamentaria), cabe señalar que la Normal Climática es la media de los datos climatológicos calculados para los siguientes periodos consecutivos de treinta (30) años; adicional se consideró los datos de los años 2019 y 2020 (últimos años transcurridos del periodo analizado).

Cabe señalar que el año más seco, es aquel que ha registrado los menores montos de precipitación, arrojando déficits de precipitación para la provincia; y el año más húmedo, es aquel que ha registrado los mayores montos acumulados de precipitación, arrojando superávits de precipitación para la provincia.

En la Gráfica N° 6-3 se presenta la comparación de los acumulados de lluvia mensuales de los dos (2) últimos años transcurridos (2019 y 2020, línea de color rojo y verde respectivamente), respecto a la normal climática (1991-2020, línea color negro), el promedio de los años más seco (2015, línea color marrón) y más húmedo (2011, línea azul) para la Provincia de Panamá. Siendo indicativo en promedio la precipitación mensual para ambos años 2019 y 2020, ha sido similar o debajo de su comportamiento climatológico (1991-2020), pero no debajo del año más seco que ha registrado esta provincia (2015), el ligero déficit para ambos años oscila entre el 5% al 15%, aproximadamente.

Gráfico N° 6-3. Comparativo de la Normal Climática, Año Seco, Año Húmedo y Años 2019 – 2020, para la Provincia de Panamá

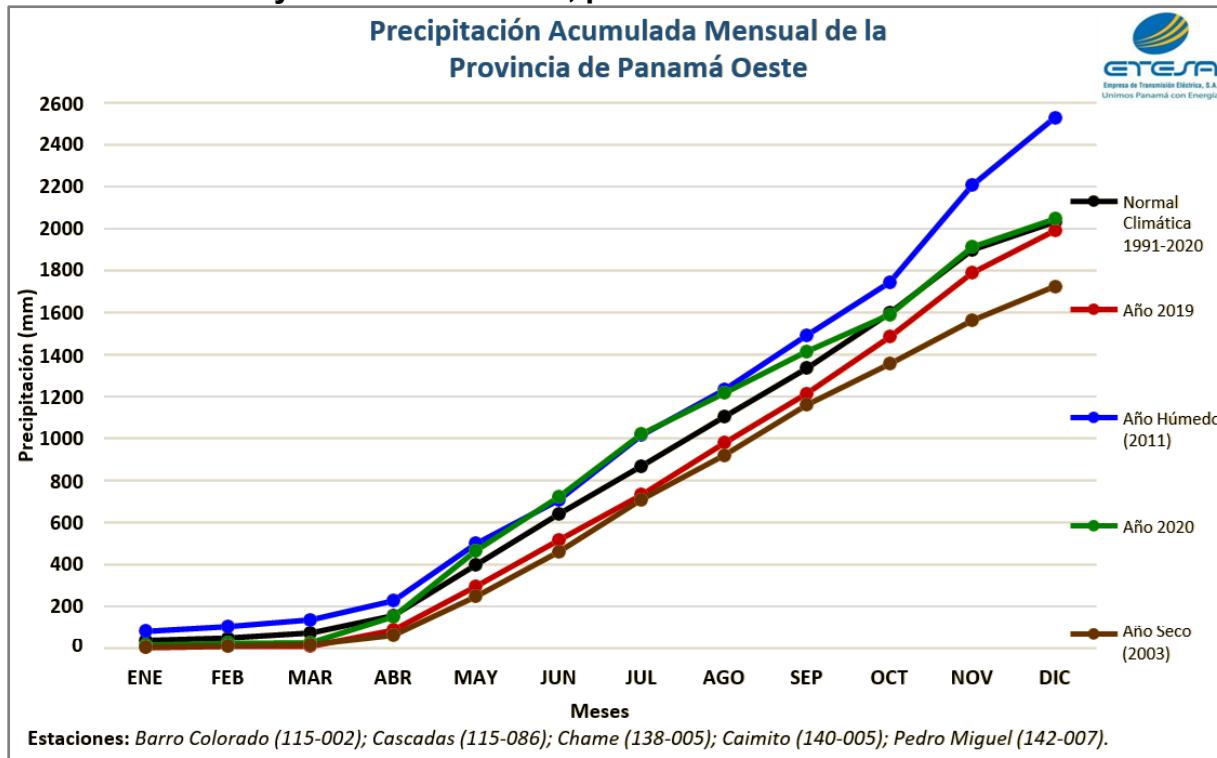


Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA)

Continuando con la misma temática en la Gráfica N° 6-4, se presenta la comparación de los acumulados de lluvia mensuales de los dos últimos años transcurridos (2019 y 2020, línea de color rojo y verde respectivamente), respecto a la normal climática (1991-2020, línea color negro), el promedio del año más seco (2003, línea color marrón) y más húmedo (2011, línea color azul) para la Provincia de Panamá Oeste. Siendo indicativo

en promedio la precipitación mensual para el año 2019, se ha comportado ligeramente debajo de climatología (1991-2020), con un ligero déficit entre el 10% al 20%, aproximadamente; mientras que, el año 2020 se ha comportado casi similar a su climatología (1991-2020), pero con un ligero aumento en promedio del 1% al 5%, aproximadamente.

Gráfico N° 6-4. Comparativo de la Normal Climática, Año Seco, Año Húmedo y Años 2019 – 2020, para la Provincia de Panamá Oeste



Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA)

En Panamá, la precipitación depende básicamente del transporte horizontal de humedad (advección) desde los océanos, por esta razón, la dirección del viento, el relieve y la orientación geográfica del territorio, son factores muy importantes y decisivos en la determinación de la distribución espacial de la precipitación.

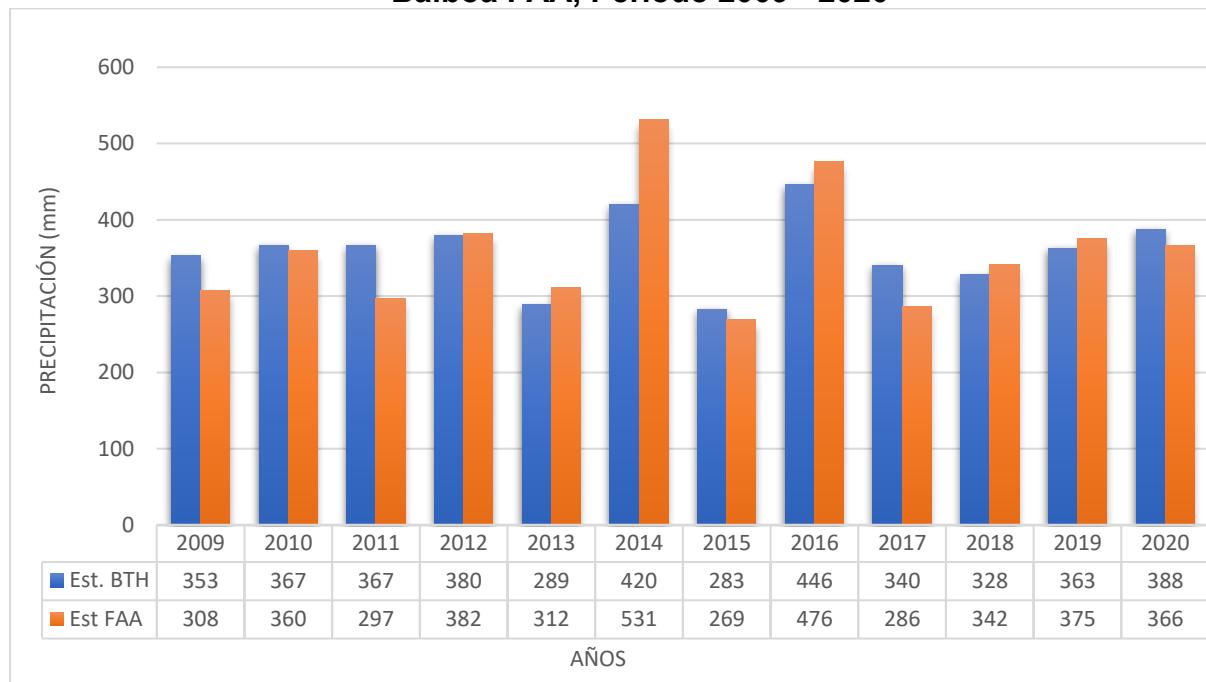
- **Análisis Climatológico de las Estaciones Meteorológicas de ACP cercanas al área de estudio 2009-2020**

Tomando en cuenta la ubicación del proyecto, se analizaron los datos de precipitación de las Estaciones Meteorológicas más cercanas al área de estudio, las cuales son: la

Estación Balboa FAA y Balboa Heights para el período entre los años 2009 – 2020, cabe señalar que ambas estaciones son administradas por la Autoridad del Canal de Panamá.

En la Gráfica N° 6-5 se presentan los valores de precipitación máxima entre los años 2009-2020, donde se muestra que el año 2014 fue el más lluvioso con precipitaciones máximas entre 531mm – 420mm; seguido el 2016, donde se registra un valor máximo de precipitación de 476mm – 446mm; para el periodo entre los años 2019 y 2020, las precipitaciones no superan los 400mm anuales. El año más seco de este periodo es el 2015 con precipitaciones máximas entre 283mm - 269mm.

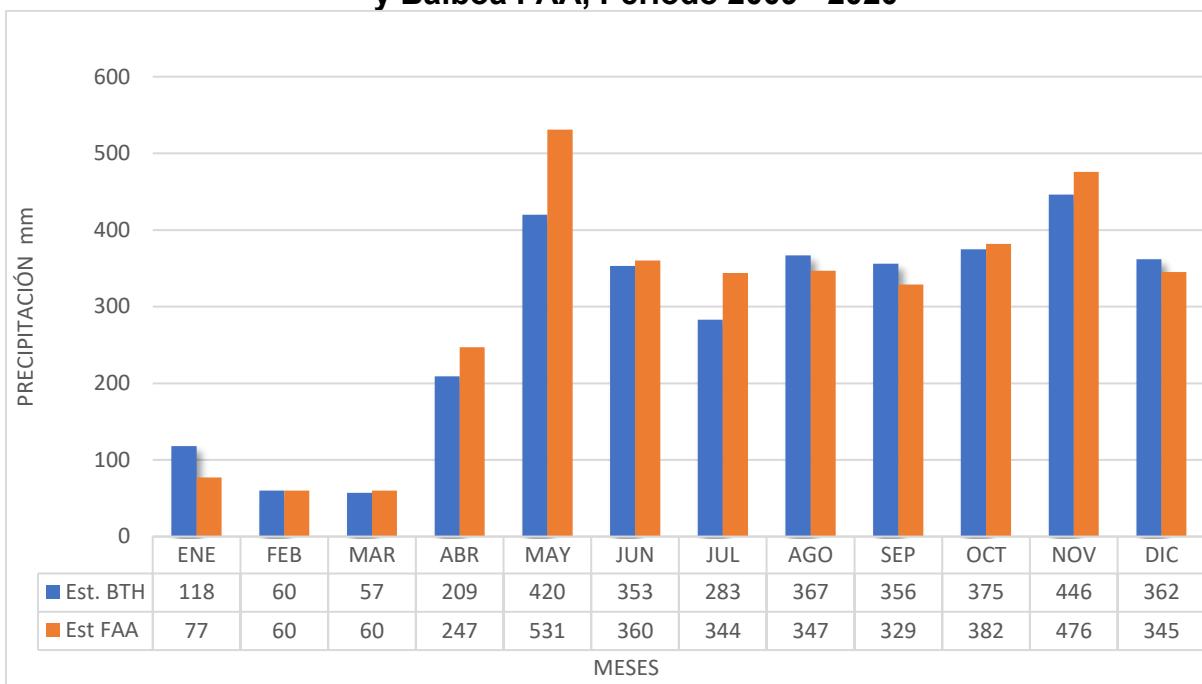
Gráfico N° 6-5. Precipitación Máxima Anual de las Estaciones Balboa Heights y Balboa FAA, Período 2009 - 2020



Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc, en base a los datos proporcionados por la Autoridad del Canal de Panamá (ACP)

En la Gráfica N° 6-6 se muestra los datos de precipitación máxima mensual, observándose un periodo poco lluvioso entre los meses de enero a marzo con lluvias que no superan los 150mm al mes, mientras que los meses de mayo y noviembre presentan el máximo de lluvia de entre 209mm y 476mm.

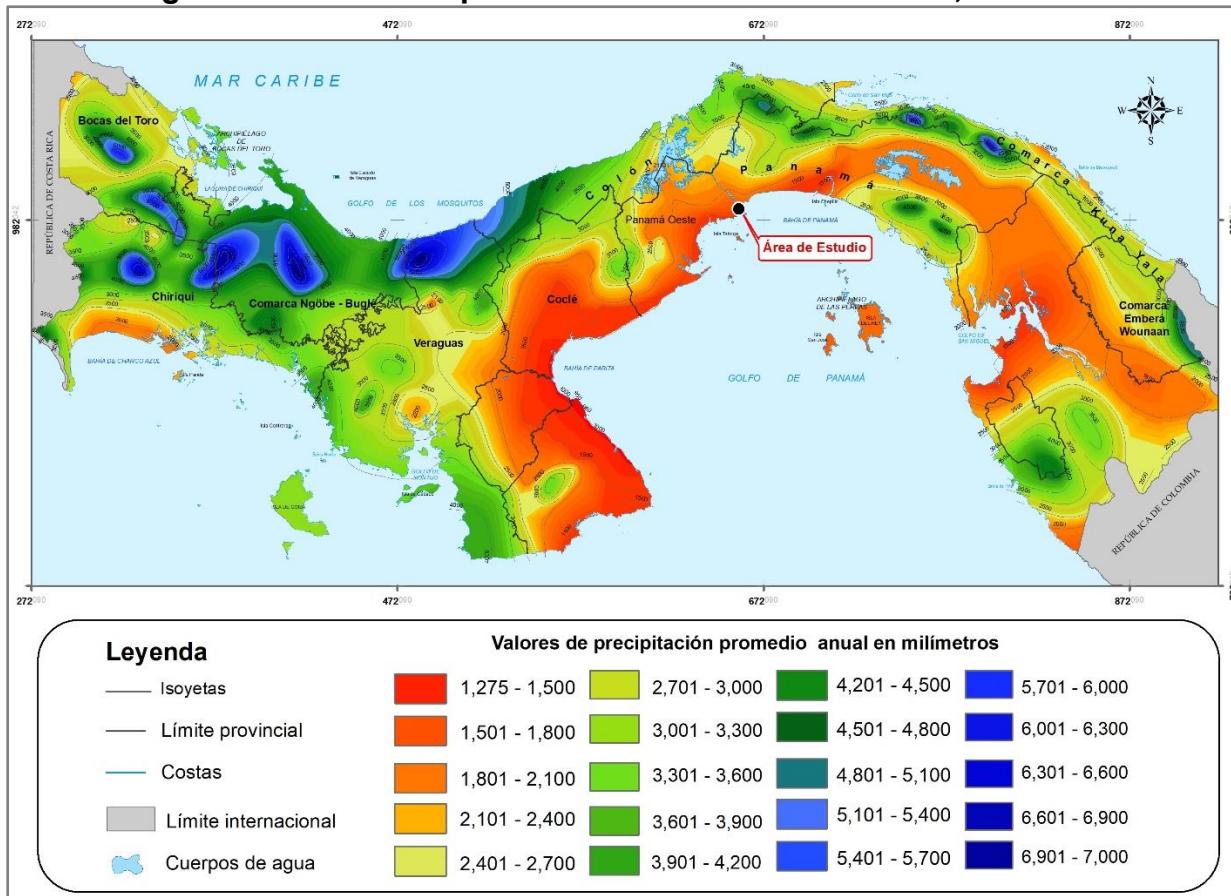
Gráfico N° 6-6. Precipitación Máxima Mensual de las Estaciones Balboa Heights y Balboa FAA, Período 2009 - 2020



Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc, en base a los datos proporcionados por la Autoridad del Canal de Panamá (ACP).

- Precipitación promedio anual, Normal Climatológica (1981-2010)**

Las lluvias en Panamá se caracterizan por ser muy intensas y de corta duración, esto produce valores medios anuales comprendidos entre 1,000 y 7,000mm en todo el país, cuya distribución se muestra en la Figura N° 6-23 la cual permite observar zonas bien definidas con mayor o menor precipitación. El área de estudio se encuentra en una zona de poca precipitación la cual oscila entre 1,275mm a 2,400mm de acuerdo con la normal climatológica reglamentaria.

Figura N°6-23: Precipitación media anual de Panamá, 1981-2010


Fuente: *Atlas Ambiental de la República de Panamá, 2010.*

6.5.3. Temperatura

Para la interpretación de los datos de temperatura se utilizaron los registros históricos de las siguientes estaciones meteorológicas, según Tabla N° 6-21:

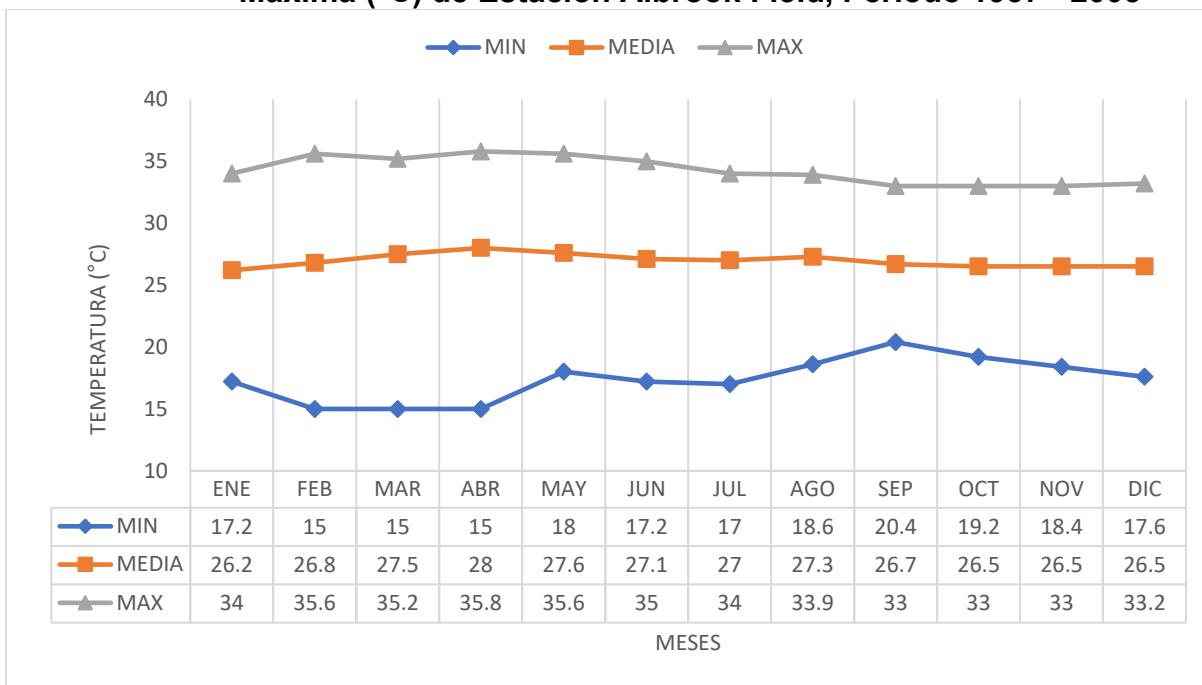
Tabla N°6-21: Estaciones Meteorológicas - Temperatura

ESTACIONES METEOROLÓGICAS - TEMPERATURA		
ESTACIÓN	Albrook Field (142-002)	Balboa FAA (142-017)
COORDENADA ESTE	657574	659466
COORDENADA NORTE	991474	991727
ELEVACIÓN	12 m.s.n.m.	10 m.s.n.m.
AÑOS DE REGISTRO EVALUADOS	01/01/1937 30/04/2003	01/01/2009 12/31/2020
OPERADOR	E.T.E.S.A.	A.C.P.

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

De acuerdo con los datos históricos obtenidos de la Estación Albrook Field (142-002) para el periodo comprendido entre los años 1937 hasta 2003, la temperatura del aire promedio anual es de 27°C y la temperatura promedio mensual oscila entre 26.2°C y 28°C. En la Gráfico N° 6-7 se muestra la variación mensual de la temperatura mínima, media y máxima, registradas a lo largo de 66 años.

Gráfico N° 6-7. Variación Mensual de la Temperatura Mínima, Media y Máxima (°C) de Estación Albrook Field, Período 1937 - 2003

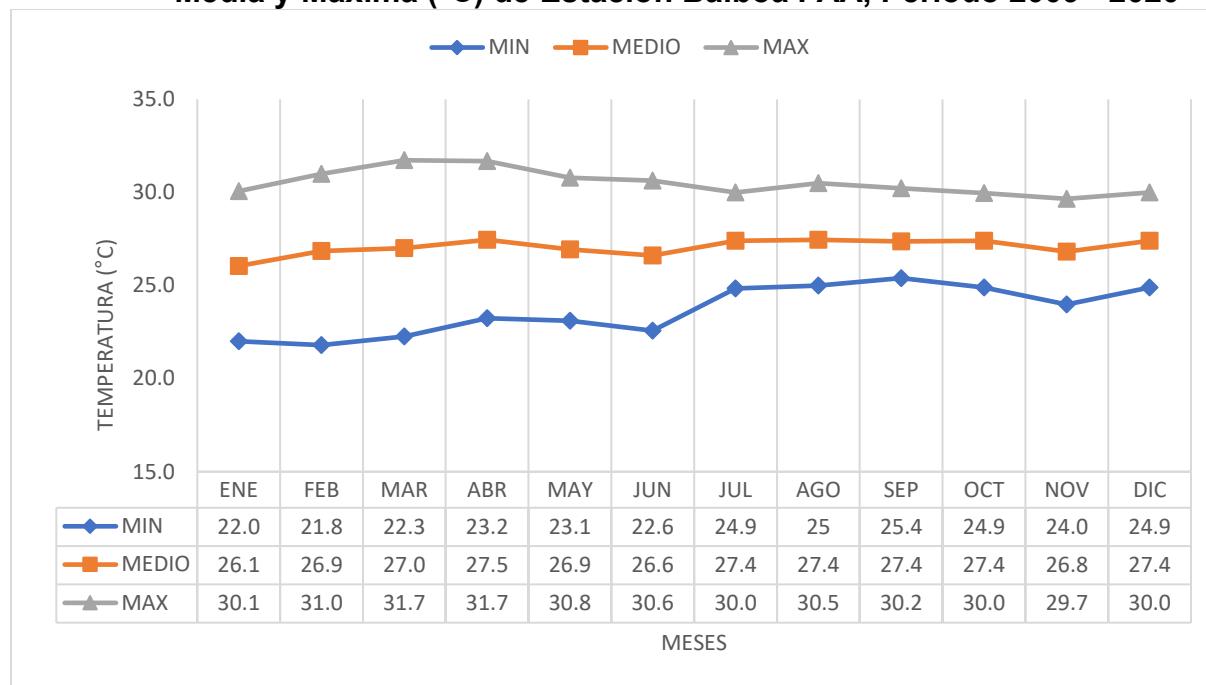


Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc, en base a los datos de la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (E.T.E.S.A.)

- **Temperatura máxima:** el mes más cálido con el máximo promedio de temperatura alta es abril (35.8°C). Los meses con el promedio de temperatura alta más bajos son de septiembre a noviembre (33°C).
- **Temperatura mínima:** el mes con el promedio de temperatura baja más alto es septiembre (20.4°C). Los meses más fríos con el promedio de temperatura baja más bajo son de febrero hasta abril (15°C).
- **Temperatura media:** el mes con el promedio de temperatura media más alto es abril (28°C). El mes más frío con el promedio de temperatura media más bajo en enero (26.2°C).

Adicional se analizaron los datos históricos obtenidos de la Estación Balboa FAA para los períodos comprendidos entre los años 2009 hasta 2020, la temperatura del aire promedio anual es de 27°C y la temperatura promedio mensual oscila entre 26.1°C y 27.5°C. En el Gráfico N° 6-8 se muestra la variación mensual de la temperatura mínima, media y máxima, registrados en los últimos 11 años.

Gráfico N° 6-8. Variación Mensual de la Temperatura Mínima, Media y Máxima (°C) de Estación Balboa FAA, Período 2009 - 2020

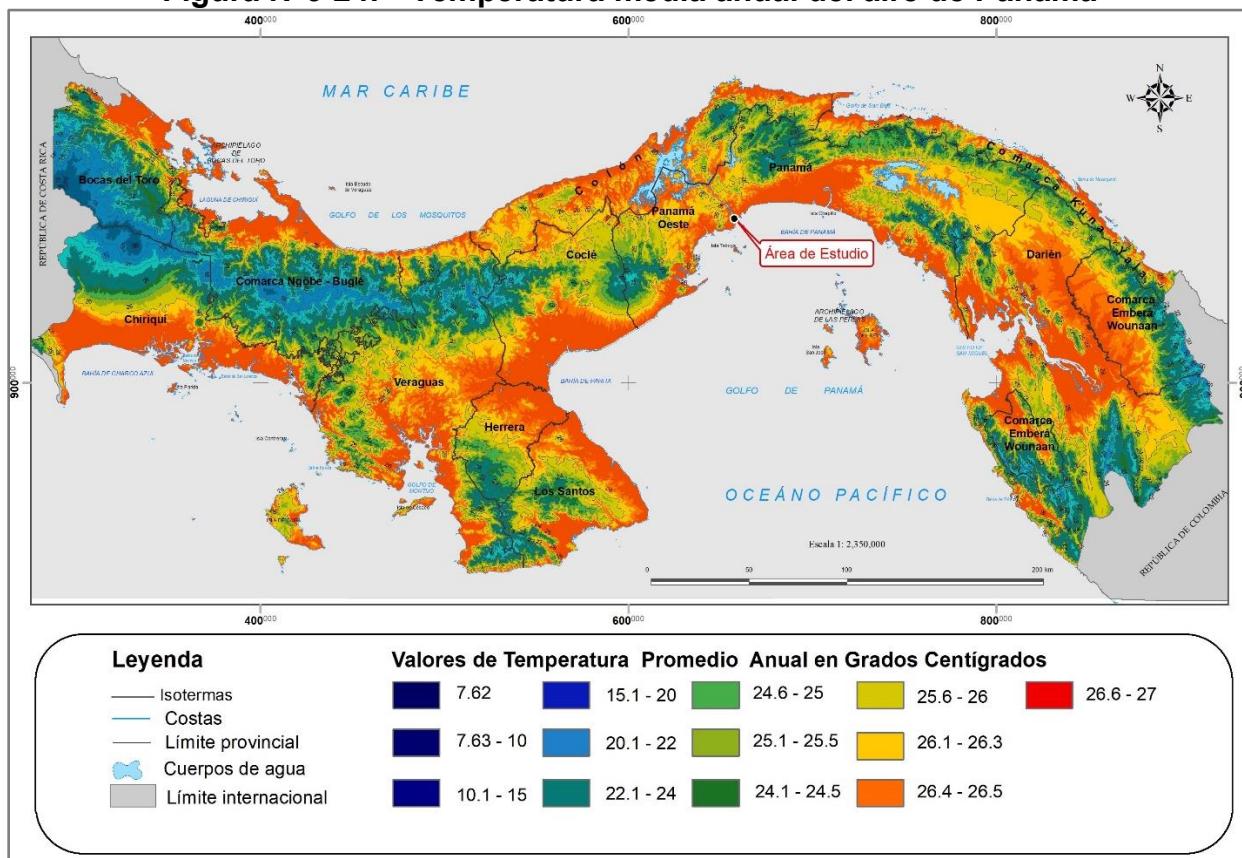


Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc, en base a los datos proporcionados por la Autoridad del Canal de Panamá (ACP)

- **Temperatura máxima:** los meses más cálidos con el máximo promedio de temperatura alta son marzo y abril (31.7°C). El mes con el promedio de temperatura alta más baja es noviembre (29.7°C).
- **Temperatura mínima:** el mes con el promedio de temperatura baja más alto es septiembre (25.4°C). El mes más frío con el promedio de temperatura baja más bajo es febrero (21.8°C).
- **Temperatura media:** el mes con el promedio de temperatura media más alto es abril (27.5°C). El mes más frío con el promedio de temperatura media más bajo es enero (26.1°C).

Según las temperaturas medias analizadas en ambas estaciones meteorológicas en un periodo comprendido de 77 años podemos concluir que el mes más caluroso corresponde al mes de abril con temperatura media anual entre 27.5°C y 28°C, mientras que el mes menos caluroso es enero con temperatura media anual entre los 26.1°C y 26.2°C. La temperatura del aire promedio anual es de 27°C y la temperatura promedio mensual oscila entre 26.1°C y 28°C. La variación de temperatura entre el mes de mayor y menor temperatura es de 1.9°C, lo que indica poca variabilidad interanual, como se muestra en la Figura N° 6-24.

Figura N°6-24: Temperatura media anual del aire de Panamá



Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá, 2010

6.5.4. Humedad Relativa

La humedad relativa es una forma de medir el contenido de humedad del aire, y de esta manera es útil como indicador de la evaporación, transpiración y probabilidad de lluvia convectiva. Para la interpretación de los datos de humedad relativa se utilizó los registros históricos de la siguiente estación meteorológica, según la Tabla N° 6-22:

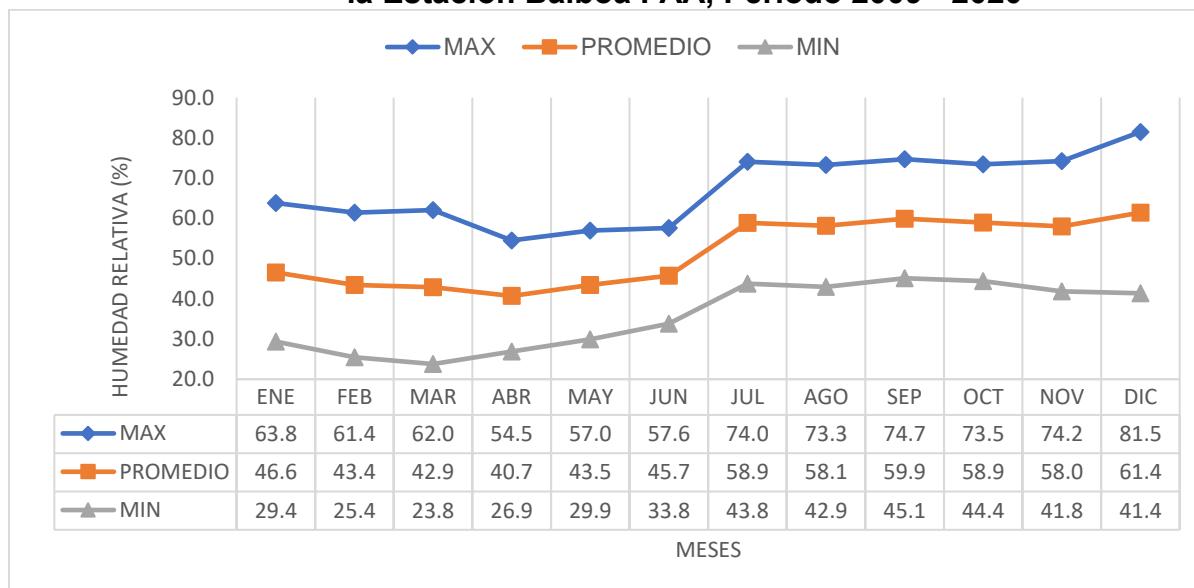
Tabla N°6-22: Estación Meteorológica – Humedad Relativa

ESTACIÓN METEOROLÓGICAS – HUMEDAD RELATIVA	
ESTACIÓN	Balboa FAA (142-017)
COORDENADA ESTE	659466
COORDENADA NORTE	991727
ELEVACIÓN	10 m.s.n.m.
ÁÑOS DE REGISTRO EVALUADOS	01/01/2009 12/31/2020
OPERADOR	A.C.P.

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

La humedad relativa varía proporcionalmente con el régimen de lluvia, de acuerdo con los datos históricos obtenidos de la Estación Balboa FAA y considerando los datos obtenidos de la máxima humedad relativa, la misma alcanza un promedio anual de 67.3%, el periodo con mayor nivel de humedad corresponde al mes de diciembre con 85.1% debido a la transición entre la estación lluviosa a la seca. El mes con menos valores de humedad relativa es abril con 54.5% porque se da el cambio de la estación seca a la lluviosa, abril es considerado el mes más seco del año, esto se observa en el Gráfico N° 6-9.

Gráfico N° 6-9. Humedad Relativa Mensual Máxima, Promedio y Mínima (%) de la Estación Balboa FAA, Período 2009 - 2020



Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc, en base a los datos proporcionados por la Autoridad del Canal de Panamá (ACP).

6.5.5. Velocidad y Dirección del Viento²⁸

Para la interpretación de los datos de velocidad y dirección del viento se utilizó los registros históricos de la siguiente estación meteorológica, los datos de la estación se presentan la Tabla N° 6-23:

Tabla N°6-23: Estación Meteorológica - Velocidad y Dirección del Viento

ESTACIÓN METEOROLÓGICA – VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO	
ESTACIÓN	Aeropuerto Marcos A. Gelabert
COORDENADA ESTE	660558
COORDENADA NORTE	991463
ELEVACIÓN	5.3 m.s.n.m.
AÑOS DE REGISTRO EVALUADOS	desde 01/01/2012 hasta 12/31/2020
OPERADOR	E.T.E.S.A.

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

En nuestro país influyen diversos tipos de viento a escala sinóptica, de acuerdo con cada mes del año, lo cual se explica a continuación:

- **Enero:** se mantienen los vientos fuertes y los empujes polares hacia la región de Centroamérica, algunos alcanzan a llegar hasta nuestras latitudes provocando lluvias en la Vertiente del Caribe y sobre la cordillera lluvias moderadas. En la Vertiente del Pacífico predomina el tiempo seco y despejado, aunque también se registran algunos episodios nublados con chubascos de corta duración.
- **Febrero:** las condiciones meteorológicas son similares a las de enero, se mantiene el viento fuerte, las lloviznas y lluvias débiles en la Vertiente Atlántica y sobre la cordillera. En la Vertiente del Pacífico predomina el tiempo seco y despejado.
- **Marzo:** se debilitan los Vientos Alisios, causando una disminución en las lluvias del Atlántico, por lo que marzo es el mes con menos precipitación en esa vertiente. Desaparecen las lloviznas sobre las cordilleras y se producen más entradas de la brisa cálida y húmeda del Pacífico. Partículas salinas y residuos de quemas e incendios forestales son arrastrados hacia el interior del país reduciendo la visibilidad y provocando el fenómeno conocido como “Bruma”. El viento débil, la brisa cálida del Pacífico y la presencia de la bruma hacen que el mes sea caluroso.

²⁸ Registro de vientos máximos en el área de la Ciudad de Panamá, 2012-2020, E.T.E.S.A.

- **Abril:** el debilitamiento casi total de los Vientos Alisios, y el mayor predominio del viento húmedo del suroeste, hacen que en el mes de abril se inicie la transición entre las estaciones seca y lluviosa en la Vertiente del Pacífico. La brisa del Pacífico es uno de los principales factores en la producción de lluvia en esa vertiente. En este mes, los rayos solares inciden en forma casi perpendicular sobre el país, esto hace que abril sea uno de los meses más calientes del año, durante este mes se registran las temperaturas más altas.
- **Mayo:** climatológicamente es el primer mes de la estación lluviosa en la Región Pacífica que se caracteriza por abundantes lluvias entre moderada a fuerte, acompañadas de actividad eléctrica que ocurren especialmente en horas de la tarde.
 - **Región Central:** en esta región las lluvias se producen por lo general después del mediodía, provocadas por los flujos predominantes procedentes del Caribe o del Pacífico. Son lluvias entre moderadas a fuertes acompañadas de actividad eléctrica y vientos fuertes. Esta región presenta la zona más continental del país, por lo que, los contrastes térmicos y orográficos juegan su papel.
 - **Región Atlántica:** en esta región las lluvias están asociadas a los sistemas atmosféricos tropicales que se desplazan sobre la cuenca del Caribe, a la brisa marina y al calentamiento diurno de la superficie terrestre. El cambio de temporada no sucede abruptamente, sino que se da un período de alternabilidad entre días secos y lluviosos.
- **Junio:** se forman sistemas de baja presión en el Golfo de México y la Costa Este de los Estados Unidos de América. Estas condiciones en la circulación general debilitan el flujo Alisios, condición que favorece la entrada de la brisa húmeda del Pacífico hasta la División Continental casi todos los días, lo que produce aguaceros con tormentas en horas de la tarde. Hacia finales de mes, se produce un aumento en el viento Alisios y las lluvias disminuyen, es un período seco dentro de la temporada lluviosa. El día 1 de junio inicia la temporada de Huracanes del Océano Atlántico, Mar Caribe, Cuenca del Mar Caribe y Golfo de México la cual se extiende hasta el 30 de noviembre.

- **Julio:** normalmente se caracteriza por la marcada disminución de las lluvias después de que se produce el primer máximo durante el mes de junio. Por lo general esa disminución de las lluvias en julio, es el resultado de condiciones especiales de la circulación general de las masas de aire, que hacen que aumente la velocidad del viento alisio, dando así origen a un segundo período seco en la estación lluviosa. Este generalmente ocurre entre los días 10 y 20 de julio y se le conoce como Primera Canícula o Veranillo.
- **Agosto:** la segunda canícula o tercer periodo seco se presenta a principios del mes de agosto, debido a la presencia de un Viento Alisio más intenso y a la ausencia de la brisa húmeda del Pacífico. Al avanzar el mes se produce un aumento de las lluvias en toda la vertiente del Pacífico, debido a que la presión atmosférica en Centroamérica, el Caribe, Golfo de México y la Costa Este de los Estados Unidos, es muy baja. Las trayectorias de los huracanes en el Atlántico sufren un corrimiento hacia el Sur y algunos de ellos llegan y logran atravesar la cuenca del Caribe.
- **Septiembre:** es uno de los meses con más precipitación en la Vertiente del Pacífico. Este es también el mes en que se presentan con mayor frecuencia huracanes en el Mar Caribe, cuyo efecto indirecto sobre el lado del Pacífico del país, produce Temporales, los cuales afectan principalmente sobre las montañas estos eventos acumulan gran cantidad de lluvia en pocos días. Las estadísticas muestran valores tan altos como 250mm acumulados en tres (3) días, durante el paso por el Caribe de los huracanes.
- **Octubre:** se caracteriza por fuertes aguaceros acompañados de tormentas eléctricas. Los vientos del Pacífico o del suroeste son fuertes y los Vientos Alisios del noreste también. La confluencia de estos dos flujos sobre el país origina la formación de nubes de gran desarrollo vertical. La máxima intensidad de estas tormentas y aguaceros ocurre en los primeros días del mes de octubre, por lo cual se le conoce popularmente con el nombre del Cordonazo de San Francisco, por su coincidencia con la fiesta de este santo el día 4 de octubre. Por el efecto indirecto de los huracanes se presentan temporales, los cuales afectan la región pacífica, causando inundaciones en las partes bajas de la Provincia de Chiriquí, principalmente hacia finales de mes.

- **Noviembre:** debido a la reestructuración que se produce en la circulación general de las masas de aire, en el mes de noviembre se refuerzan los sistemas de alta presión en latitudes medias. Los vientos Alisios se intensifican dominando mayores áreas en los trópicos. Masas de aire frío polar empiezan a desplazarse hacia el Sur, llegando a veces hasta Centroamérica. El viento que antecede a estas masas de aire llega al Occidente de Panamá, y se caracteriza por ser frío y con dirección Norte. En la vertiente del Pacífico el número de días con lluvia es cada vez menor. Suelen darse aguaceros con descenso de temperaturas en la Provincia de Bocas del Toro.
- **Diciembre:** en la región del Pacífico, este es el mes de transición entre la estación lluviosa y la seca. En la vertiente del Caribe, diciembre es climatológicamente un mes lluvioso. Los temporales del Atlántico que se presentan producen precipitaciones intensas y algunas inundaciones en esta región. Estos temporales se deben entre otros factores, a las incursiones frecuentes de frentes fríos hasta nuestra latitud.

En la Tabla N° 6-24 se presentan los datos de vientos máximos registrados del mes de enero a diciembre en el periodo años 2012 - 2020, de la Estación Meteorológica del Aeropuerto Marco A, Gelabert (Albrook):

**Tabla N°6-24: Vientos Máximos (Km/h) Estación Aeropuerto Marcos A. Gelabert,
Período 2012 - 2020**

ESTACIÓN AEROPUERTO MARCOS A. GELABERT												
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2012	46.2	27.7	33.3	29.6	37.0	37.0	37.0	27.8	33.3	27.7	46.2	37.0
2013	44.6	37	33.3	29.6	25.2	46.3	27.7	52.2	25.9	44.4	51.8	27.7
2014	37.0	43.2	44.4	35.2	48.1	29.6	46.3	27.7	44.4	27.7	46.1	27.8
2015	31.4	44.4	42.6	46.3	30.0	33.3	44.4	46.3	31.4	29.6	37.0	44.4
2016	40.7	55.6	33.3	32.4	24.1	40.7	35.2	25.2	30.6	21.6	22.2	N/D
2017	27.7	46.3	46.3	46.2	22.2	30.0	27.8	25.9	20.4	48.2	25.9	27.8
2018	35.1	42.6	50	51.8	35.2	44.4	38.9	50.0	30.6	38.9	37.0	38.8
2019	51.8	53.7	50	44.4	42.6	44.4	42.6	62.9	51.9	40.7	40.7	35.2
2020	42.5	51.9	51.9	44.4	48.1	40.7	46.3	29.6	61.1	48.2	55.6	48.1

Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA)

Para el siguiente análisis, tomaremos en cuenta el Índice Oceánico del Niño (ONI), ya que nuestro país está influenciado por El Niño Oscilación del Sur (ENOS), y el mismo

según sus fases tiende a modular nuestras dos temporadas (seca y lluviosa) en la vertiente del Pacífico, por lo que el comportamiento de las lluvias y el viento sobre la Provincia de Panamá estarían acentuados por el ENOS, vertiente del Pacífico.

Una vez analizada toda la información plasmada se concluye:

- Que las ráfagas máximas alcanzadas durante los meses de enero a marzo se dieron en el año 2019, del periodo 2012-2020; en ese trimestre El Niño Oscilación del Sur (ENOS) estaba en su fase positiva y una de las características es el aceleramiento de los vientos Alisios.
- Durante abril a agosto, las ráfagas máximas alcanzadas se dieron en fases neutras de ENOS.
- En los meses de septiembre a noviembre, ocurre algo interesante, a pesar de que durante el periodo analizado (años 2012-2020), algunos de los meses mencionados alcanzan sus ráfagas máximas en periodos neutros de ENOS, estos meses en el año 2020 alcanzaron ráfagas máximas entre los 55 y 74km/h, en sus fases frías de ENOS; ¿Por qué ocurre esto? Cuando estamos ante la presencia de condiciones frías de ENOS los vientos Alisios se debilitan y durante la temporada lluviosa predomina en nuestro país el desarrollo de celdas de tormentas, que con el constante aporte de humedad del flujo del Viento Sur y la acentuación de La Niña, da lugar a la formación de enormes nubes de tormenta, dando paso a fuertes ráfagas descendentes de viento a nivel local.

Por lo que podemos decir que la Provincia de Panamá y Panamá Oeste está influenciada a lo largo del año por los vientos Alisios y ráfagas de viento descendente de nubes de tormenta. La dirección de los vientos máximos registrados entre los meses de enero a diciembre, en base a los datos analizados durante el periodo de años 2012-2020, la mayor parte del año, los vientos tienen una dirección predominante Noroeste, como se indica en la Tabla N° 6-25:

Tabla N°6-25: Dirección de los Vientos Estación Aeropuerto Marcos A. Gelabert, Período 212 - 2020

ESTACIÓN AEROPUERTO MARCOS A. GELABERT												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
N	NO	NNE	NNE	ENE	ESE	NE	NNO	NNE	SSE	SSO	NNE	

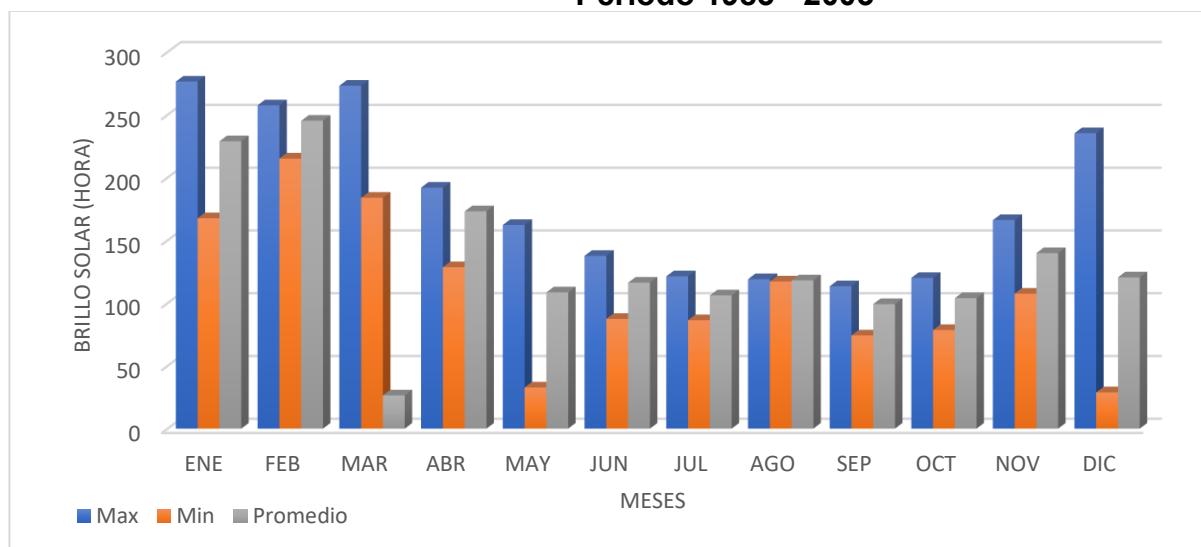
Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA)

6.5.6. Brillo Solar y Radiación Solar

- **Brillo Solar**

La duración del brillo solar (en horas) representa el tiempo total durante el cual incide la luz solar directa sobre alguna localidad; es decir, entre el alba y el atardecer. De acuerdo con los datos histórico del periodo de años entre 1983-2003 de la Estación Albrook Field (142-002), el promedio anual del brillo solar es de 145.3 horas. Esta duración de luz se encuentra entre 26.5 a 245.2 horas donde los meses de enero, febrero y marzo presentan mayor duración de horas de brillo solar, esto coincide con las condiciones existente durante el periodo seco de la región. Los meses mayo, septiembre y diciembre presentan menos horas de luz al aumentar la nubosidad en todo el territorio nacional, como se observa en el Gráfico N° 6-10.

Gráfico N° 6-10.Datos Históricos de Brillo Solar de la Estación Albrook Field, Período 1983 - 2003



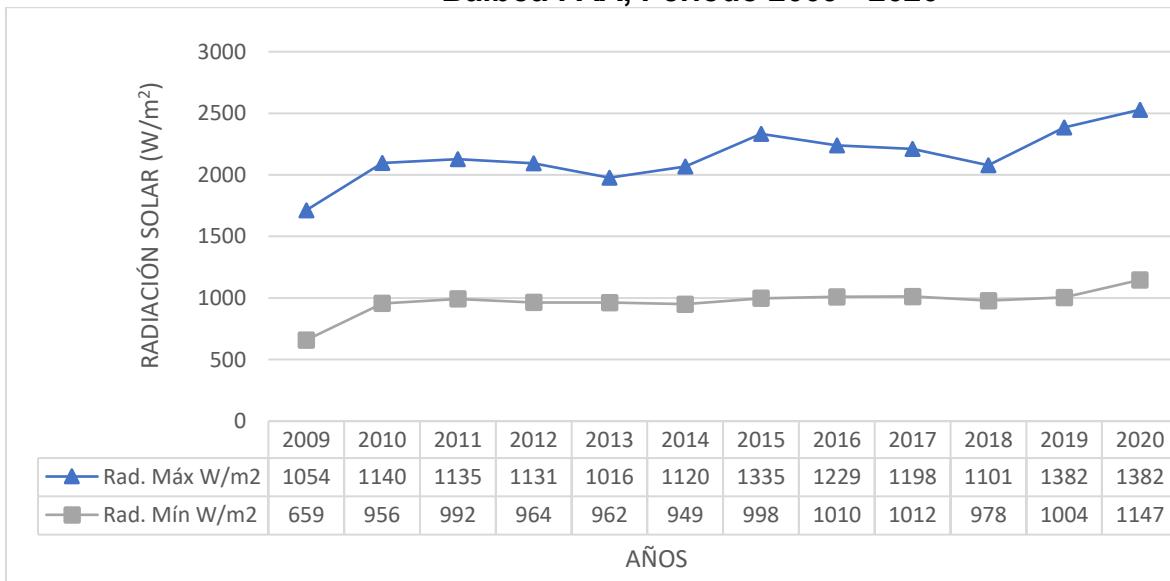
Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc. en base a datos de la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA).

- **Radiación Solar**

La radiación solar es la energía emitida por el sol en forma de radiación electromagnética que llega a la atmósfera y su medida es dada en la unidad de Watt por metro cuadrado (W/m^2). La potencia de radiación dependerá de las diferentes posiciones del planeta y a su movimiento alrededor del sol, esta cantidad potencial de radiación es diferente para cada latitud y para las diversas estaciones del año. La radiación solar real, que alcanza la superficie evaporante, depende de la turbidez de la atmósfera y de la presencia de nubes que reflejan y absorben cantidades importantes de radiación.

Utilizando los registros de Promedio en Watts por metro cuadrado, de la Estación Meteorológica de Balboa FAA (FAA) para el período de años 2009 – 2020, se determinó el valor máximo de radiación solar registrada en la estación meteorológica, la cual muestra que el año con el máximo de radiación se registró en el 2019 con $1,382\text{W/m}^2$, de igual manera el registro de máxima radiación se encuentra en el 2020 el cual mostró $1,382\text{W/m}^2$; sin embargo, los años que presentaron un rango de radiación bajos se encuentran en el 2009 el cual presenta una radiación de 659W/m^2 , como se muestra en la Gráfico N° 6-11 y la Tabla N° 6-26 y

Gráfico N° 6-11. Radiación Solar (W/m^2) Máxima y Mínima de la Estación Balboa FAA, Período 2009 - 2020



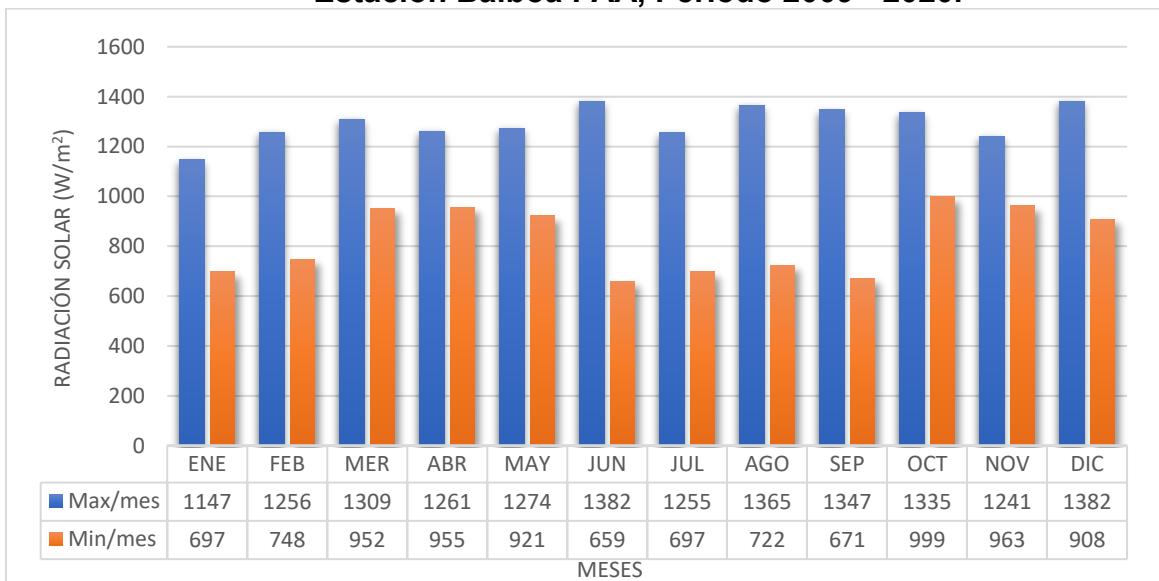
Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc, en base a los datos proporcionados por la Autoridad del Canal de Panamá (ACP)

Tabla N°6-26: Radiación Solar W/m² Máximo y Mínimos, Período 2009-2020

RADIACIÓN SOLAR W/M ²		
AÑOS	MAX/AÑO	MIN/AÑO
2009	1054.4	659
2010	1140.1	956
2011	1135.0	992
2012	1131.0	964
2013	1016.0	962
2014	1120.0	949
2015	1335.0	998
2016	1229.0	1010
2017	1198.0	1012
2018	1101.0	978
2019	1382.0	1004
2020	1382.0	1147
MÁXIMO	1382	
MÍNIMO		659

Fuente: Autoridad del Canal de Panamá (ACP)

En el Gráfico N° 6-12, se observa que los meses que presentaron un máximo de radiación, fueron los meses de junio y diciembre con 1,382W/m², y los meses de menos radiación son: junio con 659W/m², septiembre con 671W/m² y julio con 697W/m².

Gráfico N° 6-12.Radiación Solar (W/m²) Máxima y Mínima Mensual de la Estación Balboa FAA, Periodo 2009 - 2020.


Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc, en base a los datos proporcionados por la Autoridad del Canal de Panamá (ACP)

Durante el período (2009-2020) se observa un aumento de la radiación máxima marcada entre los años 2019- 2020 con 1,382W/m² en comparación a los años anteriores entre 2009 - 2013 donde se muestra que los rangos de radiación máximas estuvieron entre 1,016W/m² – 1,140W/m². Por lo cual, podemos concluir que en los últimos 11 años la superficie de la tierra cada año se calienta más, mostrando un aumento en la evaporación y se percibe más calor ambiental.

6.5.7. Evaporación

La evaporación, es el proceso por el cual el agua se transforma en vapor de agua a temperatura ambiente y la intensidad de la evaporación crece con el aumento de las temperaturas. Para el análisis de la evaporación se utilizaron los datos de la estación Corozal Oeste, la cual está bajo la administración de Autoridad del Canal de Panamá (ACP).

En los datos facilitados por la ACP, para el período de años 2009 – 2020, la Evaporación Total Anual oscila entre 1,927.31mm y 1,514.971mm, donde su mayor registro se da en el año 2015 y el más bajo es el año 2012. La Tabla N° 6-27, muestra los datos de la evaporación total anual, para la Estación Corozal Oeste.

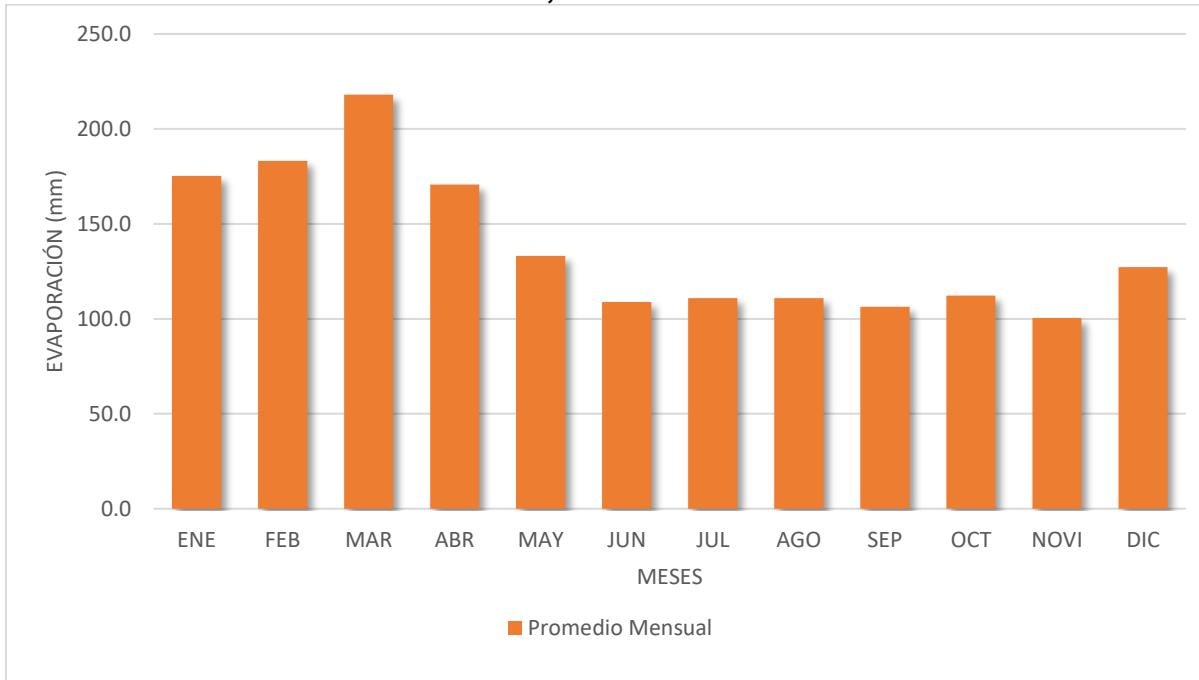
**Tabla N°6-27: Evaporación Total Anual de la Estación Corozal Oeste,
Período 2009 - 2020**

EVAPORACIÓN TOTAL ANUAL (mm)	
2009	1,683.61
2010	1,617.08
2011	1,560.78
2012	1,514.97
2013	1,609.02
2014	1,834.08
2015	1,927.32
2016	1,777.73
2017	1,617.83
2018	1,535.73
2019	1,628.04
2020	1,581.87

Fuente: Autoridad del Canal de Panamá (ACP)

De igual manera, se muestra que para el período de años 2009 al 2010, los valores promedio mensuales de evaporación oscilan entre 218.1mm y 100.5mm, donde los meses de mayor evaporación promedio mensuales se encuentran entre los meses de: marzo con 218.1mm, febrero 183.1mm y enero con 175.3mm, meses que coinciden con la estación seca del país, destacándose el mes de marzo con el promedio mensual más alto. Los meses de menor evaporación promedio mensual fueron: junio con 108.9mm, septiembre con 106.3mm y noviembre con 100.5mm, noviembre fue el mes con el valor promedio mensual de evaporación más bajo. En el Gráfico N° 6-13 se muestra los valores máximos de evaporación por mes, donde se observan los meses con mayor evaporación en el ambiente.

Gráfico N° 6-13.Promedio Mensual de Evaporación de la Estación Corozal Oeste, Período 2009 - 2010

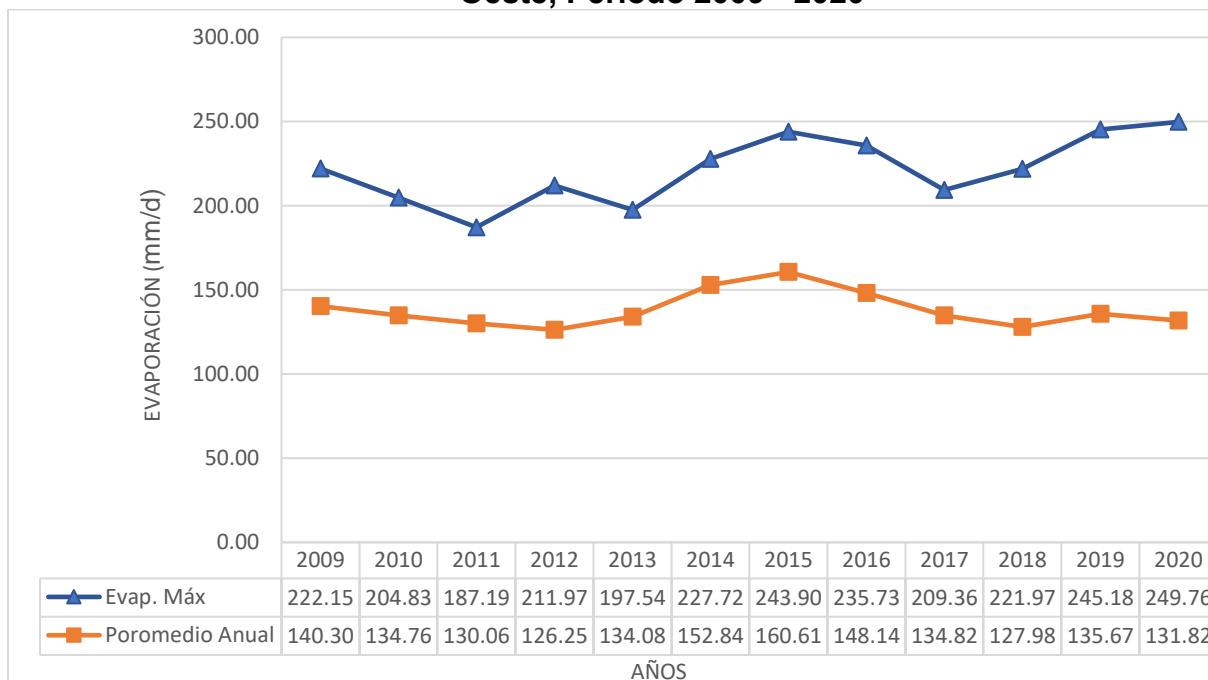


Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc, en base a los datos proporcionados por la Autoridad del Canal de Panamá (ACP)

Podemos concluir que para el período entre los años 2009 – 2020, el mes que presenta el máximo de evaporación fue el mes de marzo, siendo constante su incremento para la mayoría de los años analizados, esto se debe a que durante el mes de marzo se debilitan los Vientos Alisios causando una disminución en las lluvias, siendo el mes con menos precipitación. Desaparecen las lloviznas sobre las cordilleras y se producen más

entradas de la brisa cálida y húmeda del Pacífico. El viento débil, la brisa cálida del Pacífico y la presencia de la bruma hacen que el mes sea caluroso, al aumentar el calor aumenta la evaporación en la superficie oceánica, sobre la superficie terrestre y otras fuentes de agua. Otra acción que se puede notar, en el análisis de la evaporación del período entre los años 2009 – 2020, es que el valor máximo de evaporación va en aumento desde el año 2017 hacia el 2020, como se observa en el Gráfico N° 6-14 y la Tabla N° 6-28 muestra la Evaporación Máxima y Promedio Anual de la Estación Corozal.

Gráfico N° 6-14.Promedio Anual y Máximo Evaporación - Estación Corozal Oeste, Período 2009 - 2020



Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc, en base a los datos proporcionados por la Autoridad del Canal de Panamá (ACP)

Tabla N°6-28: Evaporación Máxima y Promedio Anual de la Estación Corozal Oeste Período 2009 - 2020

AÑO	EVAP. MÁX (mm)	PROMEDIO ANUAL (mm)
2009	222.15	140.30
2010	204.83	134.76
2011	187.19	130.06
2012	211.97	126.25
2013	197.54	134.08
2014	227.72	152.84
2015	243.90	160.61

AÑO	EVAP. MÁX (mm)	PROMEDIO ANUAL (mm)
2016	235.73	148.14
2017	209.36	134.82
2018	221.97	127.98
2019	245.18	135.67
2020	249.76	131.82

Fuente: Autoridad del Canal de Panamá (ACP)

6.6. Hidrología.

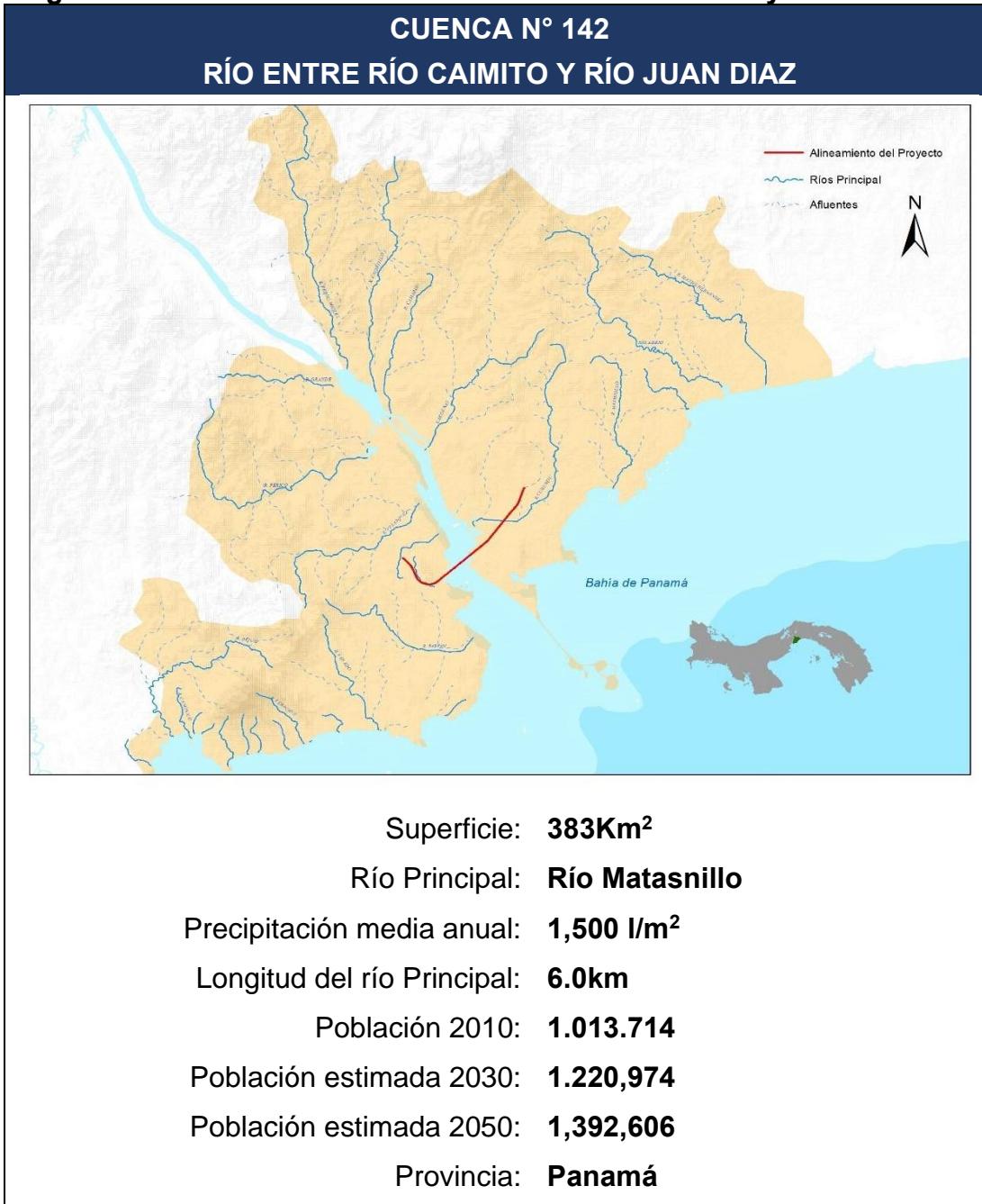
Panamá cuenta con 52 cuencas hidrográficas, de las cuales 34 desembocan en la vertiente del Pacífico y el resto en la vertiente del Atlántico. Las cuencas hidrográficas poseen su propia numeración, impar para el Atlántico y par para el pacífico, codificación que fue establecida como parte de la ejecución de Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (1967 – 1972), tal como lo explica el Atlas Ambiental de la República de Panamá.

El área del proyecto se ubica en la Región Hídrica del Pacífico Occidental de Panamá, identificada por la División de Hidrometeorología de ETESA, como la Cuenca 142 ubicada entre el Río Caimito y el Río Juan Díaz, tiene como río principal el Matasnillo, con una longitud de 6 km, el cual está fuera del área de influencia del proyecto, tal como se muestra en el Mapa de Hidrología.

Esta cuenca se encuentra situada en la vertiente del Pacífico, dentro de las provincias de Panamá y Panamá Oeste, ocupa una superficie de 383 km², sus coordenadas geográficas de referencia son 8° 50' y 9° 05' Latitud Norte y 79° 30' y 79° 40' de longitud Oeste. Sus límites naturales son: al Norte con la cuenca del Río Chagres, al Sur con la Bahía de Panamá, al Este con la cuenca del Río Juan Díaz y al Oeste con la cuenca del Río Caimito. La elevación media de la cuenca es de 67 msnm y el punto más alto se encuentra al Suroeste de la cuenca, con una elevación máxima de 507 msnm. Esta cuenca registra una precipitación media anual de 2,122 mm. Las lluvias disminuyen gradualmente desde la parte media de la cuenca con 2,500 mm hacia el litoral con precipitaciones de 1,500 mm/año. El 86% de la lluvia ocurre entre los meses de mayo a

noviembre²⁹ . En la Figura N° 6-25, se muestra la cuenca 142 Río Entre Río Caimito y Río Juan Diaz

Figura N°6-25: Cuenca N°142 - Río Entre Río Caimito y Río Juan Diaz



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

²⁹ Análisis Hidrológico y Evaluación del Sistema de Manejo de Aguas Pluviales en el Sector de Condado del Rey y Alrededores. Marzo 2019

En las zonas aledañas al área del proyecto podemos encontrar los siguientes afluentes:

● **Lado Este:**

- **Río Curundú:** desemboca en el Canal de Panamá a la altura del Puerto de Balboa, se desplaza en dirección Suroeste. Nace a una elevación de 68.9 msnm cerca de la Universidad Tecnológica de Panamá, con una longitud de 10.1km desde su nacimiento hasta la desembocadura y su área de drenaje es de 16.67km². El río Curundú muestra fuertes niveles de intervención, y recibe fuentes de contaminación debido a las aguas residuales de fábricas y barriadas cercanas a su recorrido. A lo largo de la cuenca del río Curundú se encuentran las Urbanizaciones Villa de las Fuentes No.2, Altos del Chase, Villa Soberanía, La Alameda, Dos Mares, La Locería, y la Barriada Viejo Veranillo.

El río Curundú cuenta con una canalización conformada por conductos subterráneos que inician en la parte posterior del edificio del Tribunal Electoral cerca de la intersección de Ave. Ascanio Villalaz y Calle Juan Demóstenes Arosemena, aproximadamente en las coordenadas 659678.46m E y 991693.72m N. Estas canalizaciones fueron construidas en distintas etapas, iniciando con el periodo en que los norteamericanos dominaban en la Zona del Canal. Posteriormente dos cajones fueron construidos con una mayor dimensión y alineados por debajo del intercambiador vial hacia Panamá Ports Company donde desemboca en una canalización abierta hasta el Canal de Panamá en las coordenadas aproximadas 657950.53m E y 990974.93m N³⁰. Parte de los drenajes pluviales urbanos de la zona de Albrook descarga mediante interconexiones directas al cajón del río Curundú.

El primer conducto, es el más antiguo, conocido como conducto viejo, tiene una sección inicial de 4.05 x 2.7m hasta un punto no determinado y cambia a una sección casi circular de 3.05m, pasando por la pista del Aeropuerto Marcos A. Gelabert hacia la quebrada Barrios a unos metros aguas arriba

³⁰ Asistencia Técnica a La Gerencia del Cuarto Puente Sobre El Canal de Panamá, 2016

de la Ave Omar Torrijos. La longitud total del conducto es de 1,465m, con elevaciones de fondo o solera de +2.75 msnm al inicio y +1.00 msnm al final.

El segundo conducto tiene una longitud de 2,103m, y al igual que el primer conducto inicia en las mismas coordenadas antes indicadas con una cota de solera de +2.50 msnm. Este conducto, a diferencia del primer conducto, termina su recorrido aguas abajo de la Calle Diablo y desemboca en la cota -1.71 msnm en el Puerto Balboa. Las dimensiones del conducto son de aproximadamente 7.40 x 3.20m en su entrada y 6.13 x 4.02m a la salida, el punto de cambio de sección es desconocido.

El tercer conducto, tiene 2,103m de longitud y consiste en un cajón doble de hormigón reforzado con sección de 3.20 x 6.00m en cada cajón, con inicio en el mismo punto que los conductos anteriores a una cota +1.61 msnm y termina en la cota -0.914, con un recorrido paralelo al segundo conducto.

Por el tipo de suelo que se localiza en la zona, el cajón del río Curundú cuenta con fundaciones tipo micropilotes que penetran el manto subterráneo muy por debajo de su base. En este punto es importante tener en cuenta que el punto donde el conjunto de cajones cruza con el alineamiento será crítico en tanto será necesario planificar la forma de mantener su integridad o modificar previamente su recorrido.

Es importante destacar que los conductos además de transportar el flujo del río Curundú, igualmente sufren el efecto de los niveles de las mareas los cuales inciden directamente en la profundidad del flujo aguas arriba de los conductos antes mencionados.³¹ En la Foto N° 6-4 se puede observar los tres cajones del río Curundú

³¹Eslia categoría II, Expansión del Puerto de Balboa, Fase 4, 2006

Foto N° 6-4. Cajones del Río Curundú – Inicio de canalización subterránea



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

- Red pluvial de Balboa: Parte del área de drenaje del cerro Ancón y el relieve contiguo al astillero de Balboa conforman una red de tuberías que captan el agua de lluvia por medio de tragantes que se disponen en la Ave. Ascanio Arosemena y calles internas aledañas. En la Ave. Ascanio Arosemena, las tuberías son de 24 a 36 pulgadas de diámetro; sin embargo, la avenida sufre inundaciones durante los eventos de lluvias intensas.
- Quebrada sin nombre, es un pequeño afluente intermitente que pertenece a la cuenca del Río Abajo, la cual se encuentra incluida dentro de la cuenca 142 del Matasnillo, esta pequeña quebrada se encuentra en el sitio de disposición de materiales de excavación Rainforest Village, sus corrientes corren orientadas hacia la Autopista Alberto Motta, el cuce sigue en dirección al Corredor Norte, para unirse a los pequeños afluentes que se encuentran en Condado del Rey, como se observa en la Foto N° 6-5.

Foto N° 6-5. Quebrada sin nombre cercana al sitio de disposición Rainforest Village

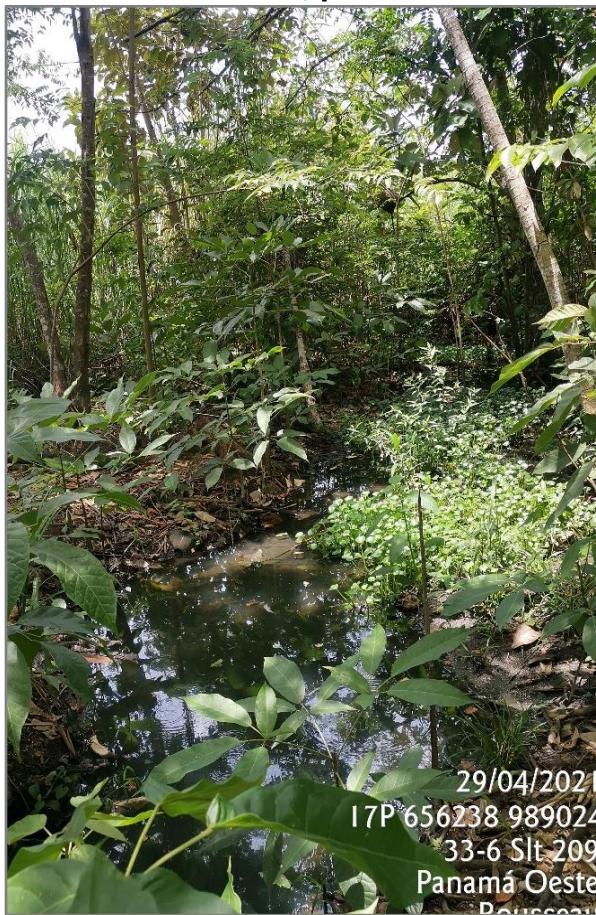


Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

● **Lado Oeste:**

- Quebrada sin nombre (Cerro San Juan): Dentro del área de estudio se localiza el tramo de un pequeño afluente que nace en el cerro San Juan. Este cerro se ubica en el área de Rodman, al norte de la Carretera Panamericana, y en su recorrido hacia su desembocadura en el mar cruza la carretera para luego bordearla paralelamente en su margen derecho en dirección a la ciudad de Panamá. Parte del polígono de la alternativa de campamento PK 5+200 está dentro del área de drenaje del afluente, mientras que el polígono de la alternativa de campamento PK 5+800 se encuentra completamente en el área de drenaje. (ver Foto N° 6-6)

Foto N° 6-6. Quebrada sin nombre, paralelo a la Carretera Panamericana



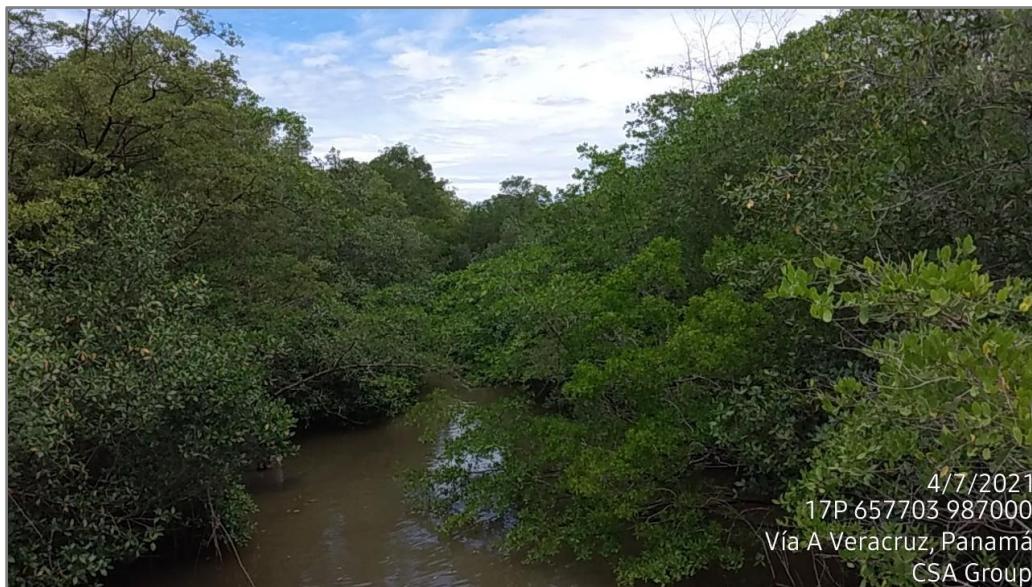
Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

- Río Farfán: Es el principal río en el lado Oeste del área de estudio y nace en la Sierra Miñon, a unos 267 msnm, la microcuenca del río Farfán tiene un área de drenaje de 9.87km² y una longitud de 7km. Tiene una orientación noroeste a sureste hacia el cauce de navegación del Canal de Panamá, pasando por Panamá Pacífico y bordea en la parte Sur del sitio de disposición de Farfán. El río Farfán es un curso de agua dendrítico de segundo orden que une a otros arroyos también de segundo orden formando una llanura de inundación.

El norte de la desembocadura del río se caracteriza por la presencia de saladares y manglares, los cuales son hábitat importante para distintas especies de aves.

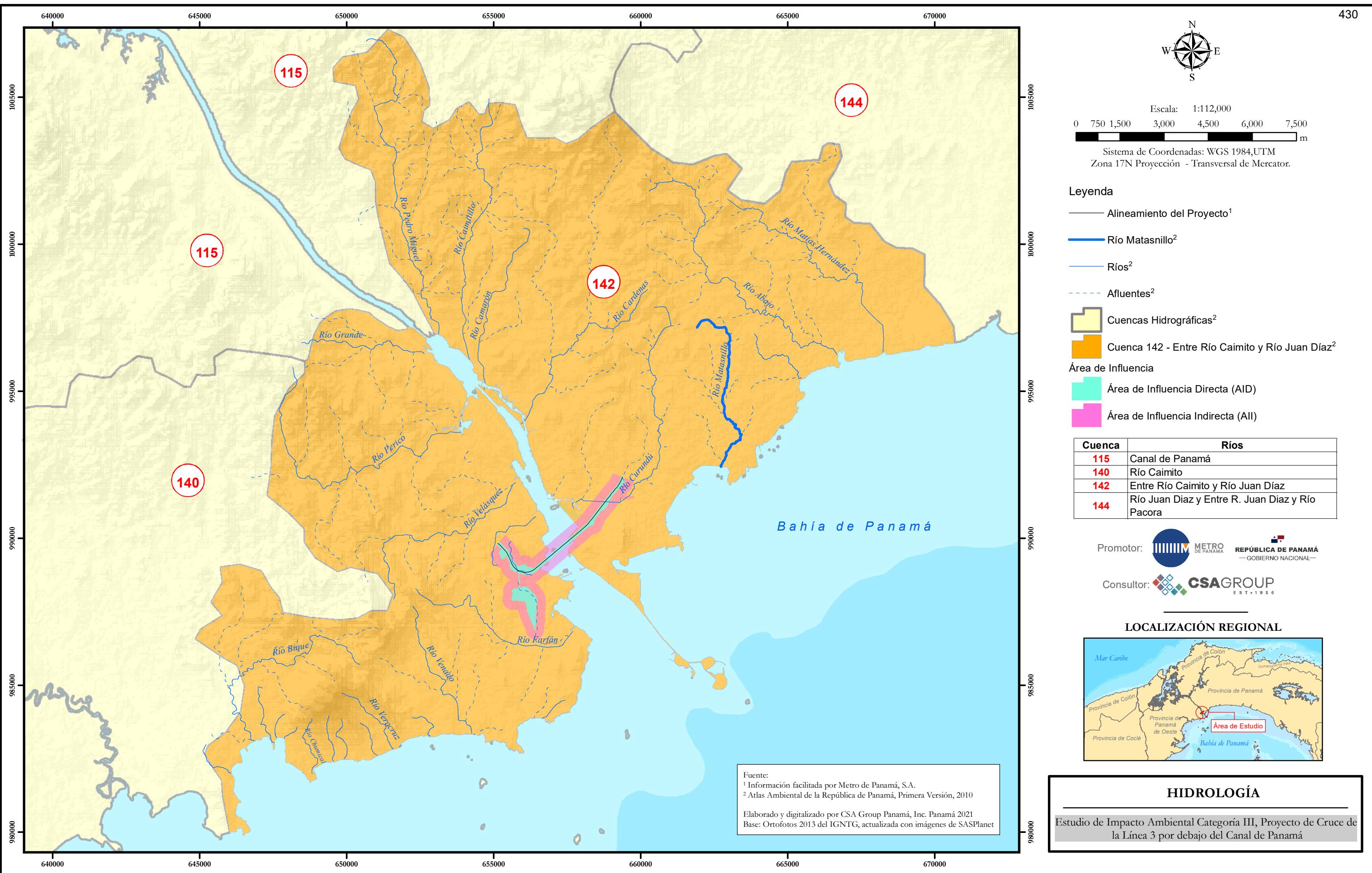
Parte de la cuenca baja del río Farfán tendrá un área destinada a ser sitio de disposición de material de excavación producto de la construcción del tramo soterrado. Como parte de las adecuaciones que deberán realizarse, en el plano conceptual 6121-326, suministrado por la ACP, se identifica que será requerida la construcción de un dique con una altura y ancho de base que permitan la contención del volumen total de material que será extraído del tramo soterrado. Esta nueva estructura deberá contemplar drenajes situados y dimensionados de forma tal que impidan que se produzcan crecidas que originen afectaciones tanto al sitio de disposición de materiales, así como al área Residencial Woodlands ubicada en Panamá Pacífico. (ver Foto N° 6-7)

Foto N° 6-7. Desembocadura del Río Farfán



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

- Río Matutela: Es un afluente del río Farfán, con un área de drenaje de 3.63km² y se ve influenciado en su cauce por los depósitos de material del dragado del cauce del Canal de Panamá. Además, está localizado en una zona pantanosa lo que dificulta una definición estable de su recorrido. Una parte del polígono de la alternativa de campamento PK 5+200 se encuentra en las zonas altas del área de drenaje del río Matutela.





Fuente:
1 Información facilitada por Metro de Panamá S.A

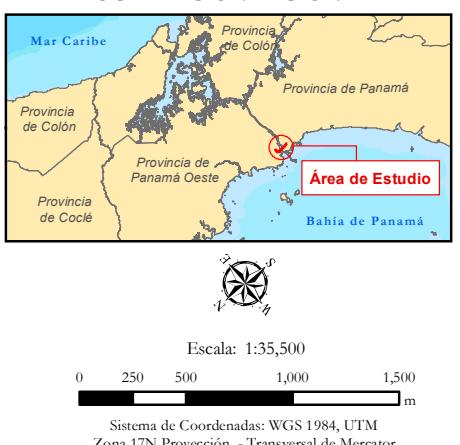
Elaborado y digitalizado por CSA Group Panamá, Inc. Panamá 2021
Base: Ortofotos 2013 del IGNTG, actualizada con imágenes de SASPlanet

Leyenda

- Trinchera /Pozo de Extracción Este¹
- Trinchera/Pozo de Ataque Oeste¹
- Possible Pozo de Evacuación¹
- Alineamiento del Proyecto¹
- Línea 3 del Metro¹
- Ríos Principales
- Cajón del Río Curundú¹
- Zona de Transición¹
- Estación¹
- Campamento¹

Cuenca	Nº Cuenca	Simbología	Subcuenca Hidrográfica de los Afluentes Aledaños al Proyecto	Superficie Km ²
Río entre el Caimito y Río Juan Díaz	142	1	Río Curundú	15.73
		2	Río Farfán	11.32
		3	Río Matuella	2.25
		4	Área de Drenaje Qda. Sin Nombre (Cerro San Juan)	1.16
		5	Área de Drenaje de Balboa	0.56

LOCALIZACIÓN REGIONAL



SUBCUENCIAS HIDROGRÁFICAS DE LOS AFLUENTES ALEDAÑOS AL PROYECTO

Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Proyecto de Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá

Promotor:



METRO DE PANAMÁ
GOBIERNO NACIONAL

Consultor:



Sistema de Coordenadas: WGS 1984, UTM
Zona 17N Proyección - Transversal de Mercator.

6.6.1. Calidad de aguas superficiales.

Para el caso del presente Estudio, se establecieron cuatro (4) Puntos de Toma de Muestras de agua superficial las cuales fueron tomadas por medio de una vara extensora equipada con un recipiente de recolección inerte dentro del área de influencia directa del proyecto, cuyos datos se presentan en la Tabla N° 6-29 y la ubicación geográfica se muestran en el Mapa de Sitios de Muestreos de Agua Superficial ubicado al final de este punto, adicional en el Anexo 6-2.3 se presentan los Resultados del Informe de Monitoreo de Calidad de Agua Superficial generado por el Laboratorio Corporación Quality Services, S.A. los días 18 de junio de 2021 (Quebradas Sin nombre) y 23 de julio de 2021 (Río Farfán). El análisis de laboratorio fue realizado por los laboratorios Quality Services, S.A., Export-Lab, Inc. y TestAmerica.

Dentro del Área de Influencia Directa del Proyecto se localiza un cuerpo de Agua superficial denominado “Quebrada Sin Nombre”, ubicado en el Lado Oeste y cuyo nacimiento es en el Cerro San Juan. Sus aguas corren paralelo a la carretera Panamericana en el margen derecho en dirección a la Ciudad de Panamá, y parte de su trayecto es paralelo a los sitios de construcción de las alternativas de campamento PK 5+200 y PK 4+600.

Colindantes a los sitios de disposición final de material de excavación, se ubican dos cuerpos de agua superficiales, respectivamente. En el área de Rainforest, al Norte del sitio de disposición final de material de excavación, se localiza la quebrada intermitente denominada “Quebrada Sin Nombre”; y al Sur del área de disposición final de material de excavación Farfán se localiza el río Farfán.

El proyecto no contempla la intervención de estos cauces; sin embargo, debido a su cercanía con las áreas de influencia del proyecto, se procedió a establecer la línea base para los parámetros contaminantes del agua, en función de los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2019. Medio Ambiente y Protección de la Salud, Seguridad, Calidad del Agua, Descarga de Efluentes Líquidos a Cuerpos y Masas de Aguas Continentales y Marinas.

Dado a que los cauces de las quebradas sin nombre (Este y Oeste), presentan un caudal intermitente y una trayectoria no definida aguas abajo, se consideró solamente el muestreo aguas arriba de dichos cauces. Para el río Farfán se tomaron muestras aguas arriba y aguas abajo del cauce.

Tabla N°6-29: Coordenadas de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial.

Nº	PUNTO DE MONITOREO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
1	EM 7	Quebrada Sin Nombre, ubicada a un costado de la carretera Panamericana, área de construcción de la alternativa de Campamento PK 5+200. El punto de muestreo presenta vegetación (bosque), corriente, desechos (plástico), animales (anfibios). Actividades cercanas: estación de combustible frente al punto de muestreo.	656246	989019
2	EM 17B	Fuente de agua estacional, ubicada en el sitio de disposición de material de excavación "Rainforest Village". Se observó en los alrededores vegetación (herbazal), buena corriente. Actividades cercanas como área de relleno. Clima soleado durante el muestreo	660635	999787
3	EM 18A	Río Farfán Aguas Arriba, colindante con el sitio de disposición de material de excavación Farfán.	655314	986919
4	EM 18B	Río Farfán Aguas Abajo, colindante con el sitio de disposición de material de excavación Farfán. Descarga en el cauce de navegación del lado Oeste del Canal de Panamá, muestra tomada en área de manglar.	657683	986999

Fuente: Corporación Quality Services, S.A.

Los parámetros analizados y los medidos en campo se listan a continuación:

- Mediciones de campo: Temperatura, pH, conductividad eléctrica, Turbiedad y Cloro Residual.
- Análisis de Laboratorio: Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Sedimentables, Fósforo Total, Nitrato, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Total, Sulfato, Sulfuro, Cloruro, Color Verdadero, Zinc, Cobre, Hierro Total, Cromo Total, Cromo Hexavalente, Manganeso, Aluminio, Vibrio cholerae, Arsénico,

Cadmio, Calcio, Níquel, Plomo, Sodio, Ácido bórico, Mercurio, Cianuro Total, Mercaptanos, Methanol, Trichloroethane, Trichloromethano, BTEX, Benceno, Tolueno, Etilbenceno, O-Xileno, m+p-Xileno, Compuestos Fenólicos, Pentaclorofenol, Pesticidas Organofosforados, Pesticidas Organoclorados.

Como se indicó anteriormente, para establecer la línea base de calidad de agua superficial, los resultados de cada muestra fueron comparados con el Reglamento Técnico DGNTI COPANIT 35-2019, “Medio Ambiente y Protección de la Salud. Seguridad. Calidad del Agua. Descarga de Efluentes Líquidos a Cuerpos y Masas de Aguas Continentales y Marinas”. Adicional, se compararon los valores de los parámetros muestreados con el Anteproyecto de Norma de calidad Ambiental para Aguas Naturales (Clase 2C) y la norma 2610-EAC-111 “Norma para descarga de efluentes y metodología para su verificación” de la Autoridad del Canal de Panamá y con las siguientes normas internacionales de referencia:

- Directrices Canadienses de Calidad Ambiental – Agua / Vida Acuática. Canadian Environmental Quality Guidelines (CCME).
- Criterios de Calidad del Agua Recomendados a Nivel Nacional – Tabla de Criterios de vida acuática / agua dulce - EPA.

En las Tablas N° 6-30, se muestran los resultados de los parámetros analizados, resaltando en “negrita” aquellos parámetros igual o mayor que el límite máximo permisible establecido en las normas de referencia, en al menos uno de los puntos muestreados. El informe de análisis emitido por el Laboratorio Corporación Quality Services, S.A. se muestran en el Anexo 6-2.3.

Tabla N°6-30: Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua Superficial.

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	SÍMBOLO	LMP COPANIT 35-2019	ANTEPROYECTO DE NORMA CALIDAD AMB AGUAS NAT(***)	LMP 2610 -EAC-111	NORMAS DE REF. INTER. a. CCME / b. EPA	EM7	EM 17B	EM 18A	EM 18B
							QUEBRADA S/N	RAINFOREST	RÍO FARFÁN AGUAS ARRIBA	RÍO FARÁN AGUAS ABAJO
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	20	< 10	20	---	<5	<5	< 5.0	< 5.0
*Ácido Bórico	mg/L	H3BO3	2	---	---	---	<0.001	<0.001	<0.003	<0.003
**Aluminio	mg/L	Al	5	< 100 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	2	---	0.03	0.02	0.283	3.37
*Arsénico	mg/L	As	0.5	< 5 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	0.5	0.005 ^a 0.340 ^b	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
*Cadmio	mg/L	Cd	0.01	< 1 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	0.05	0.0018 ^b	<0.001	0.005	<0.001	<0.001
*Calcio	mg/L	Ca	1000	---	---	---	72.86	12.27	13.57	41
*Cianuro Total	mg/L	CN	0.2	< 5 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	0.2	0.022 ^b	0.012	0.004	<0.002	<0.002
**Cloro Residual Libre	mg/L	Cl2	1.5	< 10 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	1.5	---	0.16	0.15	< 0.01	< 0.01
Cloruros	mg/L	Cl2	400	< 250	---	640 ^a 860 ^b	27.4	27.4	199.1	9000
**Cobre	mg/L	Cu	1	< 10 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	3	---	0.3	< 0.01	0.15	0.37
**Coliformes Termotolerantes o fecales	UFC/ 100 ml	CF	500	<1000	1000	---	7.0x10 ³	3.0x10 ³	3900	2800
**Coliformes Totales	NMP/100 ml	CT	1000	---	---	---	>2.419x10 ⁵	>2.42x10 ⁵	1.98x10 ⁵	5.50x10 ³
**Color Verdadero	UC		300	---	---	---	8	2	138	58
*Compuesto Fenólicos	mg/l		0.5	---	0.5	0.004	<0.001	<0.001	<0.0053	<0.0053
Conductividad	$\mu\text{s}/\text{CM}$	Conductividad	2000	---	---	---	241	591	455	31500
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr6+	0.05	---	---	---	0.037	0.037	0.12	0.05
**Cromo Total	mg/L	Cr	5	< 50 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	0.5	---	0.02	0.02	0.1	1.3
**Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	DBO5	50	< 5	35	---	4.06	< 2.0	2.9	< 2.0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	DQO	100	---	100	---	13	6	21	463
**Enterococos	NMP/100 ml	ENT	100	---	---	---	648.8	88	426	130
**Escherichia coli	NMP/100 ml	EC	250	---	---	---	727	1.73x10 ³	2130	1880
Fósforo Total	mg/L	P	10	< 1.0	5	---	0.2	0.2	0.88	1.16
**Hidrocarburos Totales	mg/L	HC	5	< 50 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	5	---	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0
Hierro Total	mg/L	Fe	5	---	---	---	0.47	0.05	3.84	0.85
**Manganeso	mg/L	Mn	0.5	---	---	---	0.6	0.2	2.1	0.7
*Mercaptanos	mg/L		0.02	---	---	---	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
*Mercurio	mg/L	Hg	0.001	< 0.2 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	0.005	0.026 ^a 0.0014 ^b	<0.001	<0.001	<0.007	<0.007
*Metanol	mg/L	CH3OH	4.1	---	---	---	<0.17	<0.17	<0.17	<0.17
*Níquel	mg/L	Ni	0.2	< 25 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	0.2	0.470 ^b	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Nitratos	mg/L	NO3	10	< 10	---	---	2.5	1.5	1.2	3.7
Nitrógeno Amoniacoal	mg/L	NH3-N	3	< 1.0	---	---	0.5	2	1.2	1.1
**Nitrógeno Total	mg/L	N	15	---	15	---	3.1	3.5	2.4	4.88
*Organoclorados										
Alfa BHC	mg/L		1.5	---	---	---	<0.00005	<0.00005	<0.0014	<0.0014
Beta BHC	mg/L		1.5	---	---	---	<0.00005	<0.00005	<0.0011	<0.0011
Gama BHC	mg/L		1.5	---	---	---	<0.00005	<0.00005	<0.0096	<0.0096

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	SÍMBOLO	LMP COPANIT 35-2019	ANTEPROYECTO DE NORMA CALIDAD AMB AGUAS NAT(**)	LMP 2610 -EAC-111	NORMAS DE REF. INTER. a. CCME / b. EPA	EM7	EM 17B	EM 18A	EM 18B
							QUEBRADA S/N	RAINFOREST	RÍO FARFÁN AGUAS ARRIBA	RÍO FARÁN AGUAS ABAJO
Delta BHC	mg/L		1.5	---	---	---	<0.00005	<0.00005	<0.00080	<0.00080
Cis-Clordano	mg/L		1.5	---	---	---	<0.00005	<0.00005	<0.0016	<0.0016
Endosulfan II	mg/L		1.5	< 0.056 (μ g/L)	---	---	<0.00005	<0.00005	<0.0028	<0.0028
Endosulfan Sulfato	mg/L		1.5	---	---	---	<0.00005	<0.00005	<0.00080	<0.00080
Endrin Aldehído	mg/L		1.5	---	---	---	<0.00005	<0.00005	<0.0011	<0.0011
Endrin Cetona	mg/L		1.5	---	---	---	<0.00005	<0.00005	<0.0015	<0.0015
Endrin	mg/L		1.5	< 0.004 (μ g/L)	---	---	<0.00005	<0.00005	<0.0011	<0.0011
Metoxicloro	mg/L		1.5	---	---	---	<0.00005	<0.00005	<0.0016	<0.0016
Trans-Clordano	mg/L		1.5	---	---	---	<0.00005	<0.00005	<0.0012	<0.0012
*Organofosforado										
Disulfoton	mg/L		1.5	---	---	---	<0.0002	<0.0002	<0.00084	<0.00084
EtilParation	mg/L		1.5	---	---	---	<0.0002	<0.0002	<0.00072	<0.00072
Fampur	mg/L		1.5	---	---	---	<0.0002	<0.0002	<0.0012	<0.0012
Forato	mg/L		1.5	---	---	---	<0.0002	<0.0002	<0.00077	<0.00077
MetilParation	mg/L		1.5	---	---	---	<0.0002	<0.0002	<0.00092	<0.00092
*Pentaclorofenol	mg/L	C6OHCL5	0.009	< 9 (μ g/L)	---	---	<0.00147	<0.00147	<0.0036	<0.0036
*Plomo	mg/L	Pb	0.05	---	0.1	0.065 ^b	<0.001	<0.001	0.233	0.086
Potencial de Hidrógeno	-	Ph	5.5-8.5	6.0 – 9.0	5.5-9.0	---	5.2	5.58	7.14	6.13
*Sodio	%	Na	35	---	---	---	0.02952	0.03164	0.01995	0.31
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	STD	500	< 500	---	---	127	127	204	25700
**Sólidos Sedimentables	ml/L	S.SED	15	---	1	---	< 0.1	< 0.1	2	< 0.1
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SST	35	---	50	---	8.5	< 2.42	27	17.1
Sulfatos	mg/L	SO4 2-	1000	< 250	---	---	5	5	442	1450
**Sulfuros	mg/L	S2-	1	< 0.005	1	---	9	< 5.0	14	25
**Surfactantes	mg/L	SAAM	5	---	---	---	1.617	1.617	0.047	0.012
Temperatura *1	°C	ΔT	+/- 3	<3	<35°C	---	29.6	27	30.4	30.7
*Tolueno	mg/L	C6CH5CH	0.7	< 2 (μ g/L)	---	---	<0.25	<0.25	<0.00041	<0.00041
*Tricloroetano	mg/L	CH2CL3	0.04	< 20 (μ g/L)	---	---	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
*Triclorometano	mg/L	CHCL3	0.02	---	---	---	0.00073	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Turbiedad	UNT	UNT	30	100	---	---	4.8	2.78	30.3	16.8
*Vibro Cholerae	Ausencia /I	V.cholera	Ausencia	---	---	---	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Xileno										
*O-Xileno	mg/L	C6H4C2H6	0.05	---	---	---	<0.25	<0.25	<0.0016	<0.0016
m+p - Xileno	mg/L		---	---	---	---	<0.50	<0.50	<0.0016	<0.0016
*Benceno	mg/L		---	< 5 (μ g/L)	---	0.37 ^a	<0.25	<0.25	<0.00038	<0.00038
*Etilbenceno	mg/L		---	< 90 (μ g/L)	---	---	---	<0.25	<0.0005	<0.0005
Zinc	mg/L	Zn	3	< 180 (μ g/L)	10	0.120	0.01	0.01	< 0.01	< 0.01

Fuente: Informe de Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar. Corporación Quality Services, S.A.

(*) Parámetro subcontratado a un laboratorio externo.

(**) Parámetro no cubierto por el alcance de la acreditación

(***) Clase 2C, Tabla estándar de referencia.

Según los resultados obtenidos, mostrados en la Tabla N° 6-30, los siguientes parámetros corresponden a aquellos cuyos valores son iguales o mayores al límite máximo permisible según el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2019, o sobre los valores indicados en las normas de referencia.

- **Aluminio:** para este metal se presentó el valor de 3.37mg/l en el punto EM18B (Río Farfán aguas abajo), el cual comparado con la norma 2610-EAC-111 de la ACP, se observa que excede el límite máximo permisible de 2mg/l.
- **Cianuro Total:** Se observa que el punto EM7 presentó un valor de 0.012 mg/L, el cual excede el valor de referencia del anteproyecto de norma de calidad ambiental de aguas naturales, el cual establece un valor de < 5 µg/L (0.005 mg/L).
- **Cloro Residual:** Los puntos EM7 y EM17B, presentaron valores de 0.16 mg/L y 0.15 mg/L, respectivamente; excediendo el valor de referencia del anteproyecto de normas de calidad ambiental de aguas naturales, el cual establece un valor de < 10 µg/L (0.010 mg/L)
- **Cloruro:** se observa el punto EM 18B (Río Farfán aguas abajo) con resultado de 9000mg/l, excediendo el límite máximo permisible de todas las normas de referencia. Según se indica en las directrices canadienses sobre la calidad del agua para la protección de la vida acuática, el ion cloruro se produce comúnmente como una sal. Las fuentes naturales de cloruro en los sistemas acuáticos incluyen lagos salinos naturales y descargas de aguas subterráneas de acuíferos salinos e inclusive la intrusión de agua de mar. También es utilizado como un indicador del aumento de la urbanización en una cuenca hidrográfica.
- **Cobre:** Los puntos EM7, EM18A y EM18B, presentaron valores de 0.0.3 mg/L, 0.15 mg/L y 0.37 mg/L, respectivamente. Estos resultados exceden el valor de referencia del anteproyecto de normas de calidad ambiental de aguas naturales de < 10 µg/L (0.010 mg/L).
- **Coliformes Fecales:** todas las muestras presentan resultados con valores por encima del límite máximo permisible de 500 UFC / 100ml, según el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2019, valor de referencia del Anteproyecto de Normas de Calidad Ambiental de Aguas Naturales = < 1000 UFC/100mL y LMP = 1,000 UFC/100ml establecido en la norma 2610-EAC-111 de la ACP. Los valores

obtenidos en los puntos que exceden dichos límites máximos permisibles fueron: EM 7 = 7.0×10^3 UFC / 100ml; EM 17B = 3.0×10^3 UFC / 100ml; EM 18A = 3900 UFC / 100ml y EM 18B = 2800 UFC / 100ml, siendo el punto EM 7 (Quebrada Sin Nombre - Lado Oeste) con el mayor valor. Los Coliformes Fecales están relacionados con la contaminación fecal.

- **Coliformes Totales:** los coliformes totales son organismos bacterianos que se utilizan como indicador de contaminación de agua y alimentos. Al igual que los Coliformes Fecales, todas las muestras presentaron valores por encima del límite máximo permisible de 1000 NMP/100ml indicado en el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2019. Los resultados que se obtuvieron para este parámetro son: EM 7 = $>2.419 \times 10^5$ UFC / 100ml; EM 17B = $>2.42 \times 10^5$ UFC / 100ml; EM 18A = 1.98×10^5 UFC / 100ml y EM 18B = 5.50×10^3 UFC / 100ml.
- **Enterococos:** se obtuvieron resultados sobre el límite máximo permisible (LMP = 100 NMP / 100ml – DGNTI-COPANIT 35-2019) en los puntos EM 7 (648.8 NMP / 100ml), EM 18A (426 NMP / 100ml) y EM 18B (130 NMP / 100ml).
- **Escherichia Coli:** todos los puntos de muestreo arrojaron valores sobre el límite máximo permisible establecido en el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2019 (LMP = 250 NMP/ 100ml). El E. coli es parte de la población bacteriana y es el género de coliformes más representativos de las fuentes de contaminación fecal.

El grupo de parámetros conformados por Coliformes Totales y Fecales, Escherichia Coli y Enterococos, son indicadores de contaminación de las aguas superficiales, por aporte de aguas residuales con contenidos fecales.

- **Conductividad Eléctrica:** la conductividad eléctrica es una medida indirecta de la concentración de sales en una solución o de la concentración de solutos. Para este parámetro se identificó el punto EM 18B con resultado de 31500 $\mu\text{s}/\text{CM}$, sobrepasando el Límite Máximo Permisible de 2000 $\mu\text{s}/\text{CM}$ indicado en el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2019.
- **Cromo Hexavalente:** el cromo hexavalente es un compuesto tóxico que a veces se encuentra en el agua, es una forma cancerígena del cromo metálico en estado de oxidación, inodoro e insípido y se puede encontrar naturalmente en rocas, suelos y plantas. Para este compuesto, se presentan los puntos EM 18A (Aguas

arriba) y EM 18B (Aguas abajo) del río Farfán, con valores igual o por encima al límite máximo permisible (LMP = 0.05mg/l – COPANIT 35-2019), con resultados de 0.12mg/l y 0.05mg/l, respectivamente.

- **Cromo Total:** se obtuvieron resultados sobre el Límite máximo permisible establecido en la norma 2610-EAC-111 de la ACP (LMP = 0.5mg/l) y el Anteproyecto de Norma de Calidad Ambiental para aguas Naturales (Valor de referencia = < 50 µg/L), en el punto EM18A con un valor de 1.5mg/l.
- **Demandia Química de Oxígeno:** la demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en el agua, sin la intervención de los organismos vivos. Efectúa la determinación del contenido total de materia orgánica oxidable, sea biodegradable o no. Para este parámetro se identificó el punto EM 18B (Aguas abajo del río Farfán) con un valor de 463mg/l sobre el Límite máximo permisible de 100mg/l (COPANIT 35-2019).
- **Manganese:** el Manganese es un compuesto comúnmente encontrado en todas las partes de la tierra. Se presentaron resultados de Manganese sobre el límite máximo permisible (LMP = 0.5mg/l – COPANIT 35-2019) en el punto EM 7, con una concentración de 0.6mg/l, punto EM 18A con una concentración de 2.1mg/l y el punto EM 18B con 0.7mg/l.
- **Nitrógeno Amoniacal:** Los puntos EM17B, EM18A y EM18B, presentaron valores de 2 mg/L, 1.2 mg/L y 1.1 mg/L, respectivamente. Estos resultados exceden el valor de referencia del anteproyecto de normas de calidad ambiental de aguas naturales de < 1 mg/L.
- **Plomo:** se presentaron concentraciones mayores al límite máximo permisible establecidos en las normas de referencia (COPANIT 35-2019/LMP= 0.05mg/l; 2610-EAC-111/LMP=0.1mg/l; EPA/LMP = 0.065mg/l) en los puntos EM 18A y EM 18B con valores de 0.233mg/l y 0.086mg/l, respectivamente.
- **Potencial de Hidrógeno:** se obtuvo valor por debajo del rango establecido para el pH en el punto EM7 (5.2) y EM 17 (5.58), siendo este último comparado con el Anteproyecto de Norma de Calidad Ambiental para Aguas Naturales, lo cual indica un agua más ácida. En general, el pH es considerado como un potencial del

indicador de la calidad del agua. Controla las cantidades en que se disuelven muchas sustancias.

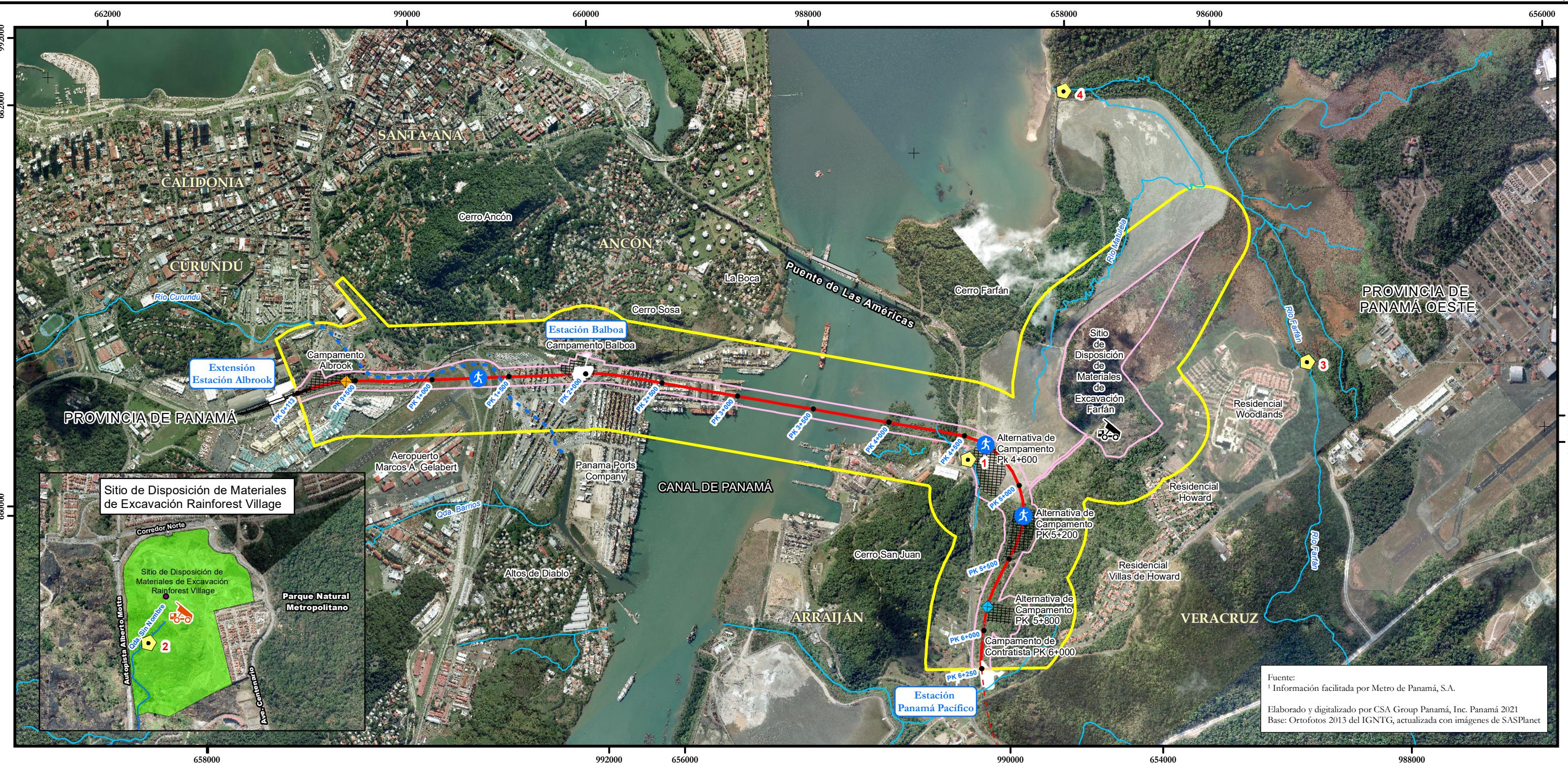
- **Sólidos Totales Disueltos:** la medida de sólidos totales disueltos es un índice de la cantidad de sustancias disueltas en el agua. De las muestras de agua superficial, se observa que el punto EM 18B (Aguas abajo) muestra una concentración de 25700mg/l, excediendo el límite máximo permisible de 500mg/l, según el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2019 y del anteproyecto de norma de calidad ambiental de aguas naturales, el cual presenta un valor de referencia de < 500 mg/L.
- **Sólidos Sedimentables:** en el punto EM18A se obtuvo el resultado de 2mg/l, el cual excede el Límite máximo permisible indicado en la norma 2610-EAC-111 de la ACP (1mg/l)
- **Sulfatos:** el Ion Sulfato (SO₄2-) es la forma oxidada estable del azufre, siendo muy soluble en agua. De las muestras de agua superficial, se muestra el punto EM 18B con un resultado de 1450mg/l, excediendo el límite máximo permisible de 1000mg/l. – COPANIT 35-2019 y el valor de referencia del anteproyecto de norma de calidad ambiental de aguas naturales (<250 mg/L), al igual que el punto EM 18A, el cual presentó un resultado de 442 mg/L.
- **Sulfuros:** Las muestras que presentaron valores por encima del Límite Máximo Permisible de las normas COPANIT 35-2019 y 2610-EAC-111 (LMP = 1mg/l) fueron: EM7 con 9mg/l, EM 18A con 14mg/l y EM 18B con 25mg/l. Para el punto EM 17B, se presentan valores menores de 5mg/l. La presencia de sulfuro en aguas residuales proviene en gran parte de la descomposición de la materia orgánica, algunas veces de desechos industriales³². Todos los puntos muestreados presentan resultados que exceden el valor de referencia del anteproyecto de norma de calidad ambiental para aguas naturales (<0.005 mg/L)
- **Turbiedad:** la turbidez o turbiedad es una medida de la dispersión de la luz por el agua como consecuencia de la presencia en la misma de materiales suspendidos coloidales y/o particulados. Para este parámetro se observa que el punto EM 18A,

³² Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia. Sulfuro en Agua por Volumetría. 2007.

con resultado de 30.3 UNT, excede levemente el LMP de 30mg/l.- COPANIT 35-2019.

Según los resultados presentados, se puede observar la presencia de coliformes totales y fecales en todos los puntos, lo cual son característicos de la contaminación por bacterias asociadas a la ocurrencia de agentes patógenos y a un riesgo de afectación en la salud de las personas. Estos parámetros son empleados para evaluar la calidad higiénica del agua y la calidad sanitaria del agua, respectivamente. (Aurazo, 2004), y los mismos pueden relacionarse con los altos niveles de Escherichia Coli.

No se registraron valores de hidrocarburos totales, aceites y grasas, pesticidas organoclorados ni organofosforados que sobrepasaran el límite máximo permisible o valores detectables.



Leyenda	
	Agua Superficial
●	PK cada 500 m
	Trinchera /Pozo de Extracción Este ¹
	Trinchera/Pozo de Ataque Oeste ¹
	Possible Pozo de Evacuación ¹
	Alineamiento del Proyecto ¹
	Línea 3 del Metro ¹
	Zona de Transición ¹
	Ríos Principales
	Cajón del Río Curundú ¹
	Sitio de Disposición de Materiales de Excavación
	Farfán
	Rainforest Village
	Campamento ¹
	Estación ¹
	Límite de Corregimiento
	Área de Influencia
	Área de Influencia Directa (AID)
	Área de Influencia Indirecta (All)

Ubicación de Sitios de Muestra de Agua Superficial			Coordinadas UTM	
ID	Punto	Ubicación	Este	Norte
1	EM 7	Quebrada Sin Nombre, ubicada a un costado de la carretera Panamericana, área de construcción de Campamento PK 5+200.*	656246	989019
2	EM 17B	Fuente de agua estacional, ubicada en el sitio de disposición de material de excavación "Rainforest Village".	660635	999787
3	EM 18A	Río Farfán aguas arriba, colindante con el sitio de disposición de material de excavación Farfán, cercano al Residencial Woodlands	655314	986919
4	EM 18B	Río Farfán aguas abajo, colindante con el sitio de disposición de material de excavación Farfán.	657683	986999

Nota: *El siguiente campamento es alternativa: Campamento PK 5+200



Escala: 1:25,000

0 200 400 800 m

Sistema de Coordenadas: WGS 1984, UTM
Zona 17N Proyección - Transversal de Mercator.

SITIO DE MUESTRA DE AGUA SUPERFICIAL

Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Proyecto de Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá

Promotor:



REPÚBLICA DE PANAMÁ

GOBIERNO NACIONAL

Consultor:



EST. 1956

6.1.1.a. Caudales (máximo, mínimo y promedio anual)

El caudal máximo es el caudal que se presenta en un año determinado, también es asociado a los eventos extremos los cuales traen como consecuencias inundaciones en frecuencia en las estaciones lluviosas. Los caudales mínimos por su parte se determinan por el menor caudal que se presenta durante un año determinado.

Como se ha señalado en los puntos anteriores, dentro del área de influencia del proyecto podemos encontrar cursos de agua superficiales significativos como el río Curundú, río Farfán y río Matutela. Para cada uno de estos cauces, cuya área de drenaje superan las 250Has, se calcularon los caudales por medio del método indicado en el Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá, de la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA. Este método se basa en la identificación de zonas con regiones hidrológicamente homogéneas que definen la evaluación de crecidas en las distintas cuencas de la República de Panamá. Cada una de estas zonas se complementa con ecuaciones que permiten estimar caudales promedios máximos a lo que se aplica un factor específico por zona para encontrar el caudal máximo instantáneo para cada cuenca y distintos períodos de retorno como se muestra en la Figura N° 6-26.

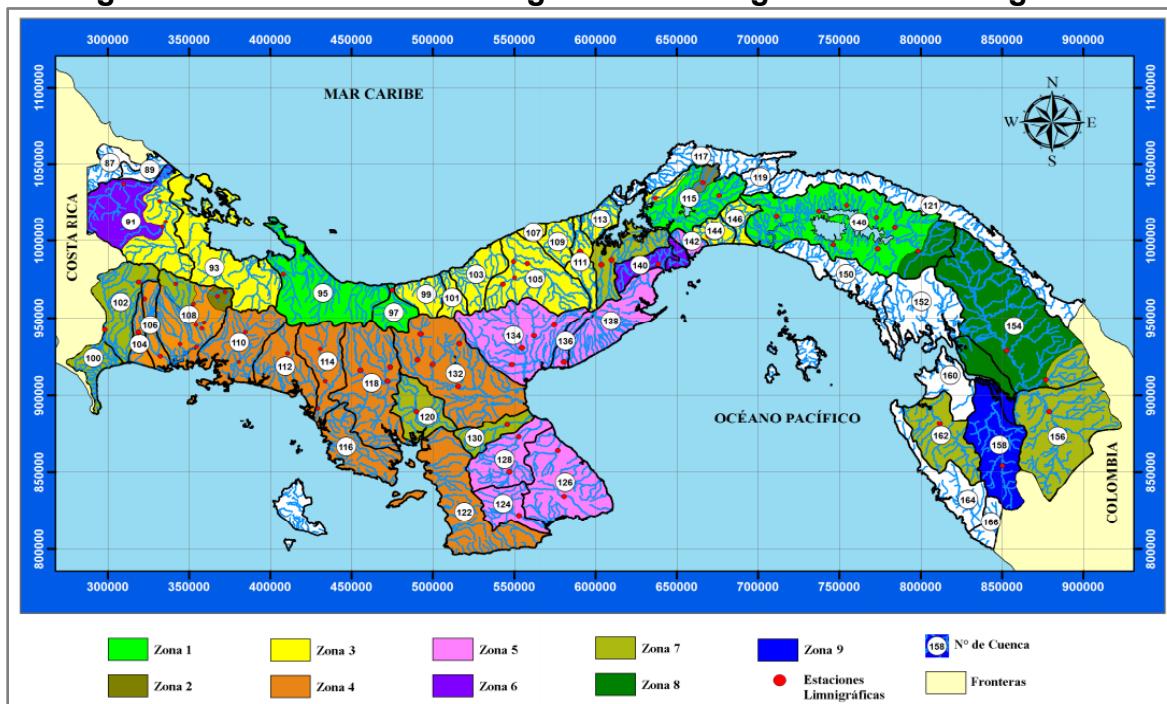
En la Tabla N° 6-31 se muestra los resultados de caudales para períodos de retorno TR de 10, 50 y 100 años.

Tabla N°6-31: Caudal promedio y máximo.

CAUDALES SEGÚN MÉTODO DE CRECIDAS MÁXIMAS DE ETESA						
RÍO	ÁREA Km ²	ZONA	QPROM.	Q – TR10	Q – TR50	Q. – TR100
			m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Curundú	16.67	5	73.63	122.22	174.50	197.32
Farfán	9.87	6	54.04	88.62	125.37	142.66
Matutela	3.63	6	29.97	49.15	69.53	79.12

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Figura N°6-26: Zonas con Regiones Hidrológicamente Homogéneas



Fuente: Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá, de la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA

6.6.1.b. Corriente mareas y oleaje.

• Corrientes marinas

Las corrientes de las costas del Pacífico panameño, presentan dos patrones de corrientes dominantes que viajan en direcciones Este-Oeste, y se presenta con más fuerza durante la estación lluviosa y se desplaza a una velocidad que varía entre 0.3 y 1.5 nudos dependiendo de la época del año (más fuerte en época lluviosa) y un ancho en superficie de 20km y ejerce una influencia de 250m de profundidad.³³

En cambio, en el Golfo de Panamá, durante la estación seca, la circulación es anticiclónica y débil y se da el fenómeno denominado “Afloramiento Costero” que ocurre en la estación seca a causa de vientos del Norte, presente entre los meses de enero a abril. El cual consiste en el desplazamiento de las aguas cálidas y poco densas de la

³³ ARAP- (2010), Documento de Referencia para la Elaboración de EsIA en Zonas Marino Costeras y Aguas Continentales, consultado en junio 2021.

superficie, hacia áreas oceánicas, por los vientos, las cuales son reemplazadas por las aguas más profundas, que surgen desde el fondo (entre 100 a 150 metros), donde los vientos desplazan las aguas superficiales más cálidas hacia zonas abiertas del mar, la cual trae como consecuencia la disminución de la temperatura superficial del mar que puede disminuir de 15°C y otra consecuencia es el incremento de los nutrientes, lo que induce al crecimiento exponencial de la producción primaria y de las redes tróficas, éstos están presentes a lo largo de todo el Pacífico de Panamá³⁴.

En la estación lluviosa, el golfo cambia su corriente de circulación anticiclónica a ciclónica con corrientes costeras que van hacia el Oeste con un flujo promedio de 0.3-0.5 nudos (0.15-0.26m/s) en la parte norte de la Bahía. La generación de corrientes por parte de los vientos implica la transferencia de energía cinética desde el viento hasta la superficie marina, lo que produce tanto oleaje como corrientes. Estudios realizados anteriormente en la Bahía de Panamá han llegado a la conclusión de que los vientos locales contribuyen poco a la magnitud y el patrón de las corrientes que se encuentran en el sector Norte de la Bahía.

- **Mareas**

Las mareas del Pacífico panameño se caracterizan por la presencia de mareas predecibles, conocidas como semi-diurnas, con dos niveles máximos y dos niveles mínimos por día, en un periodo de 24.00 horas.

Para el análisis de las mareas se utilizaron los datos de las Estaciones Mareográficas Amador y Diablo Heights de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), donde se realizaron comparaciones entre las tablas de Alturas de Mareas, para el período 2009 - 2020, para ambas estaciones, la cual registra los niveles de pleamar entre 24.19 - 22.45 pie y su bajamar entre los 2.56 – 0.10 pie. (Ver Anexo 6-3.2).

Estos valores de pleamar máxima se registraron para ambas Estaciones en el 2015 donde la Estación Amador registró una pleamar de 23.97 pie y la Estación de Diablo

³⁴ ARAP (2010), Documento de Referencia para la Elaboración de EsIA en Zonas Marino Costeras y Aguas Continentales, consultado en junio 2021.

Heights con 24.19 pie. En cuanto a la bajamar se diferencia en los años de registro, para la Estación Amador se registró una bajamar en el 0.66 pie en el 2020 y la Estación Diablo registro 0.1 pie en el 2011 y 2019, como se observa en la Tabla N° 6-32.

Tabla N°6-32: Datos de la Estación Mareográfica de Amador y Diablo Heights.

Nº	NOMBRE	ELEVACIÓN	MAREA ALTA O PLEAMAR PIE	MAREA BAJA O BAJAMAR PIE	COORDENADAS	
			(2009-2020)	(2009-2020)	LATITUD	LONGITUD
1	Amador (AMA) 210	1.50 m	23.97	0.66	661066.2	986028.3
2	Diablo Heights (DHT) 610 - 611	5.00 m	24.19	0.10	656844.6	991342.3

Fuente: Autoridad del Canal de Panamá (ACP)

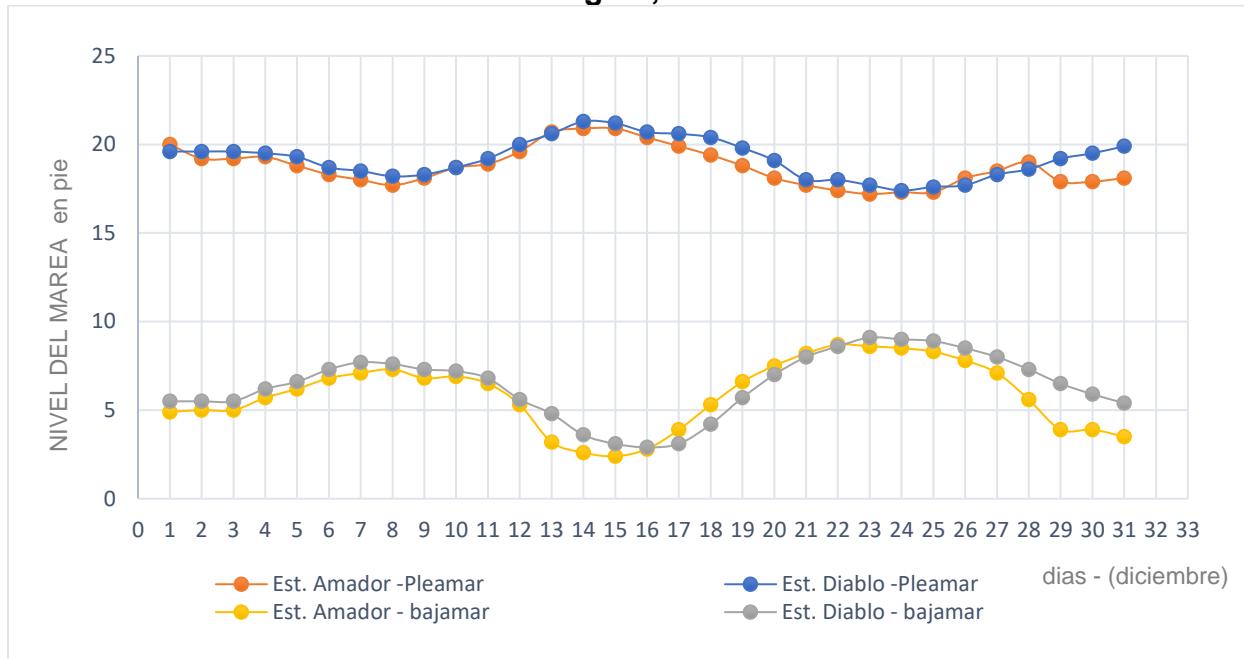
Dentro del análisis mensual realizado se pudo observar que las mayores pleamar se registraron entre los meses de septiembre, octubre y noviembre, siendo esta entre 24.19 - 23.31 pie; sin embargo, no coinciden en los meses para los valores de la bajamar, ya que se observó que en la Estación de Diablo Heights los meses que registraron bajamar fueron junio, agosto y septiembre con valores entre 0.57 a 0.16 pie y en la Estación Amador los meses con valores de bajamar se encuentran marzo, abril y agosto con valores entre 1.2 – 0.70 pie.

Tomando en cuentas los datos más recientes, donde se interpretó los valores máximo-diarios del mes de diciembre del 2020 para ambas Estaciones las cuales podemos observar en el Gráfico N° 6-15, con el objetivo de identificar el día donde ocurrió el máximo de pleamar y bajamar para ese mes, obtuvimos los siguiente:

- El 14 de diciembre en la Estación Amador se registró una pleamar de 20.9 pie, que de igual manera se registró en la Estación de Diablo Heights con 21.30 pie con una diferencia de 0.40 pie entre ambas Estaciones.
- El 15 de diciembre la Estación de Amador registra su valor más bajo de bajamar en 2.40 pie; sin embargo, en la Estación de Diablo Heights, para la misma fecha se registra una bajamar de 3.10 pies con una diferencia de 0.70 pie.

- El 16 de diciembre la Estación de Diablo Heights registra su más baja bajamar de 2.90 pie.

Gráfico N° 6-15. Pleamar y Bajamar de las Estaciones Amador y Diablo Heights, diciembre 2020



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Tomando en consideración las interpretaciones anuales, mensuales y diarias podemos indicar que en la pleamar de las dos estaciones coincide; sin embargo, en la bajamar se dan diferencias.

• Oleaje

Las olas del Océano Pacífico panameño tienen un período de 18 segundos, longitud de onda de 505.4m, celeridad de 27.7m/s y dirección de propagación hacia la Bahía de Panamá de 205° SSO en agua profunda.³⁵

Para el Golfo de Panamá, las alturas de las olas varían entre los 0.5m y los 2.5m donde la mayoría de las olas que llegan son de 200° a 250° y presentan poca variación estacional en cuanto a su dirección.

³⁵ EsIA Proyecto Diseño, construcción, desarrollo y operación de un puerto de trasbordo de contenedores en el área de Corozal Oeste del Canal de Panamá, 2016

En la Bahía de Panamá, las olas presentes en aguas profundas son formadas por vientos que soplan desde el sur de la región, fluctúan entre 1.00m y 1.25m desde diciembre hasta abril y entre 1.50m y 1.75m desde julio hasta noviembre. Se ha estimado que las tormentas locales pueden generar olas de 1m de altura y 3 segundos de duración.

- **Calidad del Agua de Mar**

Considerando que el alineamiento cruza de forma subterránea por el Canal de Panamá se realizó un muestreo de agua de mar en seis (6) puntos ubicados en el canal de navegación próximos al alineamiento del proyecto por medio de una vara extensora equipada con un recipiente de recolección inerte y una botella de captación modelo Niskin de acción remota. Las muestras de agua de mar fueron tomadas el 17 de junio de 2021 y la medición y análisis de parámetros fueron realizadas entre el 17 de junio y el 9 de julio de 2021, se tomaron dieciséis muestras simples, contemplando distintas profundidades para cada punto: superficial, medio y fondo. Las coordenadas de ubicación de los puntos de muestreo de agua de mar se presentan en la Tabla N° 6-33. Adicional en el Mapa de Muestra de Agua de Mar, se ilustra la ubicación geográfica de los 6 sitios de medición de agua de mar de línea base ambiental.

Tabla N°6-33: Coordenadas de ubicación de puntos de muestreo de agua de mar.

MUESTREO DE AGUA DE MAR				
Nº	PUNTO DE MONITOREO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
1	EMA 1-EM-01	Muestra de agua de mar colectada en 3 secciones de la columna de agua (Superficial, medio y fondo). Profundidad Total = 2.1 metros. Punto ubicado en el margen Este del canal de navegación, cercano a PIPSA, La Boca.	657457	989507
2	EMA 2-EM-02	Muestra de agua de mar colectada en 3 secciones de la columna de agua (Superficial, medio y fondo). Profundidad Total = 6.3 metros. Punto ubicado en el margen Este del canal de navegación. Cercano al astillero MEC Shipyards Balboa.	657466	989967
3	EMA 3-EM-03	Muestra de agua de mar colectada en 3 secciones de la columna de agua (Superficial, medio y fondo). Profundidad Total = 13.6 metros.	656987	989693

Nº	PUNTO DE MONITOREO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
		Punto ubicado en el margen Oeste del canal de navegación. Cercano a la Base Naval CdF Noel Rodríguez – SENAN.		
4	EMA 4-EM 04	Muestra de agua de mar colectada en Superficie. Profundidad Total = 1.6 metros. Cabe señalar que la profundidad total de este punto era menor a 2 metros, por lo que no se colectó muestra a nivel medio, ni profundo. Punto ubicado en margen Oeste fuera del canal de navegación. Cercano a la zona de manglares.	656834	989239
5	EMA 5-EM 05	Muestra de agua de mar colectada en 3 secciones de la columna de agua (Superficial, medio y fondo). Profundidad Total = 19.5 metros. Punto ubicado en el margen Oeste del Canal de Navegación.	657230	989398
6	EMA 6-EM 06	Muestra de agua de mar colectada en 3 secciones de la columna de agua (Superficial, medio y fondo). Profundidad Total = 19.2 metros. Punto ubicado cercano al eje de navegación del Canal de Panamá.	657268	989872

Fuente: Corporación Quality Services, S.A.

Los parámetros analizados y los medidos en campo se mencionan a continuación:

- Mediciones de campo: Temperatura, pH, conductividad eléctrica, Turbiedad y Cloro Residual.
- Análisis de Laboratorio:
 - Hidrocarburos Totales, Aceites y Grasas Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Surfactantes, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, E. Coli, Enterococos, Vibro cholerae, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Disueltos Totales Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables, Fósforo Total, Nitrato, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Total, Sulfato, Sulfuro, Cloruro, Color Verdadero, Zinc, Cobre, Hierro Total, Cromo Total, Cromo Hexavalente, Manganeso, Aluminio, Arsénico, Cadmio, Calcio, Níquel, Plomo, Sodio, Ácido bórico, Mercurio, Cianuro Total, Mercaptanos, Methanol, Trichloroethane, Trichloromethano, Benceno, Tolueno, Etilbenceno, O-Xileno, m+p-Xileno, Compuestos

Fenólicos, Pentaclorofenol, Pesticidas Organofosforados, Pesticidas Organoclorados.

Los parámetros analizados e indicados en párrafos anteriores corresponden a la línea base de calidad de agua de mar tomando como referencia los valores de límite máximo permisible establecidos en las siguientes normas:

- **Reglamento Técnico DGNTI COPANIT 35-2019**, “Medio Ambiente y Protección de la Salud. Seguridad. Calidad del Agua. Descarga de Efluentes Líquidos a Cuerpos y Masas de Aguas Continentales y Marinas”, 2019.
- **2610-EAC-111-** Norma para descarga de efluentes y metodología para su verificación de la Autoridad del Canal de Panamá, 2018.

También se hizo una revisión de los resultados obtenidos para las muestras de agua de mar con los valores estándar de referencia del Anteproyecto de Norma de Calidad Ambiental para Aguas Naturales, Clase 3M y los “Criterios de Calidad del Agua Recomendados a Nivel Nacional – Tabla de Criterios de Vida Acuática / Agua Salada” de United States Environmental Protection Agency (EPA).

Resultados del Muestreo de Agua de Mar:

En las Tablas N° 6-34, 6-35, 6-36, 6-37 y 6-38, se muestran los resultados de aquellos parámetros que muestran valores iguales o mayores a los límites máximos permisible establecidos en las normas de referencia, en al menos uno de los puntos muestreados, y cuyos resultados son resaltados en “**negrita**”. Los parámetros que no aparecen en las tablas corresponden a aquellos en los cuales se registraron niveles bajos de límite de referencia o no detectables.

El Informe de Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar el cual fue emitido por el Laboratorio Corporación Quality Services, S.A. se incluye en el Anexo 6-2.4, el informe incluye: datos técnicos, resultados de las muestras tomadas en campo, registro fotográfico, observaciones y conformidad.

A continuación, se describen los parámetros cuyos resultados muestran valores igual o mayor a los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2019:

- **Metales:** Resultados sobre el límite máximo permisible en Aluminio (LMP = 5mg/L – COPANIT 35-2019) en los puntos EMA 1 – EM01 (superficie = 8.083mg/L y medio = 5.297mg/L), EMA 5-EM05 (fondo = 6.981mg/L). Se observan también valores por encima del LMP según el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2019 para el Cadmio (LMP = 0.01mg/L) en los puntos EMA 1 – EM01 (superficie = 0.012mg/L), EMA 5-EM05 (medio = 0.013mg/L y fondo = 0.011mg/L) y EMA 6 – EM06 (fondo = 0.013mg/L).
- **Cianuro Total:** el cianuro total es la suma de los cianuros orgánicos, iones de cianuro libre, complejos cianurados y cianuro ligado a metales simples, los cuales son compuestos potencialmente tóxicos. Se obtuvieron valores de cianuro total sobre el límite máximo permisible (LMP = 0.2mg/L) en los puntos EMA 2 – EM02 (medio = 0.255mg/L) y EMA 6 – EM06 (medio = 0.266mg/L).
- **Cloruros:** en todas las muestras de agua de mar se presentaron valores superiores al límite máximo permisible de Cloruros (LMP = 400mg/L). Los cloruros son susceptibles de ocasionar una corrosión en las canalizaciones y en los depósitos, en particular para los elementos de acero inoxidable.
- **Cromo Hexavalente:** el cromo hexavalente es un compuesto tóxico que a veces se encuentra en el agua, es una forma cancerígena del cromo metálico en estado de oxidación. Para este parámetro, se obtuvieron resultados de cromo hexavalente igual o mayor que el límite máximo permisible (LMP = 0.05mg/L) en los puntos EMA 01 – EM01 (medio = 0.05mg/L, y EMA 5 – EM05 (superficial = 0.054mg/L).
- **Coliformes Fecales:** resultados de análisis con valores por encima del Límite máximo permisible (500 UFC / 100ml) en la mayoría de las muestras, exceptuando el punto EMA 2 – EM02 a nivel Medio y Fondo, cuyos resultados fueron igual a 500 UFC/100ml.

- **Coliformes Totales:** todas las muestras de agua de mar presentaron valores por encima del límite máximo permisible de este parámetro (LMP = 1000 NMP/100ml).
- **Enterococos:** se obtuvieron resultados sobre el límite máximo permisible (LMP = 100 NMP / 100ml) en los puntos EMA 1 – EM01 (Superficial = 325.5 NMP/100ml y medio = 142.1 NMP/100ml) y EMA 3 – EM03 (Superficial = 201.4 NMP/100ml).
- **Escherichia Coli:** Todos los puntos de muestreo arrojaron valores sobre el límite máximo permisible (LMP = 250 NMP/ 100ml), a excepción de la muestra EMA 2-EM02 (media), la cual presentó un resultado igual a 100 NMP/100ml. El grupo de parámetros conformados por Coliformes Fecales y Totales, Enterococos y Escherichia Coli, son parámetros utilizados como indicadores de contaminación del agua relacionado con el aporte de aguas residuales con fuentes de contaminación fecal.
- **Sólidos Totales Disueltos:** con concentraciones mayores a 500mg/L en todas las muestras de agua de mar. La alta concentración de sólidos disueltos es un indicador de una baja calidad de agua y problemas de balance de agua para algunos organismos individuales³⁶.
- **Conductividad:** todas las muestras de agua de mar presentan valores en sus resultados de análisis de Conductividad, por encima del Límite máximo permisible (LMP = 2000 μ s/CM). Este indicador del grado de mineralización (concentración iónica total) del agua está relacionada con la salinidad y la concentración Total de sólidos disueltos (TDS), los cuales también presentaron valores por encima del LMP de 500mg/L. y esto puede verse influenciado por la concentración de la salinidad del agua marina.
- **Demandा Química de Oxígeno:** se presentaron concentraciones por encima del LMP (100mg/L) en los puntos EMA 1-EM01 (Superficial = 111mg/L y medio = 103mg/L) y EMA 6 – EM06 (Superficial = 103mg/L). El DQO es la demanda química de oxígeno del agua, utilizada para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales (Industriales y

³⁶ ACP, Informe de Calidad de Agua de la Cuenca del Canal de Panamá. 2010.

municipales) e inorgánico de difícil degradación, presente en las aguas residuales. La relación de DBO5/DQO es un factor que indica la biodegradabilidad de las aguas residuales urbanas, según METCALF & EDDY (1995) esta se presenta en rango alto (≥ 0.4), normal (0.2-0.4) y baja (≤ 0.2). Al relacionar estos indicadores (DBO5/DQO) de los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio de las muestras de agua marina, en los puntos de muestreo que sobrepasaron el LMP para DQO, se obtienen valores menores de 0.2 para el índice de biodegradabilidad, lo cual indica que los microorganismos no puedan degradar la materia orgánica presente en el agua de manera fácil y rápida³⁷.

- **Manganese:** el Manganese es un compuesto comúnmente encontrado en todas las partes de la tierra, y según se establece en el Decreto 475/98 de Colombia, exposiciones de concentraciones mayores a 0.1mg/l de manganese presentan efectos a la salud a nivel del tracto respiratorio y en el cerebro³⁸. Para este compuesto se presentaron resultados sobre el límite máximo permisible (LMP = 0.5mg/L) en los puntos EMA 1 – EM01 (Medio = 0.7mg/L), EMA 2 – EM02 (superficie = 1mg/L y medio = 0.8mg/L), EMA 3 - EM03 (medio = 0.6mg/L), EMA 4- EM04 (superficie = 0.7mg/L), EMA 5 (superficie = 1.4mg/L) y EMA 6 – EM06 (superficie = 0.8mg/L y fondo = 0.7mg/L).
- **Metanol:** de los resultados presentados para Metanol, se obtuvieron valores por encima del límite máximo permisible (LMP = 4.1mg/L) en los puntos EMA 1-EM01 (fondo = 5.4mg/L), EMA 2- EM02 (superficie = 11mg/L), EMA 3- EM02 (medio = 6.4mg/L) y EMA 6 -EM06 (fondo = 4.3mg/L). El metanol es un disolvente industrial y se emplea como materia prima en la fabricación de formaldehido. También se emplea como anticongelante en vehículos, combustibles de bombas de camping-gas, disolventes de tintas, tintes, resinas

³⁷ Análisis de la descarga de aguas grises por la Cafetería del Edificio N° 1 de la Universidad Tecnológica de Panamá. Vol. 4 N° 1. Junio 2018.

³⁸ Remoción de Hierro y Manganese por Oxidación-Filtración para agua potable. Burbano, L. y Sánchez, L.D.

y adhesivos³⁹. La presencia de este compuesto puede relacionarse con el aporte de efluentes de origen industrial.

- **Sulfatos:** se obtuvieron resultados por encima del límite máximo permisible ($LMP = 1000\text{mg/L}$) en los puntos EMA 1 – EM01 (superficial = 1677mg/L , medio = 1666mg/L y fondo = 1512mg/L), EMA 2- EM02 (superficial = 1373mg/L , medio = 1333mg/l y fondo = 1470mg/L), EMA 3 – EM03 (superficial = 1427mg/L , medio = 1456mg/L y fondo = 1440mg/L), EMA 4 – EM04 (superficial = 1354mg/L), EMA 5- EM05 (fondo) 1040mg/L y EMA 6-EM06 (fondo = 1096). El sulfato es un ion de sal de ácido sulfúrico, e indicador de contaminación por aguas residuales. La contaminación de las aguas naturales por las residuales afecta de manera importante la calidad del cuerpo de agua aumentando las concentraciones propias de sulfato en el mismo.⁴⁰

Adicional a los parámetros descritos anteriormente, con valores por encima del límite máximo permisible indicado en el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2019, con respecto a los límites máximos permisibles establecidos en la norma 2610-EAC-111 de la Autoridad del Canal de Panamá, se identificaron valores por encima del límite máximo permisible para el metal Aluminio ($LMP = 2\text{mg/L}$), en los puntos EM-01-EM01 (fondo = 4.324mg/L) y EMA 5 – EM05 (superficie = 2.921mg/L y medio = 2.223mg/L).

En cuanto al Anteproyecto de Norma de Calidad Ambiental para Aguas Naturales, Clase 3M, se observa que los resultados para el metal Aluminio, exceden el Valor de Referencia = $<100 \text{ ug/L}$, exceptuando el punto EMA 2 – EM02 (muestras Medio y Fondo). Todos los resultados de Cianuro Total y Cobre, exceden el valor de referencia de $< 1 \text{ ug/L}$ y $< 10 \text{ ug/L}$, respectivamente. Para el parámetro de Cromo Hexavalente, se identifica el punto EMA 5 – EM05 (superficie = 0.054mg/L , excediendo el valor de referencia de $< 50 \text{ ug/L}$

³⁹ GreenFacts. Facts on Health and the Environment.

⁴⁰ ACP, Informe de Calidad de Agua de la Cuenca del Canal de Panamá. 2010.

También se identificaron valores por encima de los criterios de calidad del agua recomendados a Nivel Nacional – Tabla de criterios de vida acuática de la EPA, en todos los resultados para Cobre y en los valores de zinc, se identificó el punto EMA 1 – EM01 (medio = 0.09mg/L) sobre el valor de referencia de la Tabla de criterios de vida acuática para agua salada.

Tabla N°6-34: Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar (EMA 1)

Nº	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	SÍMBOLO	LMP COPANIT 35-2019	ANTEPROYECTO DE NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUAS NATURALES (CLASE 3M)	LMP 2610-EAC-111	EPA (***)	EMA 1 – EM01	EMA 1- EM01	EMA 1-EM01
								SUPERFICIE	MEDIO	FONDO
1	Aluminio**	mg/L	Al	5	< 100 ug/L	2		8.083	5.297	4.324
2	Cadmio*	mg/L	Cd	0.01	< 40 ug/L	0.05	0.033	0.012	< 0.001	< 0.001
3	Cianuro Total*	mg/L	CN	0.2	< 1 ug/L	0.2	0.001	0.018	0.014	0.123
4	Cloruros	mg/L	Cl2	400	---	---		11131	12287	11350
5	Cobre	mg/L	Cu	1	< 10 ug/L	3	0.0048	0.09	0.06	0.16
5	Coliformes Termotolerantes o fecales**	UFC/ 100 ml	CF	500	---	1000		1.5X10^3	1.0X10^3	1.0X10^3
6	Coliformes Totales**	NMP/100 ml	CT	1000	---	---		2.42 X10^5	9.80X10^4	1.94 X10^4
7	Conductividad	µs/CM	Conductividad	2000	---	---		33900	34200	38100
8	Cromo Hexavalente	mg/L	Cr6+	0.05	< 50 ug/L	---		0.002	0.05	0.027
9	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	DQO	100	---	---		111	103	< 3
10	Enterococos **	NMP/100 ml	ENT	100	---	---		325.5	142.1	28.2
11	Escherichia coli **	NMP/100 ml	EC	250	---	---		1.35X10^3	960	970
12	Manganoso**	mg/L	Mn	0.5	---	---		0.1	0.7	0.7
13	Metanol*	mg/L	CH3OH	4.1	---	---		<0.17	<0.17	5.4
14	Sólidos Totales Disueltos	mg/L	STD	500	---	---		26500	29033.33	27166.67
15	Sulfatos	mg/L	SO4 2-	1000	---	---		1677	1666	1512
16	Zinc	mg/L	Zn	3	<120 ug/L	10	0.09	0.03	0.09	0.07

Fuente: Informe de Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar. Corporación Quality Services, S.A.

(*) Parámetro subcontratado a un laboratorio externo.

(**) Parámetro no cubierto por el alcance de la acreditación.

(***) Criterios de calidad del agua recomendados a nivel Nacional – Tabla de criterios de vida acuática / Agua Salada (aguda).

Tabla N°6-35: Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar (EMA 2)

Nº	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	SÍMBOLO	LMP COPANIT 35-2019	ANTEPROYECTO DE NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUAS NATURALES (CLASE 3M)	LMP 2610-EAC-111	EPA (***)	EMA 2 – EM02	EMA 2 – EM02	EMA 2 – EM02
								SUPERFICIE	MEDIO	FONDO
1	Aluminio**	mg/L	Al	5	< 100 ug/L	2	---	0.4	< 0.008	< 0.008
2	Cadmio*	mg/L	Cd	0.01	< 40 ug/L	0.05	0.033	< 0.001	< 0.001	< 0.008
3	Cianuro Total*	mg/L	CN	0.2	< 1 ug/L	0.2	0.001	0.071	0.255	0.015
4	Cloruros	mg/L	Cl2	400	---	---	---	16507	10284	10862
5	Cobre	mg/L	Cu	1	< 10 ug/L	3	0.0048	0.13	< 0.040	0.06
6	Coliformes Termotolerantes o fecales**	UFC/ 100 ml	CF	500	---	1000	---	800	500	500
7	Coliformes Totales**	NMP/100 ml	CT	1000	---	---	---	8.84X10^3	7.71X10^3	9.32X10^3
8	Conductividad	µs/CM	Conductividad	2000	---	---	---	33500	34500	34300
9	Cromo Hexavalente	mg/L	Cr6+	0.05	< 50 ug/L	---	---	0.025	0.017	0.033
10	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	DQO	100	---	---	---	18	< 3	< 3
11	Enterococos **	NMP/100 ml	ENT	100	---	---	---	12.1	11	13.5
12	Escherichia coli **	NMP/100 ml	EC	250	---	---	---	520	100	410
13	Manganoso**	mg/L	Mn	0.5	---	---	---	1	0.8	0.5
14	Metanol*	mg/L	CH3OH	4.1	---	---	---	11	<0.17	0.55
15	Sólidos Totales Disueltos	mg/L	STD	500	---	---	---	26300	25600	29666.67
16	Sulfatos	mg/L	SO4 2-	1000	---	---	---	1373	1333	1470
17	Zinc	mg/L	Zn	3	<120 ug/L	10	0.09	0.03	0.07	0.06

Fuente: Informe de Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar. Corporación Quality Services, S.A.

(*) Parámetro subcontratado a un laboratorio externo.

(**) Parámetro no cubierto por el alcance de la acreditación.

(***) Criterios de calidad del agua recomendados a nivel Nacional – Tabla de criterios de vida acuática / Agua Salada (aguda).

Tabla N°6-36: Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar (EMA 3)

Nº	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	SÍMBOLO	LMP COPANIT 35-2019	ANTEPROYECTO DE NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUAS NATURALES (CLASE 3M)	LMP 2610-EAC-111	EPA (***)	EMA 3 – EM03	EMA 3 – EM03	EMA 3 – EM03
								SUPERFICIE	MEDIO	FONDO
1	Aluminio**	mg/L	Al	5	< 100 ug/L	2	---	1.723	0.97	1.806
2	Cadmio*	mg/L	Cd	0.01	< 40 ug/L	0.05	0.033	< 0.001	0.004	< 0.001
3	Cianuro Total*	mg/L	CN	0.2	< 1 ug/L	0.2	0.001	0.101	0.017	0.101
4	Cloruros	mg/L	Cl2	400	---	---	---	9325.4	11660	11590
5	Cobre	mg/L	Cu	1	< 10 ug/L	3	0.0048	0.08	0.21	0.23
6	Coliformes Termotolerantes o fecales**	UFC/ 100 ml	CF	500	---	1000	---	800	800	1.5X10^3
7	Coliformes Totales**	NMP/100 ml	CT	1000	---	---	---	1.41X10^5	4.61X10^4	2.76X10^4
8	Conductividad	µs/CM	Conductividad	2000	---	---	---	38200	35400	37600
9	Cromo Hexavalente	mg/L	Cr6+	0.05	< 50 ug/L	---	---	0.012	0.031	0.017
10	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	DQO	100	---	---	---	13	11	< 3
11	Enterococos **	NMP/100 ml	ENT	100	---	---	---	201.4	67.7	40.4
12	Escherichia coli **	NMP/100 ml	EC	250	---	---	---	410	410	1.48X10^3
13	Manganoso**	mg/L	Mn	0.5	---	---	---	0.5	0.6	0.5
14	Metanol*	mg/L	CH3OH	4.1	---	---	---	0.39	6.4	1.6
15	Sólidos Totales Disueltos	mg/L	STD	500	---	---	---	26866.67	26766.67	26600
16	Sulfatos	mg/L	SO4 2-	1000	---	---	---	1427	1456	1440
17	Zinc	mg/L	Zn	3	<120 ug/L	10	0.09	0.04	0.03	0.06

Fuente: Informe de Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar. Corporación Quality Services, S.A.

(*) Parámetro subcontratado a un laboratorio externo.

(**) Parámetro no cubierto por el alcance de la acreditación.

(***) Criterios de calidad del agua recomendados a nivel Nacional – Tabla de criterios de vida acuática / Agua Salada (aguda).

Tabla N°6-37: Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar. (EMA 4 – EMA 5)

Nº	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	SÍMBOLO	LMP COPANIT 35-2019	ANTEPROYECTO DE NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUAS NATURALES (CLASE 3M)	LMP 2610-EAC-111	EPA (***)	EMA 4 – EM04	EMA 5- EM05	EMA 5 – EM05	EMA 5 – EM05
								SUPERFICIE	SUPERFICIE	MEDIO	FONDO
1	Aluminio**	mg/L	Al	5	< 100 ug/L	2	---	0.758	2.921	2.223	6.981
2	Cadmio*	mg/L	Cd	0.01	< 40 ug/L	0.05	0.033	0.001	0.005	0.013	0.011
3	Cianuro Total*	mg/L	CN	0.2	< 1 ug/L	0.2	0.001	0.044	0.045	0.02	0.024
4	Cloruros	mg/L	Cl2	400	---	---	---	10209	12027	10547	10928
5	Cobre	mg/L	Cu	1	< 10 ug/L	3	0.0048	0.3	0.22	0.23	0.17
6	Coliformes Termotolerantes o fecales**	UFC/ 100 ml	CF	500	---	1000	---	4X10^3	1.5X10^3	1.90X10^3	3X10^3
7	Coliformes Totales**	NMP/100 ml	CT	1000	---	---	---	5.17X10^4	1.25X10^4	3.08X10^4	2.91X10^4
8	Conductividad	µs/CM	Conductividad	2000	---	---	---	35800	34100	35500	37000
9	Cromo Hexavalente	mg/L	Cr6+	0.05	< 50 ug/L	---	---	0.029	0.054	0.015	0.048
10	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	DQO	100	---	---	---	75	10	< 3	< 3
11	Enterococos **	NMP/100 ml	ENT	100	---	---	---	75.4	18.7	44.8	42.6
12	Escherichia coli **	NMP/100 ml	EC	250	---	---	---	3.09X10^3	310	1.73X10^3	2.79X10^3
13	Manganoso**	mg/L	Mn	0.5	---	---	---	0.7	1.4	0.5	0.4
14	Metanol*	mg/L	CH3OH	4.1	---	---	---	<0.17	<0.17	<0.17	0.42
15	Sólidos Totales Disueltos	mg/L	STD	500	---	---	---	34733.33	31000	33833.33	34333.33
16	Sulfatos	mg/L	SO4 2-	1000	---	---	---	1354	942	991	1040
17	Zinc	mg/L	Zn	3	<120 ug/L	10	0.09	0.07	0.03	0.05	0.08

Fuente: Informe de Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar. Corporación Quality Services, S.A.

(*) Parámetro subcontratado a un laboratorio externo.

(**) Parámetro no cubierto por el alcance de la acreditación.

(***) Criterios de calidad del agua recomendados a nivel Nacional – Tabla de criterios de vida acuática / Agua Salada (aguda).

Tabla N°6-38: Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar. (EMA 6)

Nº	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	SÍMBOLO	LMP COPANIT 35-2019	ANTEPROYECTO DE NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUAS NATURALES (CLASE 3M)	LMP 2610-EAC-111	EPA (***)	EMA 6 – EM06	EMA 6 – EM06	EMA 6-EM06
								SUPERFICIE	MEDIO	FONDO
1	Aluminio**	mg/L	Al	5	< 100 ug/L	2	---	0.298	0.783	1.818
2	Cadmio*	mg/L	Cd	0.01	< 40 ug/L	0.05	0.033	0.006	< 0.001	0.013
3	Cianuro Total*	mg/L	CN	0.2	< 1 ug/L	0.2	0.001	0.088	0.266	0.073
4	Cloruros	mg/L	Cl2	400	---	---	---	12534	11316	13323
5	Cobre	mg/L	Cu	1	< 10 ug/L	3	0.0048	0.08	0.09	0.22
6	Coliformes Termotolerantes o fecales**	UFC/ 100 ml	CF	500	---	1000	---	2.30X10^3	1.50X10^3	2.00X10^3
7	Coliformes Totales**	NMP/100 ml	CT	1000	---	---	---	1.40X10^4	7.89X10^3	2.05X10^4
8	Conductividad	µs/CM	Conductividad	2000	---	---	---	33100	35100	38500
9	Cromo Hexavalente	mg/L	Cr6+	0.05	< 50 ug/L	---	---	0.022	0.03	0.039
10	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	DQO	100	---	---	---	103	96	< 3
11	Enterococos **	NMP/100 ml	ENT	100	---	---	---	20.4	11.6	29.8
12	Escherichia coli **	NMP/100 ml	EC	250	---	---	---	1.08X10^3	630	1.75X10^3
13	Manganoso**	mg/L	Mn	0.5	---	---	---	0.8	0.3	0.7
14	Metanol*	mg/L	CH3OH	4.1	---	---	---	<0.17	<0.17	4.3
15	Sólidos Totales Disueltos	mg/L	STD	500	---	---	---	25733.33	28266.67	26133.33
16	Sulfatos	mg/L	SO4 2-	1000	---	---	---	947	957	1069
17	Zinc	mg/L	Zn	3	<120 ug/L	10	0.09	0.04	0.05	0.06

Fuente: Informe de Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar. Corporación Quality Services, S.A.

(*) Parámetro subcontratado a un laboratorio externo.

(**) Parámetro no cubierto por el alcance de la acreditación.

(***) Criterios de calidad del agua recomendados a nivel Nacional – Tabla de criterios de vida acuática / Agua Salada (aguda).

Comparación de la línea base ambiental del EsIA del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá con los EsIA de Línea 3 del Metro de Panamá y el EsIA del Cuarto Puente sobre el Canal de Panamá

Dentro de la línea base ambiental de los EsIA para los proyectos de la Línea 3 del Metro de Panamá y el Cuarto Puente sobre el Canal, se identificó un punto de toma de muestra de agua de mar ubicados en el margen Oeste del canal de navegación cercano a la Base Naval CdF Noel Rodríguez – SENAN, dentro del área de influencia directa e indirecta y cercano a las estaciones de mediciones del presente EsIA, en la Tabla N° 6-39 se presentan los puntos relacionados según su ubicación.

Tabla N°6-39: Comparativo de ubicación de puntos de muestreo de agua de mar.

PUNTO DE MEDICIÓN LÍNEA 3 Y CUARTO PUENTE.	COORD.	PUNTO DE MEDICIÓN CRUCE DE LA LÍNEA 3 POR DEBAJO DEL CANAL	COORD.	DISTANCIA APROX.
LM-6	657111.17 E 989468.47 N	EMA 3	656987 E 989693 N	247m
		EMA 5	657230 E 989398 N	129m

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

De los parámetros con resultados sobre el límite máximo permisible, descritos en las Tablas N° 6-34, 6-35, 6-36, 6-37 y 6-38, comparados con los resultados de línea base de los proyectos Cuarto Puente y Línea 3, se pudo observar una disminución en los resultados de Cloruro, sulfatos, y un incremento en los Coliformes Fecales, ver Tabla N° 6-40.

Tabla N°6-40: Comparativo de Resultados de Mediciones de muestreo de agua de mar

Nº	PARÁMETRO	PUNTO DE MEDICIÓN LÍNEA 3 Y CUARTO PUENTE	PUNTO DE MEDICIÓN CRUCE DE LA LÍNEA 3 POR DEBAJO DEL CANAL	
			EMA 3	EMA 5
1	Cloruro	18,000 mg/L	9,325.4 mg/L	12,027 mg/L
2	Sulfato	2,160 mg/L	1,427 mg/L	942 mg/L
3	Coliformes Fecales.	1,270 UFC/100 ml	800 UFC/100 ml	1.5X10 ³ UFC/100 ml

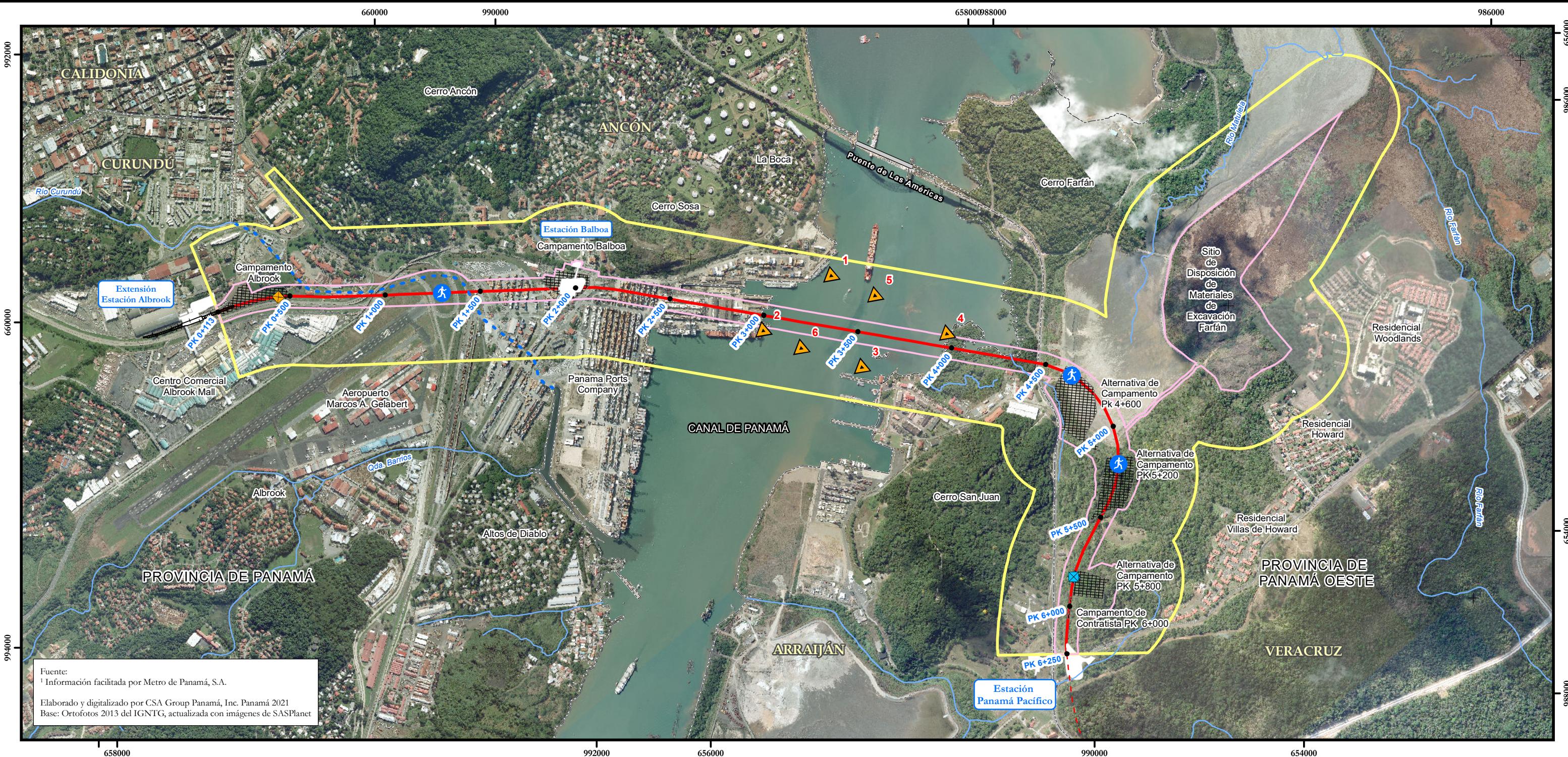
Fuente: CSA Group Panamá, Inc. Nota: Los resultados comparados corresponden a las muestras superficiales.

En la siguiente Figura N° 6-27, se muestra la ubicación de los puntos comparados para la muestra de agua de mar entre los proyectos de la Línea 3 y Cuarto Puente y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá.

Figura N°6-27: Ubicación de los Puntos de Muestra de Agua de Mar entre los Proyectos de Línea 3 y Cuarto Puente (LM6) y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá (EMA3 y EMA5)



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.



- Leyenda**
- ▲ Sitio de Muestra de Agua de Mar
 - PK cada 500 m
 - Possible Pozo de Evacuación¹
 - Alineamiento del Proyecto¹
 - - - Línea 3 del Metro¹
 - Zona de Transición¹
 - Ríos Principales
 - Cajón del Río Curundú¹
 - ▨ Campamento¹
 - Estación¹
 - Límite de Corregimiento
 - Área de Influencia
 - Área de Influencia Directa (AID)
 - Área de Influencia Indirecta (All)

Ubicación de Sitio de Muestra de Agua de Mar			Coordenadas UTM	
ID	Punto	Ubicación	X	Y
1	EMA 1-EM-01	Punto ubicado en el margen Este del canal de navegación, cercano a PIPSA, La Boca.	657457	989507
2	EMA 2-EM-02	Punto ubicado en el margen Este del canal de navegación. Cercano al astillero MEC Shipyards Balboa.	657466	989967
3	EMA 3-EM-03	Punto ubicado en el margen Oeste del canal de navegación. Cercano a la Base Naval CdF Noel Rodríguez – SENAN.	656987	989693
4	EMA 4-EM 04	Punto ubicado en margen Oeste fuera del canal de navegación. Cercano a la zona de manglares.	656834	989239
5	EMA 5-EM 05	Punto ubicado en el margen Oeste del Canal de Navegación	657230	989398
6	EMA 6-EM 06	Punto ubicado cercano al eje de navegación del Canal de Panamá.	657268	989872



LOCALIZACIÓN REGIONAL
Escala: 1:20,000
Sistema de Coordenadas: WGS 1984, UTM
Zona 17N Proyección - Transversal de Mercator

SITIO DE MUESTRA DE AGUA DE MAR

Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Proyecto de Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá

Promotor: METRO DE PANAMÁ
REPÚBLICA DE PANAMÁ
GOBIERNO NACIONAL

Consultor: CSA GROUP EST. 1956

6.6.2. Aguas subterráneas.

El proyecto consiste en la construcción de estructuras subterráneas, lo cual contempla la intervención de acuíferos, entendiendo que los acuíferos son aquellas masas de rocas permeables que permiten la circulación y acumulación del agua subterránea en sus poros o grietas. Estas rocas que permiten el almacenamiento del agua subterránea (rocas almacén) varían según sus materiales y, por lo tanto, el volumen de agua subterránea almacenada.

Dado que el proyecto en su fase de construcción en el lado Este contempla la intervención del acuífero de baja productividad con rendimiento de $Q= 3-5\text{m}^3/\text{h}$ identificado y descrito en la sección 6.1.3. y en la sección 6.6.2.a. del presente Estudio, se realizó el muestreo y análisis de la línea base para la calidad de aguas subterráneas en dos puntos del área de influencia directa del proyecto en el lado Este. Por cada punto se tomaron tres (3) muestras simples a distintas profundidades, totalizando seis (6) muestras analizadas, las mismas fueron colectadas a través de un Bailer y Sonda para medición de nivel de agua. Las muestras de agua subterránea fueron tomadas el día 12 de agosto de 2021 y los análisis de las muestras en el laboratorio fueron realizados del 12 al 26 de agosto de 2021. Cabe señalar que del lado Oeste del proyecto no se realizaron toma de muestra de agua subterránea debido a la existencia de una red de tuberías (abandonadas) de hidrocarburos, así como la identificación de áreas como zona UXO, lo cual se explica en el Capítulo V del presente Estudio.

Las coordenadas de ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea se presentan en la Tabla N° 6-41. Adicional en el Mapa de Sitio de Muestra de Agua Subterránea, se ilustra la ubicación geográfica de cada punto de muestreo.

Tabla N°6-41: Coordenadas de ubicación de puntos de muestreo de agua subterránea

MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA				
N°	PUNTO DE MONITOREO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
1	EM11A - Estación Balboa, Edificio N° 74	Muestra de agua subterránea colectada en el área donde se construirá la Estación Balboa, frente al edificio N° 74. Se tomaron tres muestras a distintas profundidades (EM11A = 1.96m, EM11B = 15m, EM11C = 35m)	658482	990622
2	EM14 – Trinchera Este	Muestra de agua subterránea colectada en el área de construcción de la Trinchera Este, detrás de la Policía Nacional. Las muestras fueron tomadas en las siguientes profundidades (EM14A = 1.24, EM14B = 15m, EM14C = 35m)	659196	991748

Fuente: Corporación Quality Services, S.A.

Los parámetros analizados y los medidos en campo se mencionan a continuación:

- Mediciones de campo: Temperatura, pH, conductividad eléctrica, Turbiedad, Oxígeno Disuelto, y Salinidad.
- Análisis de Laboratorio:
 - Cromo Total, Cobre, Zinc, Arsénico, Cadmio, Calcio, Níquel, Plomo, Sodio, Berilio, Potasio, Magnesio, Talio, Plata, Selenio, Antimonio, Mercurio, Orgánicos rango Gasolina (GRO)-C6-C10, Orgánicos rango Diésel (DRO)-C10-C28, Orgánicos rango Aceite (ORO)-C28-C35), Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, BTEX, y PCBS.

Los parámetros analizados e indicados en párrafos anteriores corresponden a la línea base de calidad de aguas subterráneas, tomando como referencia los valores de límite máximo permisible establecidos en la siguiente norma:

- Código Administrativo del Estado de la Florida, USA, 2005, Capítulo 62-777, Tabla I, el cual establece la Concentración Máxima Permitida para la restauración de aguas superficiales y subterráneas, basado en el criterio de aguas subterráneas

También, se hizo una revisión de los resultados obtenidos para las muestras de aguas subterránea con el Decreto Ejecutivo No. 75 “Por el cual se dicta la norma primaria de calidad ambiental y niveles de calidad para las aguas continentales de uso recreativo con y sin contacto directo”.

Resultados del Muestreo de Agua Subterránea:

En la Tabla N° 6-42, se muestran los resultados de los parámetros analizados, resaltando en “negrita” los valores iguales o mayores al límite máximo permisible de las normas de referencia.

El Informe de Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua Subterránea emitido por el Laboratorio Corporación Quality Services, S.A. se incluye en el Anexo 6-2.5. Dicho informe incluye: datos técnicos, resultados de las muestras tomadas en campo, registro fotográfico, observaciones y declaración de conformidad.

A continuación, se describen los parámetros cuyos resultados muestran valores igual o mayor a los valores límites de las normas de referencia.

- **pH:** se presentaron valores de potencial de hidrógeno más bajos que el límite mínimo, según el Decreto Ejecutivo N° 75 de 2008 (LMP = 6.5-8.5), en los siguientes puntos: EM11A = 6.02, EM11B = 5.77, EM11C = 5.95, EM14B = 6.08, EM14C = 6.09. El pH define la acidez del agua y juega un papel importante en muchos procesos químicos y biológicos de las aguas subterráneas naturales.
- **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos:** los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, comúnmente conocidos por sus siglas HAP, constituyen un amplio grupo de compuestos químicos, los cuales se forman durante la combustión incompleta del

carbón, aceites, gases, madera, residuos domésticos y en general substancias de origen orgánico⁴¹.

A continuación, se presentan los hidrocarburos aromáticos policíclicos que presentaron resultados por encima de los valores indicados en el Código Administrativo del Estado de la Florida, USA, 2005, Capítulo 62-777, Tabla I, el cual establece la Concentración Máxima Permitida para la restauración de aguas superficiales y subterráneas, basado en el criterio de aguas subterráneas.

- **Benzo (a)anthracene:** todas las muestras de agua subterráneas se obtuvieron resultados por encima del valor límite de 0.05 µg/l. Los resultados obtenidos para este parámetro son: EM11A = 0.1 µg/L, EM11B = 0.71 µg/L, EM11C = 0.059 µg/L, EM14A = 0.066 µg/L, EM14B = 0.067 µg/L, EM14C = 0.063 µg/L.
- **Benzo (b)fluoranthene** todas las muestras presentaron valores superiores al límite máximo permisible (LMP = 0.05 µg/L). Los resultados obtenidos son: EM11A = 0.068 µg/L, EM11B = 0.056 µg/L, EM11C = 0.055 µg/L, EM14A = 0.054 µg/L, EM14B = 0.054 µg/L, EM14C = 0.06 µg/L.
- **Dibenza (a,h) anthracene:** todas las muestras presentaron valores superiores al límite máximo permisible (LMP = 0.005 µg/L). Los resultados obtenidos son: EM11A = 0.069 µg/L, EM11B = 0.053 µg/L, EM11C = 0.063 µg/L, EM14A = 0.059 µg/L, EM14B = 0.064 µg/L, EM14C = 0.078 µg/L.
- **Indeno (1,2,3-cd)pyrene:** todas las muestras presentaron valores superiores al límite máximo permisible (LMP = 0.005 µg/L). Los resultados obtenidos son: EM11A = 0.068 µg/L, EM11B = 0.054 µg/L, EM11C = 0.054 µg/L, EM14A = 0.056 µg/L, EM14B = 0.062 µg/L, EM14C = 0.074 µg/L.

En cuanto a la presencia de hidrocarburos, no se cuenta con valores de referencia que indique el excedente de este, sin embargo, se presentaron valores detectables para Orgánicos Rango Gasolina (GRO)-C6-C10, cuyo ensayo es empleado para estudios o

⁴¹ Agudo, A. (2010). Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP). Acercamiento a su Problemática como riesgo laboral.

controles de contaminación por hidrocarburos. Estos valores detectados, corresponden a las muestras de agua subterránea del Pozo EM11 – Estación Balboa, con los siguientes resultados: EM11A = 160mg/L, EM11B= 95mg/L y EM11C = 96mg/L. Estos resultados pueden estar relacionados con el aporte de contaminantes desde el suelo a través de las escorrentías pluviales hasta el área de recarga de acuíferos, en especial por la cercanía a las actividades portuarias donde se mantiene el constante movimiento de equipos pesado.

Adicional a los parámetros descritos anteriormente con valores por encima del límite máximo permisible indicados en las normas de referencia, se mencionan aquellos que muestran valores altos en sus resultados, pero sin exceder los valores de referencia indicados en el Decreto Ejecutivo N° 75 de 2008.

- **Conductividad Eléctrica:** la conductividad eléctrica es la medida de sales disueltas en una solución o de la concentración de solutos. Para este parámetro se obtuvieron los siguientes resultados. Estación Balboa (EM11A = 38800mg/L, EM11B = 40500mg/L y EM11C = 40400mg/L), Trinchera Este (EM14A = 36600mg/L, EM14B = 36400mg/L y EM14C = 36400mg/L).
- **Turbiedad:** la Turbiedad determina la apariencia del agua provocada por partículas en suspensión. Los puntos con mayor valor en este parámetro son los siguientes: EM14A = 79 NTU, EM14B = 87 NTU y EM14C = 63 NTU, cuyas muestras analizadas corresponden al área donde se construirá la Trinchera Este.
- **Salinidad:** los resultados obtenidos para este parámetro son: Estación Balboa (EM11A = 27.3g/L, EM11B = 25.45g/L y EM11C = 26.36g/L), Trinchera Este (EM14A = 23.19g/L, EM14B = 23.43g/L y EM14C = 25.12g/L).
- **Cobre:** en ambos pozos de muestreo se obtuvieron valores detectables de este metal; sin embargo, los que presentaron un valor más alto corresponden a las muestras tomadas en el área donde se construirá la Estación Balboa. Los resultados obtenidos fueron: EM11A = 30.67mg/L, EM11B = 20.46mg/L y EM11C = 11.93mg/L. Como se observa, la concentración de Cobre disminuye según la profundidad de las muestras.

- **Zinc:** al igual que el Cobre, los resultados con mayor valor para este metal se encuentran en el área de la Estación Balboa, con los siguientes resultados: EM11A = 20.28mg/L, EM11B = 12.23mg/L y EM11C = 19.47mg/L.
- **Calcio:** para este mineral se obtuvieron los detectables en todas las muestras de agua subterránea, destacando que los valores más altos se obtuvieron en el área de la Estación Balboa. Los resultados obtenidos en cada muestra son: Estación Balboa (EM11A = 1320mg/L, EM11B = 1501mg/L y EM11C = 1446mg/L), Trinchera Este (EM14A = 693mg/L, EM14B = 698mg/L y EM14C = 684mg/L).
- **Sodio:** los resultados obtenidos para este elemento son: Estación Balboa (EM11A = 3061mg/L, EM11B = 3269mg/L y EM11C = 3176mg/L), Trinchera Este (EM14A = 3358mg/L, EM14B = 3316mg/L y EM14C = 3350mg/L).
- **Potasio:** los resultados obtenidos para este elemento son: Estación Balboa (EM11A = 44mg/L, EM11B = 46mg/L y EM11C = 44mg/L), Trinchera Este (EM14A = 66mg/L, EM14B = 64mg/L y EM14C = 61mg/L). Como se puede observar, los valores más altos se encuentran en el área de la Trinchera Este.
- **Magnesio:** los valores obtenidos para el magnesio son: Estación Balboa (EM11A = 539mg/L, EM11B = 61mg/L y EM11C = 3176mg/L), Trinchera Este (EM14A = 3358mg/L, EM14B = 3316mg/L y EM14C = 3350mg/L).

Cabe destacar que los resultados muestran niveles de turbiedad más altos en el área de la Trinchera Este, detrás de la Policía Nacional, al igual que elementos cobre y zinc.

De los resultados mostrados para la conductividad eléctrica y salinidad, se observan valores más altos en las muestras del punto EM11, lo cual puede estar relacionado con su cercanía al mar, al igual que el punto EM14, por lo que se puede considerar que, de acuerdo con su litología y características hidroquímica, corresponden a un mismo acuífero. De igual forma, cabe destacar que los valores de turbiedad pueden estar relacionados con las características pantanosas del área, lo cual se manifestó durante la perforación de los piezómetros, donde se percibieron olores fuertes asociados a la degradación orgánica presente en el suelo extraído de la perforación de los pozos.

Tabla N°6-42: Coordenadas de ubicación de puntos de muestreo de agua subterránea

Nº	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	CÓDIGO ADM. DEL ESTADO DE LA FLORIDA, USA, 2005, CAP. 62-777, TABLA I	D.E. No. 75 DE 2008 (SIN CONTACTO DIRECTO)	ESTACIÓN BALBOA			TRINCHERA ESTE		
					1.96 m	15 m	35 m	EM14A	EM14B	EM14C
1	Temperatura	°c	---	Δ3°	27	28.3	29.6	30.5	31	30.9
2	**Oxígeno Disuelto	mg/L	---	07-jun	5.3	4.64	5.15	3.63	4.15	4.55
3	pH	Unidades de pH	---	6.5-8.5	6.02	5.77	5.95	6.55	6.08	6.09
4	Conductividad Eléctrica	µg/cm	---	---	38800	40500	40400	36600	36400	36400
5	Turbiedad	NTU	---	50-100	16.01	17	11.3	79	87	63
6	**Salinidad	g/L	---	---	24.73	25.48	26.36	23.19	23.43	25.12
7	**Cromo Total	mg/L	---	---	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
8	**Cobre	mg/L	---	---	30.67	20.46	11.93	1.43	1.12	1.13
9	Zinc	mg/L	---	---	20.28	12.23	19.47	0.95	0.94	1.63
10	*Arsénico	mg/L	---	<0.1	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
11	*cadmio	mg/L	---	<0.03	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
12	*Calcio	mg/L	---	---	1320	1501	1446	693	698	684
13	*Níquel	mg/L	---	---	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
14	*Plomo	mg/L	---	0.05-0.2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
15	*Sodio	mg/L	---	---	3061	3269	3176	3358	3316	3350
16	*Berilio	mg/L	---	---	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
17	*Potasio	mg/L	---	---	44	46	44	66	64	61
18	*Magnesio	mg/L	---	---	539	61	596	563	578	567
19	*Talio	mg/L	---	---	0.261	0.346	0.232	0.255	0.225	0.184
20	*Plata	mg/L	---	---	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
21	*Selenio	mg/L	---	---	<0.02	0.3	<0.02	0.09	<0.02	<0.02
22	*Antimonio	mg/L	---	---	<0.008	<0.008	<0.008	0.062	0.118	0.014
23	*Mercurio	mg/L	---	<0.01	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
24	*Orgánicos rango Gasolina (GRO)-C6-C10	µg/L	---	---	160	95	96	<47	<47	<47
25	*Orgánicos rango Diesel (DRO)-C10-C28	µg/L	---	---	<79	<79	<79	<79	<79	<79
26	*Orgánicos rango Aceite (ORO)-C28-C35	µg/L	---	---	<79	<79	<79	<79	<79	<79
27	*Hidrocarburos Aromáticos Políciclicos									
27.1	Acenaphthene	µg/L	20	0.2-1	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020
27.2	Acenaphthylene	µg/L	210	---	<0.019	<0.019	<0.019	<0.019	0.065	0.08
27.3	Anthracene	µg/L	2100	---	0.054	0.049	0.048	0.067	0.057	0.065
27.4	Benzo (a)anthracene	µg/L	0.05	---	0.1	0.071	0.059	0.066	0.067	0.063
27.5	Benzo (a)pyrene	µg/L	---	---	0.062	<0.062	<0.062	<0.062	<0.062	<0.062
27.6	Benzo (b)fluoranthene	µg/L	0.05	---	0.068	0.056	0.055	0.054	0.054	0.06
27.7	Benzo (g,h,i) perylene	µg/L	210	---	0.046	0.039	0.041	0.044	0.044	0.05
27.8	Benzo (k)fluoranthene	µg/L	0.5	---	0.087	0.076	0.068	0.069	0.069	0.074
27.9	Chrysene	µg/L	4.8	---	0.033	<0.031	<0.031	<0.031	<0.031	<0.031

Nº	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	CÓDIGO ADM. DEL ESTADO DE LA FLORIDA, USA, 2005, CAP. 62-777, TABLA I	D.E. No. 75 DE 2008 (SIN CONTACTO DIRECTO)	ESTACIÓN BALBOA			TRINCHERA ESTE		
					EM11A	EM11B	EM11C	EM14A	EM14B	EM14C
					1.96 m	15 m	35 m	1.24 m	15 m	35 m
27.10	Dibenzo(a,h) anthracene	µg/L	0.005	---	0.069	0.053	0.063	0.059	0.064	0.078
27.11	Fluoranthene	µg/L	280	---	<0.078	<0.078	<0.078	<0.078	<0.078	<0.078
27.12	Fluorene	µg/L	280	---	<0.026	<0.026	<0.026	0.51	<0.026	<0.026
27.13	Indeno (1,2,3-cd)pyrene	µg/L	0.05	---	0.068	0.054	0.054	0.056	0.062	0.074
27.14	1-Methylnaphthalene	µg/L	28	---	<0.057	<0.057	<0.057	<0.057	<0.057	<0.057
27.15	2-Methylnaphthalene	µg/L	28	---	<0.033	<0.033	<0.033	0.042	<0.033	0.043
27.16	Naphthalene	µg/L	14	---	<0.042	0.12	<0.042	<0.042	0.099	<0.042
27.17	Phenanthrene	µg/L	210	---	<0.062	<0.062	<0.062	<0.062	<0.062	<0.062
27.18	Pyrene	µg/L	210	---	<0.078	<0.078	<0.078	<0.078	<0.078	<0.078
28	BTEX									
28.1	Benceno	µg/L	---	---	0.55	<0.38	<0.38	<0.38	<0.38	<0.38
28.2	Etilbenceno	µg/L	---	---	2.1	<0.50	0.54	<0.50	<0.50	<0.50
28.3	Tolueno	µg/L	---	---	3.2	0.95	1.7	<0.41	<0.41	<0.41
28.4	M+P-Xileno	µg/L	---	---	6.5	1.9	3.2	<1.6	<1.6	<1.6
28.5	O-Xileno	µg/L	---	---	3.2	<1.6	<1.6	<1.6	<1.6	<1.6
28.6	Metil ter-butil éter	µg/L	20	---	<1.6	<1.6	<1.6	<1.6	<1.6	<1.6
29	POLYCHLORINATED BIPHENYLS (PCBS)									
29.1	PCB-1016	µg/L	---	---	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
29.2	PCB-1221	µg/L	---	---	<0.084	<0.084	<0.084	<0.084	<0.084	<0.084
29.3	PCB-1232	µg/L	---	---	<0.038	<0.038	<0.038	<0.038	<0.038	<0.038
29.4	PCB-1242	µg/L	---	---	<0.013	<0.013	<0.013	<0.013	<0.013	<0.013
29.5	PCB-1248	µg/L	---	---	<0.0076	<0.0076	<0.0076	<0.0076	<0.0076	<0.0076
29.6	PCB-1254	µg/L	---	---	<0.022	<0.022	<0.022	<0.022	<0.022	<0.022
29.7	PCB-1260	µg/L	---	---	<0.058	<0.058	<0.058	<0.058	<0.058	<0.058

Fuente: Informe de Resultados de Monitoreo de Calidad de Agua de Mar. Corporación Quality Services, S.A.

(*) Parámetro subcontratado a un laboratorio externo.

(**) Parámetro no cubierto por el alcance de la acreditación.

Comparación de la línea base ambiental del EsIA del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá con los EsIA de Línea 3 del Metro de Panamá y el EsIA del Cuarto Puente sobre el Canal de Panamá

Se identificó un punto de línea base de agua subterránea de los proyectos de la Línea 3 del Metro de Panamá y el Cuarto Puente sobre el Canal, que forman parte del Área de Influencia Directa del presente Estudio de Impacto Ambiental, cuya información complementa los resultados obtenidos para la calidad de las aguas subterráneas presentadas en esta sección. En la Tabla N° 6-43 se presentan los puntos relacionados según su ubicación.

Tabla N°6-43: Comparativo de ubicación de puntos de muestreo de agua subterránea.

PUNTO DE MEDICIÓN LÍNEA 3 Y CUARTO PUENTE.	COORD.	PUNTO DE MEDICIÓN CRUCE DE LA LÍNEA 3 POR DEBAJO DEL CANAL	COORD.	DISTANCIA APROX.
Pozo No. 47	658975 E 991264 N	EMA 11	658482 E 990622 N	535m
		EMA 14	659196 E 991748 N	812m

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

A continuación, se presentan los parámetros comparados entre la línea base de los proyectos Línea 3, Cuarto Puente y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá. Los parámetros mostrados en la Tabla N° 6-44, corresponden a aquellos parámetros cuya unidad de medida son iguales en todos los estudios de agua subterránea. Las profundidades comparadas corresponden a 15m.

Tabla N°6-44: Comparativo de Resultados de línea base de Línea 3, Cuarto Puente y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá.

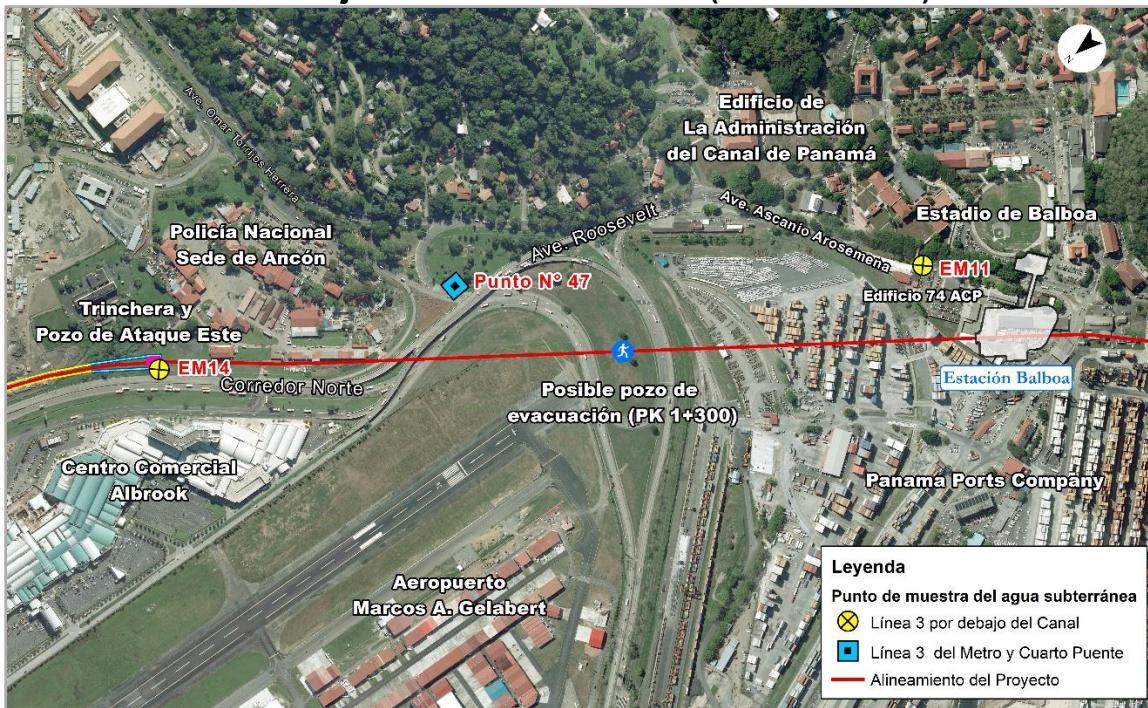
Nº	PARÁMETRO	PUNTO DE MEDICIÓN LÍNEA 3 Y CUARTO PUENTE (15.05 m / 49.4 pies)	PUNTO DE MEDICIÓN CRUCE DE LA LÍNEA 3 POR DEBAJO DEL CANAL	
			EMA 11 (Prof. 15m)	EM14 (Prof. 15 m)
1	Temperatura	29.7°C	28.3°C	31 °C
3	Oxígeno Disuelto	mg/L	4.64 mg/L	4.15 mg/L
4	Turbidez	Excede el límite de detección	17 NTU	87 NTU
6	pH	6.31	5.77	6.08
8	Arsénico	No Detectado	<0.008 mg/L	<0.008 mg/l
9	Cromo	10.8 ug/L ó 0.0108 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L
10	Cobre	11.9 ug/L ó 0.0119 mg/L	20.46 mg/L	1.12 mg/L
11	Plomo	9.77 ug/L ó 0.00977 mgLi	<0.01	<0.01
12	Magnesio	8.590 ug/L ó 0.00859 mg/L	61 mg/L	578 mg/L
13	Níquel	No Detectado	<0.005	<0.005
14	Potasio	No Detectado	46 mg/L	64 mg/L
15	Sodio	10,900 ug/L ó 10.9 mg/L	3269 mg/L	3316 mg/L
16	Talio	No Detectado	0.346 mg/L	0.225 mg/L
17	Zinc	20.8 ug/L ó 0.0208 mg/L	12.23 mg/L	0.94 mg/L
18	Mercurio	No Detectado	<0.007	<0.007

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

De los parámetros comparados, se puede observar el incremento en Cobre, Magnesio, Sodio y Zinc, destacando que el punto EM14 presenta los mayores valores. Los valores mostrados para el magnesio pueden relacionarse con la salinidad que mantienen las muestras de agua subterránea y su dureza.

En la Figura N° 6-28 se presenta la ubicación de los puntos comparados entre los Proyectos de Línea 3, Cuarto Puente y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá.

Figura N°6-28: Ubicación de los Puntos de Medición de Agua Subterránea entre los Proyectos de Línea 3 y Cuarto Puente (Punto N°46) y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá (EM11 – EM14)



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

**Leyenda**

- (*) Sitio de Muestra de Agua Subterránea¹
- PK cada 500 m
- Trinchera / Pozo de Extracción Este¹
- Trinchera/Pozo de Ataque Oeste¹
- () Posible Pozo de Evacuación¹
- Alineamiento del Proyecto¹
- - - Línea 3 del Metro¹
- +— Zona de Transición¹
- Ríos Principales
- +— Cajón del Río Curundú¹
- Campamento¹
- Estación¹
- Límite de Corregimiento
- Área de Influencia
- Área de Influencia Directa (AID)
- Área de Influencia Indirecta (All)

Ubicación de Sitio de Muestra de Agua Subterránea		Coordenadas UTM		
ID	Punto	Ubicación	X	Y
1	EM11A	Ubicado frente al edificio N° 74 de la ACP	658482	990622
2	EM14	En el área de construcción de la Trinchera Este, detrás de la Policía Nacional.	659196	991748



Escala: 1:20,000

0 200 400 800 m

Sistema de Coordenadas: WGS 1984, UTM
Zona 17N Proyección - Transversal de Mercator.**SITIO DE MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA**

Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Proyecto de Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá



METRO
DE PANAMÁ
REPÚBLICA DE PANAMÁ
GOBIERNO NACIONAL

Promotor:



Consultor:



6.6.2.a. Identificación de acuífero

El Mapa Hidrogeológico de Panamá, escala 1:1,000,000 (ETESA, 1999), muestra la presencia de tres (3) acuíferos en el área de estudio que están intrínsecamente relacionados con las formaciones geológicas subyacentes antes descritas en las secciones 6.1. y 6.1.3 del presente Estudio.

El acuífero de baja productividad con rendimiento de $Q= 3\text{-}5\text{m}^3/\text{h}$, está ubicado en todo el lado Este del proyecto desde el PK 0+113 hasta el PK 3+000 y parte del lado Oeste específicamente en el área donde están ubicados las alternativas de campamento PK 4+600 (parte), todo el campamento PK 5+200 y el campamento PK 5+800 (parte), este acuífero está constituido por depósitos marinos generalmente de naturaleza clástica, con secciones ocasionales de origen bioquímico (calizas). La granulometría predominante de estos materiales es del orden de limos y arcilla. En estas formaciones se encuentran intercalaciones de basalto y andesitas. Se puede obtener cierta producción en pozos individuales. La calidad química de las aguas es variable.

El acuífero no confinado con alto rendimiento de $Q= 10\text{-}50\text{m}^3/\text{h}$, está ubicado en el lado Oeste del proyecto iniciando en el PK 3+960 donde está ubicado el bosque de manglar detrás de las instalaciones de la Base Naval CdF Noel Rodríguez del Servicio Nacional Aeronaval (SENAN), cruza la Carretera Panamericana y comprende parte del Campamento PK 4+600, este acuífero presenta una permeabilidad de mediana a variable, está constituido por aluviones, sedimentos marinos no consolidados y deposiciones tipo delta de granulometría variable en los cuales predominan secciones arenosas, limosas y arcillosas. La calidad química de las aguas es generalmente buena.

El acuífero de producción moderada con rendimiento de $Q= 3\text{-}10\text{m}^3/\text{h}$, está ubicado en parte del campamento PK 5+800 hasta el PK 6+250 y la Estación de Panamá Pacífico, este acuífero presenta una permeabilidad variable, está conformado por una mezcla de rocas volcánicas fragmentarias, consolidadas y poco consolidadas, sobrepuertas a rocas ígneas consolidadas. Los pozos más productivos se encuentran en la zona más fracturada. La calidad química de las aguas es generalmente buena.

6.7. Calidad de aire.

El objetivo de esta sección es establecer las condiciones de línea base en cuanto a la calidad del aire del área de influencia directa del proyecto. El entorno donde se desarrollará el proyecto corresponde a un área principalmente de uso urbano, área verde urbano, y áreas de uso industrial, de oficina y de puerto, en el cual la calidad del aire se ve influenciado principalmente por la actividad del tránsito vehicular en la zona de estudio.

Monitoreo de Calidad de Aire

La contaminación del aire es un problema de salud ambiental. Los contaminantes del aire generalmente se clasifican en partículas suspendidas (polvos, gases, neblinas y humos), contaminantes gaseosos (gases y vapores) y olores.

Para evaluar la concentración de los contaminantes del aire en función de las partículas suspendidas y los contaminantes gaseosos, se realizó un monitoreo de calidad de aire, considerando mediciones en días de semana y fin de semana. Los monitoreos fueron realizados los días 29 y 30 de mayo de 2021, del 10 al 13 de junio de 2021, el 2 de julio de 2021, del 23 al 25 de julio de 2021 y el 20 y 21 de agosto de 2021, a través del laboratorio Corporación Quality Services, S.A., Las mediciones fueron realizadas con los siguientes métodos:

- EPA-40 CFR, 50, App. J para PM10.
- CFR-Título 40 – Parte 50 – Apéndice A2 de la Parte 50, para SO₂
- EPA Designated Equivalent Method. No. EQN-1277-026 para NO₂
- Método EQOA-0992-087, como se define en 40 CFR, Parte 53, para O₃
- Analizador Directo mediante sensor infrarrojo, Método NDIR, Equivalente al CFR título 40 parte 50 Anexo C, para CO₂.
- Analizador Directo mediante sensor electroquímico – con tres electrodos. CE. IEC1010. Air Quality Criteria For Carbon Monoxide Jun 2000 de la EPA 600/P-99/001F, para CO.

Para las mediciones de Calidad de Aire, se establecieron diez (10) estaciones de medición, considerando las zonas de influencia del proyecto, zonas de depósito de

material de excavación y zonas urbanas o habitadas próximas al área de influencia directa del proyecto. Para esta toma de muestra se utilizó el siguiente equipo de medición:

- Equipo de Medición: TISCH ENVIRONMENTAL, modelo TE-Wilbur, serial 0220, Manual Reference Method: EQPS-0415-223.
- Equipo de Muestra-Gas: CO2-Lutron, modelo GCO-2008LT, serial 8852, COLutron, modelo MCH 3830, serial Q582479, SO2, NO2-RAC, model RAC 3, serial C-RASM-03, O3-Easelec Gas Technology, modelo BX80+, serial BX.

Las coordenadas de ubicación de las estaciones de monitoreo se muestran en la Tabla N° 6-45. En el Mapa de Sitio de Muestra de Calidad de Aire se ilustra la ubicación de las estaciones de monitoreo.

Tabla N°6-45: Ubicación de Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire.

Nº	MONITOREO	REFERENCIA DE UBICACIÓN	CALIDAD DEL AIRE		COORDENADAS
			ESTE	NORTE	
1	EM17A	Urbanización Rainforest Village	660486	999371	
2	EM15	Instituto Superior de Formación Profesional Aeronáutica	659358	991822	
3	EM2	Urbanización Villas de Howard #1	655062	988807	
4	EM3	Urbanización Villas de Howard #2	654947	989246	
5	EM1B	Alternativa Campamento PK 5+800	655464	989479	
6	EM6	Alternativa Campamento PK 5+200	655783	988989	
7	EM11	Edificio 69 ACP	658423	990578	
8	EM8C	Fundación Nueva Vida (Hogar de Ancianos)	655717	987702	
9	EM8D	Fundación Nueva Vida (Guardería)	655457	987967	
10	EM8B	Sitio de disposición de Farfán Alternativa Campamento PK 4+600	656161	988906	

Fuente: CSA Group Panamá, Inc. Fecha de muestreo, del 29 de mayo al 21 de agosto de 2021.

A continuación, se describen las principales características de las estaciones de monitoreo:

- **EM17A – Urbanización Rainforest Village:** la estación de monitoreo se ubicó dentro del proyecto Rainforest Village en un área abierta en superficie de tierra,

se observó actividad de construcción de viviendas (dúplex) y tránsito de equipo pesado como retroexcavadora y palas. Esta actividad solo se presentó en horario laborable. También se registraron lluvias en horas de la tarde.

- **EM15 – Instituto Superior de Formación Profesional Aeronáutica:** la estación ubicada en un lote baldío en las instalaciones (ISFPA), en un área abierta, equipo instalado en superficie de tierra y herbazal. Se observó actividad de tráfico vehicular en la vía Corredor Norte y patios de equipos de transporte. Se registraron lloviznas en horas de la mañana.
- **EM2 – Urbanización Villas de Howard # 1 y EM 3 – Urbanización Villas de Howard #2:** ambas estaciones de monitoreo se colocaron dentro de Villas de Howard, caracterizada por ser un área rodeada de viviendas. Se observó paso ocasional de vehículos al salir y entrar hacia otras residencias del área.
- **EM1B - Campamento Oeste PK 5+800:** se ubicó en un área boscosa cercana de la antigua estación de bombeo de hidrocarburos y la carretera Panamericana. El tráfico vehicular de esta vía es la actividad más próxima.
- **EM6 – Campamento Oeste PK 5+200:** este punto también se colocó en un área boscosa a 250 metros aproximadamente de la carretera Panamericana. El tráfico vehicular de esta vía es la actividad más próxima.
- **EM11 - Edificio 69 ACP:** se colocó la estación de medición cerca al edificio 69 y 66B pertenecientes a la ACP, ubicados a pocos metros de la Ave. Ascanio Arosemena, la cual es transitada por equipos pesados y liviano, de manera constante.
- **EM8C - Fundación Nueva Vida (Hogar de Ancianos):** la estación de monitoreo se ubicó en una vía sin salida en los predios de la Fundación Nueva Vida (Hogar de Ancianos), hacia el oeste del futuro sitio de disposición de material de excavación Farfán. El sitio está ubicado a unos 100m de las viviendas donde se construye el Residencial Woodlands. Al momento de la medición casi no se observó tráfico vehicular. Cabe resaltar que se registraron lluvias en el horario diurno.
- **EM8D - Fundación Nueva Vida (Guardería):** la estación fue ubicada diagonal a la Guardería de la Fundación Nueva Vida (Guardería) en el área de Howard, hacia

el oeste del futuro sitio de disposición de material de excavación Farfán. La medición se realizó en una vía sin salida donde casi no se observa tránsito vehicular. Se registraron lluvias en el horario diurno.

- **EM8B - Sitio de disposición de material de excavación Farfán (Campamento PK 4+600):** la estación de monitoreo se ubicó en el lado norte del sitio de disposición de material de excavación Farfán, sobre una superficie plana cubierta de hierba, en el área del Campamento PK 4+600. A unos 130m se encuentra la carretera Panamericana, donde se observa tráfico vehicular constante, de todo tipo de vehículos, principalmente en horas pico. Durante la medición, se registraron lluvias en la noche.

Los parámetros evaluados, se describen a continuación:

1. **Dióxido de Azufre (SO_2):** Gas incoloro e irritante formado principalmente por la combustión de combustibles fósiles. Se convierte en un contaminante cuando se encuentra presente en grandes cantidades. El SO_2 puede afectar al sistema respiratorio y las funciones pulmonares, y causa irritación ocular.
2. **Dióxido de Nitrógeno (NO_2):** Resultado de la combinación de óxido nítrico con el oxígeno en la atmósfera; es el principal componente del smog fotoquímico. Las principales fuentes de emisiones antropogénicas de NO_2 son los procesos de combustión (calefacción, generación de electricidad y motores de vehículos y barcos).
3. **Material Particulado (PM_{10}):** Sustancias orgánicas e inorgánicas, de diámetro aerodinámico menor a 10 micrómetros, y de diferente composición que se encuentran dispersas en la atmósfera en forma de pequeñas partículas sólidas o pequeñas gotas de líquido. Las partículas (PM) son un indicador representativo común de la contaminación del aire. Afectan a más personas que cualquier otro contaminante. Los principales componentes de los Materiales Particulado son los sulfatos, nitratos, amoníaco, cloruro de sodio, hollín, polvos minerales y agua.⁴²
4. **Dióxido de Carbono (CO_2):** El dióxido de carbono no es un componente atmosférico de importancia directa para los procesos fotoquímicos, sin embargo,

⁴² Sitio Web: Organización Mundial de la Salud/Calidad del Aire y Salud/Datos y Cifras/2018.

en virtud de sus cualidades de absorción en el campo ultravioleta, el CO₂ contribuye al efecto invernadero atmosférico, con lo que puede ser considerado un factor determinante del clima. El contenido atmosférico de dióxido de carbono aumenta drásticamente como consecuencia de la combustión de carbón, petróleo y gas natural.

5. **Monóxido de Carbono (CO):** Gas incoloro, inodoro y tóxico producto de la combustión incompleta de combustibles fósiles.
6. **Ozono (O₃):** Forma alotrópica del oxígeno, incoloro y gaseoso, que se produce en presencia de la luz solar, hidrocarburos, oxígeno y dióxido de nitrógeno. Irrita los ojos y el tracto respiratorio. Agrava las enfermedades respiratorias y cardiovasculares. El ozono es uno de los principales componentes de la niebla tóxica. Este se forma por la reacción con la luz solar de contaminantes como los óxidos de nitrógeno procedentes de las emisiones de vehículos o la industria y los compuestos orgánicos volátiles emitidos por los vehículos, los disolventes y la industria. (Sitio Web: Organización Mundial de la Salud/Calidad del Aire y Salud/Datos y Cifras/2018.).

Valores Guías

Los Valores Guías empleados, para el análisis de línea base de la Calidad del Aire, se basan en aquellos establecidos en la Guía de Calidad del Aire Ambiente de la OMS, actualización 2005, relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Esta Guía de Calidad de Aire ofrece orientación general relativa a umbrales y límites para contaminantes atmosféricos clave que entrañan riesgos sanitarios.

El Anteproyecto de Normas de Calidad de Aire Ambiente de la República de Panamá, establece como referencia el método para el Monitoreo de los Contaminantes Atmosféricos, desarrollado por los Estándares Nacionales de Calidad del Aire Ambiental (USEPA-40 CFR-Parte 50), para los parámetros de PM₁₀, SO₂, CO, NO₂ y O₃, por lo cual también es considerada para el análisis de los resultados presentados en el Monitoreo de Línea Base de Calidad de Aire, para los parámetros que apliquen al periodo de

medición. De igual forma se ha considerado la Norma 2610-ESM-109 de Calidad del Aire Ambiente de la ACP, el cual toma como referencia los estándares de USEPA. Ver Tabla N° 6-46.

Tabla N°6-46: Valores Guías de Calidad de Aire Ambiente de la OMS, ACP y Anteproyecto de Normas de Calidad de Aire Ambiente.

PARÁMETRO	VALOR GUÍA OMS - 2005	ESTÁNDAR USEPA	NORMA ACP / ANTEPROYECTO
PM ₁₀	---	150 µg/m ³ / 24 hrs	150 µg/m ³ / 24 hrs
SO ₂	500 µg/m ³ / 10 min	---	365 µg/m ³ / 24 horas
NO ₂	200 µg/m ³ / 1 hr	---	150 µg/m ³ / 24 horas
CO	N.E.	---	30,000 µg/m ³ / 1 hora
CO ₂	N.E.	---	N.E.
O ₃	100 µg/m ³ / 8 horas	---	157 µg/m ³ / 8 horas

Fuente: *Guía de Calidad de Aire Ambiente de la OMS / Estándar USEPA (PM10) Anteproyecto de Normas de Calidad de Aire Ambiente de la República de Panamá, Norma 2610-ESM-109 – ACP.*

Resultados del Monitoreo

Los Resultados de Muestreo de Calidad de Aire se muestran en la Tabla N° 6-47. El informe de medición del laboratorio se incluye en el Anexo 6-2.6. Cabe señalar que la unidad de medida presentada por el laboratorio para los parámetros de CO y CO₂ es en partes por millón (ppm), por lo cual se procedió a realizar la conversión de unidades de partes por millón (ppm) a unidad de microgramos por metro cúbico (µg/m³) aplicando la siguiente ecuación:

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{\text{ppm} \times PM}{24.5} \times 10^3$$

Donde:

- µg/m³ = Concentración del contaminante por peso por unidad de volumen de aire.
- ppm = Concentración del contaminante por volumen por unidad de Volumen de aire.
- PM = Peso Molecular del agente contaminante conocido.
- 24.5 = Constante Universal de los gases para condiciones de referencia 25°C (298 K) y 760mm (101.325 kPa) de presión.

Tabla N°6-47: Resultados de las Mediciones de Calidad de Aire.

Nº	PUNTO	PARÁMETROS					
		PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24 hr	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 10 min	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1 hr	CO (ppm) 15 min	O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 8 hr	CO ₂ (ppm)
1	EM17A	33.28	1.83	9.06	342.98	16.90	1,504,962.37
2	EM15	20.8	1.83	12.18	228.65	5.28	1,456,102.29
3	EM2	24.95	1.83	10.37	228.65	5.92	1,325,329.71
4	EM3	29.12	1.83	9.06	228.65	4.44	1,532,266.53
5	EM1B	16.64	1.83	9.06	342.98	8.45	1,368,800.82
6	EM6	12.48	1.83	9.06	114.33	6.97	1,353,532.04
7	EM11	45.76	1.83	9.06	17834.94	19.00	1,318,144.41
8	EM8C	24.96	1.83	9.06	114.33	6.34	1,486,280.57
9	EM8D	20.80	1.83	9.06	114.33	4.65	1,520,231.14
10	EM8B	37.44	1.83	9.06	228.65	8.45	1,442,450.20
Valores de Referencia							
OMS	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ / 24 hrs	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ / 10 min	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ / 1 hr	N.E.	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ / 8 horas	N.E.	
USEPA	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ / 24 hrs						
2610-ESM-109	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ / 24 hrs	365 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ / 24 horas	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ / 24 horas	30,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ / 1 hora	157 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ / 8 horas		N.E.

Fuente: Informe de Monitoreo de Calidad de Aire. Corporación Quality Services, S.A.

Análisis de los resultados de Calidad de Aire

De la tabla anterior compartimos los siguientes resultados:

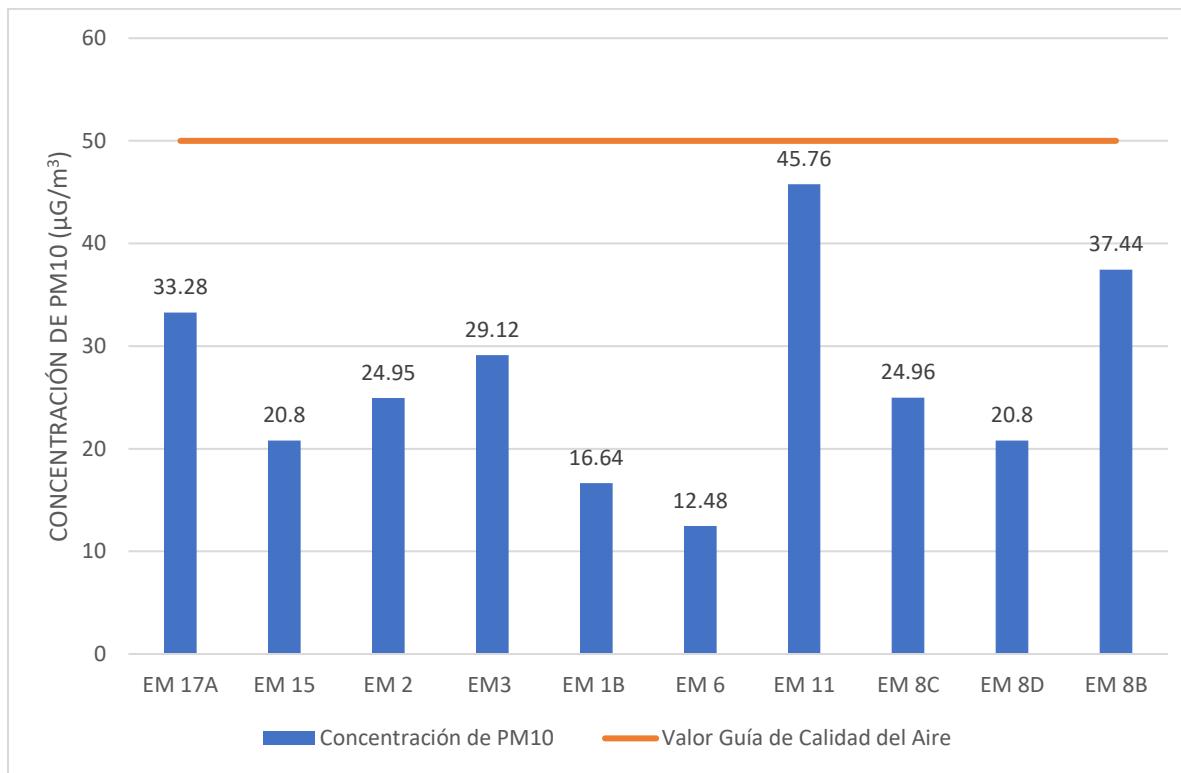
Se realizaron monitoreos de calidad de aire para establecer los niveles existentes de línea base para parámetros contaminantes del aire en las zonas de influencia del proyecto y áreas aledañas.

Los resultados obtenidos en todos los parámetros monitoreados fueron comparados con las normativas de referencia. La Norma 2610-ESM-109 de la ACP y los estándares de Calidad del Aire Ambiental - USEPA-40 CFR-Parte 50, establecen como nivel máximo de PM10 para mediciones de 24 horas, la concentración de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, al igual que las Guías de Calidad de Aire (GCA) de la OMS. Esta concentración para PM10 establecida por la GCA está fundamentada en los Objetivos Intermedios que buscan establecer una reducción progresiva de la contaminación del aire y su utilización está prevista en zonas donde la concentración

es alta. Por lo anterior descrito, es necesario indicar que la concentración guía para PM10 establecida por las GCA de la OMS, corresponde a un valor de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, basado en la relación entre los niveles de PM de 24 horas y anuales, para exposiciones de corta duración y en la cual se basa el siguiente análisis.

Considerando la importancia del Material Particulado (PM10) como indicador representativo común de la contaminación del aire y la afectación a las personas sobre cualquier otro contaminante, se destaca el análisis de los resultados obtenidos para este parámetro, cuyos resultados están por debajo de los valores guías para la Calidad del Aire, indicados en la Tabla N° 6-47, tanto para concentraciones de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como para 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ver Gráfico N° 6-16.

Gráfico N° 6-16.Resultados de PM₁₀.



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

De los 10 sitios monitoreados, los tres puntos con mayor concentración de Material Particulado (PM10) corresponden a:

- Primer punto: Estación EM11, ubicada en el Edificio 69 ACP, con una concentración de 45.76 µg/m³,
- Segundo punto: Estación EM8B, ubicada en el Sitio de disposición de material de excavación Farfán (Campamento PK 4+600), con una concentración de 37.44 µg/m³.
- Tercer punto: EM17A ubicada en la Urbanización Rainforest Village, con una concentración de 33.28 µg/m³.

Es necesario resaltar que los materiales particulados (PM10) se forman básicamente por medio de procesos mecánicos, como las obras de construcción, la re-suspensión del polvo de los caminos y el viento. En la mayor parte de los entornos urbanos están presentes estas partículas, pero su proporción se ve influenciada por las características de las zonas urbanas, en función de la geografía, la meteorología y las fuentes específicas.

Según los datos indicados para las condiciones ambientales al momento de las mediciones, para las estaciones de medición con mayor concentración de PM10, se presentaron menores velocidades del viento (resaltado en “negrita”), y para las estaciones con menor concentración de PM10 se presentan mayores velocidades del viento Resaltado en “cursiva”, según se muestra en la Tabla N° 6-48.

Tabla N°6-48: Condiciones Ambientales de Referencia.

DÍA	TEMPERATURA °C	VELOCIDAD MÁXIMA (KM/H)	DIRECCIÓN DEL VIENTO PREDOMINANTE	ESTACIÓN DE MONITOREO
29/05/21	27.2	14.8	Variable	EM17A
30/05/21	27.0	18.5	Variable	EM15
10/06/21	27.9	18.5	Sur	EM2
11/06/21	28.0	16.7	Oeste	EM3
12/06/21	27.5	27.8	Variable	EM1B
13/06/21	27.8	27.1	Variable	EM6
02/07/21	26.6	15.0	Sureste	EM11
23/07/21	29.1	14.8	Noroeste	EM8B
24/07/21	26.1	11.7	Noroeste	EM8D-EM8C

DÍA	TEMPERATURA °C	VELOCIDAD MÁXIMA (KM/H)	DIRECCIÓN DEL VIENTO PREDOMINANTE	ESTACIÓN DE MONITOREO
25/07/21	25.7	18.5	Noroeste	EM8D-EM8C

Fuente: Informe de Monitoreo de Calidad de Aire. Corporación Quality Services, S.A.

Los resultados de las mediciones gases se pueden observar en la Tabla N° 6-47. Las concentraciones de gases obtenidas en las estaciones de monitoreo seleccionadas no sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en las normas de referencia utilizadas.

La concentración de los contaminantes en el aire no está condicionada sólo por la magnitud de las emisiones sino también de la manera en que los principales contaminantes se transportan, se dispersan y reaccionan entre sí en la atmósfera para formar contaminantes secundarios. Estos mecanismos están condicionados por una serie de factores orográficos y meteorológicos, por lo que el desmonte de la cobertura boscosa que ha sufrido la zona probablemente ha generado una fuerte influencia en la concentración de los contaminantes considerando que la turbulencia generada por la acción del viento en espacios accidentados, como el que presenta un conglomerado de árboles, tiende a incrementar la dispersión de los contaminantes dando como resultado las alteraciones de las concentraciones de los contaminantes previamente medidos.

Comparación de la línea base ambiental del EsIA del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá con los EsIA de Línea 3 del Metro de Panamá y el EsIA del Cuarto Puente sobre el Canal de Panamá.

De los estudios de línea base para el proyecto Línea 3 y Cuarto Puente, se identificaron dos (2) puntos de medición cercanos a una de las estaciones de mediciones del presente Estudio de Impacto Ambiental, la ubicación de estos puntos de medición puede observarse en la Figura N° 6-29, de igual manera en la Tabla N° 6-49 se indican las coordenadas y equidistancia entre el punto de medición del Proyecto y los puntos del proyecto Línea 3 y Cuarto Puente.

Tabla N°6-49:Comparativo de ubicación de puntos de mediciones calidad del aire

PUNTO DE MEDICIÓN LÍNEA 3 Y CUARTO PUENTE.	COORD.	PUNTO DE MEDICIÓN CRUCE DE LA LÍNEA 3 POR DEBAJO DEL CANAL	COORD.	DISTANCIA APROX.
Punto 1 – Plaza McDonalds (Balboa, Ancón).	658799 E 990756 N	EM11 – Balboa – Edificio 69 ACP	658423 E 990578 N	412m
Punto 2 – Balboa – Edificio 731 ACP (Balboa, Ancón).	658251 E 990400 N	EM11 – Balboa – Edificio 69 ACP	658433 E 990570 N	261.4m

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Figura N°6-29: Ubicación de los Puntos de Medición de Aire entre los Proyectos de Línea 3 y Cuarto Puente (Punto 1 y Punto 2) y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá (EM11)



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

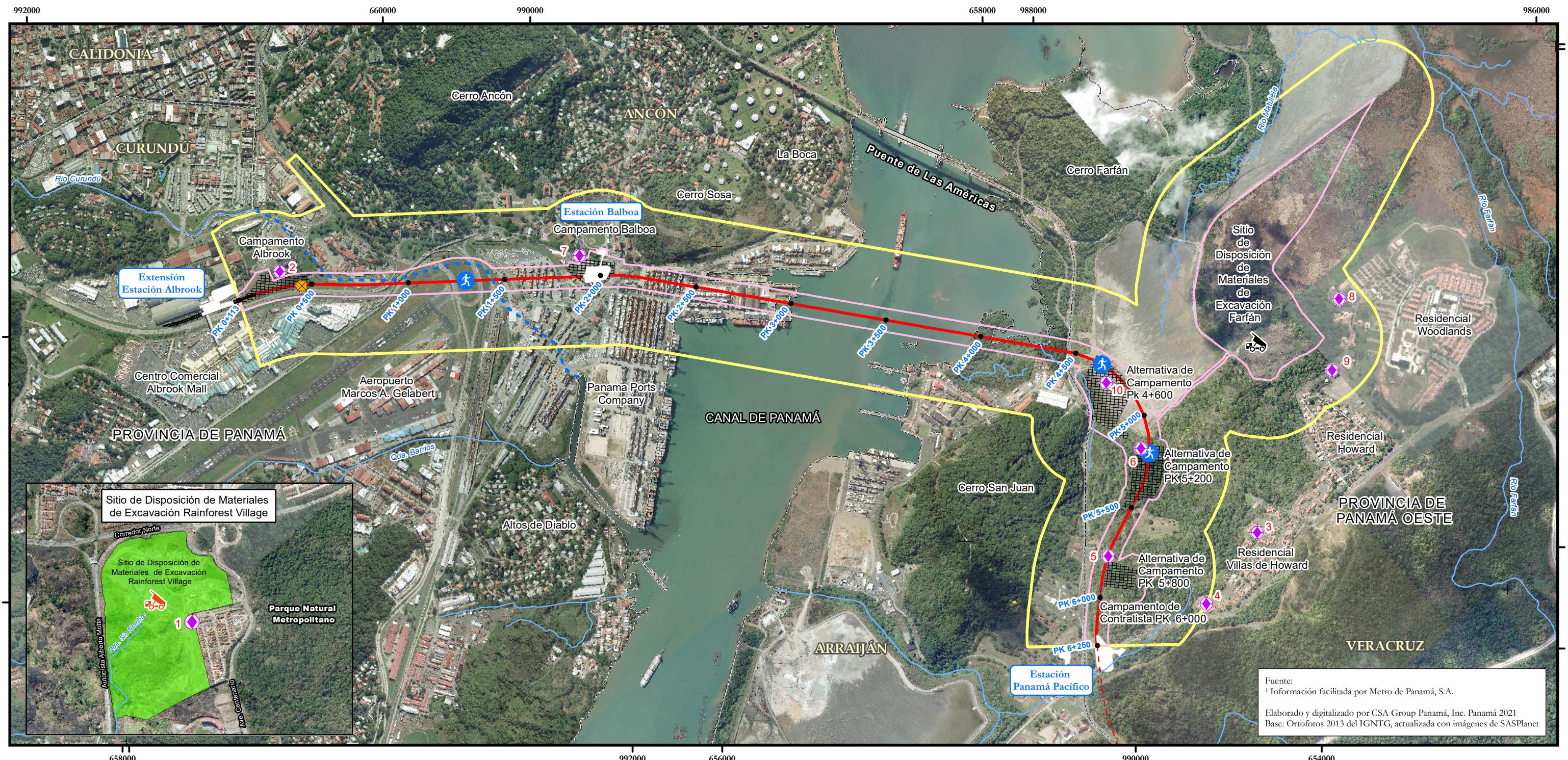
Para estos puntos se compararon los parámetros de medición de calidad de aire y PM10, los cuales se muestran en la Tabla N° 6-50.

Tabla N°6-50: Comparativo de Resultados de PM10 y O₃.

PARÁMETRO	PUNTO LÍNEA 3		PUNTO TÚNEL
	PUNTO 1	PUNTO 2	EM 11
PM10 (µg/m³) 24hr	26.5	26.3	45.76
NO₂ (µg/m³) 24hr	43.35	56.89	9.06
SO₂ (µg/m³) 24hr	66.09	12.78	1.83
O₃ (µg/m³) 8hr	3.93	5.10	19.00
CO₂ (µg/m³) 1hr	566,871.17 – 616,660.53	575.87 – 629.86	1,318,144.41
CO (µg/m³) 1hr	360,728.98 – 390,503.44	366.46 – 400.81	17,834.94

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Para ambos estudios de línea base de Calidad de Aire, los parámetros comparados cumplen con los valores guías y límites establecidos en las normas de referencia, destacando que el Punto en la Estación EM11 ubicada en Balboa-Edificio 69 de la ACP, presenta mayor concentración de material particulado, y que el monóxido y dióxido de carbono, comparado con los valores indicados para el proyecto de la Línea 3, esto debido principalmente a la cercanía a la Avenida Ascanio Arosemena, con aproximado de 10 metros lineales, la cual presenta un alto tráfico de forma constante, principalmente de los contenedores que se dirigen hacia el área de Panama Ports Company.



Leyenda

- ◆ Sitio de Muestra de Calidad del Aire
- PK cada 500 m
- ▣ Trinchera / Pozo de Extracción Este¹
- ▢ Trinchera/Pozo de Ataque Oeste¹
- ▢ Possible Pozo de Evacuación¹
- Alineamiento del Proyecto¹
- - - Línea 3 del Metro¹
- + Zona de Transición¹
- Ríos Principales
- Cajón del Río Curundú¹

Ubicación de Sitios de Muestra de Calidad del Aire		Coordenadas UTM		
ID	Punto	Ubicación	Este	Norte
1	EM17A	Urbanización Rainforest Village	660486	999371
2	EM15	Instituto Superior de Formación Profesional Aeronáutica	659358	991822
3	EM2	Urbanización Villas de Howard #1	655062	988807
4	EM3	Urbanización Villas de Howard #2	654947	989246
5	EM1B	Campamento Oeste PK 5+800 *	655464	989479
6	EM6	Campamento Oeste PK 5+200 *	655783	988989
7	EM11	Edificio 69 ACP	658423	990578
8	EM8C	Fundación Nueva Vida (Hogar de Ancianos)	655717	987702
9	EM8D	Fundación Nueva Vida (Guardería)	655457	987967
10	EM8B	Sitio de disposición de Farfán – Campamento PK 4+600 *	656161	988906

Nota: *Los siguientes campamentos son alternativas: Campamento PK 4+600, Campamento PK 5+200 y Campamento PK 5+800

LOCALIZACIÓN REGIONAL

SITIO DE MUESTRA DE CALIDAD DEL AIRE

Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Proyecto de Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá

Promotor:

Consultor:

REPÚBLICA DE PANAMÁ
GOBIERNO NACIONAL

6.7.1. Ruido

En esta sección se describen las condiciones de línea base en cuanto a los niveles de ruido ambiental de aquellas áreas que, debido a su proximidad a las áreas de trabajo y por las actividades a ser desarrolladas, podrían considerarse como receptores sensibles. Para las mediciones de ruido se empleó un Sonómetro de la marca Quest, modelo SoundPro Se/DL, serie BBN010006, con certificado de calibración No. 940356. Las mediciones se realizaron en días de semana y fines de semana, en horarios diurnos y nocturnos, con un tiempo de medición de 1 hora, realizadas los días entre el 28 de mayo al 26 julio 2021, como se muestra en el Informe de resultado de Monitoreo de Ruido Ambiental el cual fue emitido por el Laboratorio Corporación Quality Services, S.A. y se incluye en el Anexo 6-2.7.

Para la caracterización de los niveles de ruido ambiental, se realizaron diez (10) mediciones, de los cuales siete (7) puntos están ubicados en sectores sensibles y tres (3) puntos de control en las alternativas de campamento, para el monitoreo se utilizó el equipo Soundpro SE/DL marca Quest. En la Tabla N° 6- 51, se muestran las coordenadas de ubicación de las estaciones de monitoreo y en el Mapa de Sitio de Medición de Ruido Ambiental se muestra la ubicación geográfica, adicional se presenta un Mapeo Representativo de Ruido los cuales son presentado al final de este punto.

Tabla N°6-51: Sitios de Medición de Ruido Ambiental
RUIDO AMBIENTAL

N°	MONITOREO	UBICACIÓN	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
1	EM17A	Rainforest Village	660486	999371
2	EM15	Instituto Superior de Formación Profesional Aeronáutica	659358	991822
3	EM 2	Urbanización Villas de Howard #1	655062	988807
4	EM 3	Urbanización Villas de Howard #2	654947	989246
5	EM 1B	Alternativa Campamento PK 5+800	655464	989479
6	EM 6	Alternativa Campamento PK 5+200	655783	988989
7	EM11	Edificio 69 ACP	658423	990578
8	EM8C	Fundación Nueva Vida (Hogar de Ancianos)	655717	987702
9	EM8D	Fundación Nueva Vida (Guardería)	655457	987967
10	EM8B	Sitio de Disposición de Farfán, Alternativa Campamento PK 4+600	656161	988906

Fuente: CSA Group Panamá, Inc. Fecha de muestra, del 28 mayo al 26 julio del 2021.

Las estaciones de monitoreo se ubicaron en las áreas más cercanas a los sitios de las obras y en aquellas áreas o actividades que podrían estar sujetas a efectos significativos debido al ruido, sitio de receptores sensibles, tales como: residencias, oficinas, áreas de trabajo donde se dará mayor concentración de trabajadores y personal del proyecto. A continuación, se describen las características de los puntos de monitoreo:

- **EM17A - Urbanización Rainforest Village:** el punto de monitoreo se ubicó dentro del proyecto Rainforest Village, en un área abierta con una superficie de tierra. Durante la toma de la muestra, en horario diurno, en día de semana, se observó: actividad de construcción - tipo viviendas (duplex), ruidos de equipo pesado en horario laborable, conversaciones de trabajadores y uso de herramientas manuales. En días de fin de semana estas actividades están presente solo en horario laborales.
- **EM15 - Instituto Superior de Formación Profesional Aeronáutica (ISFPA):** este punto de monitoreo se ubicó dentro de las instalaciones del ISFPA, el cual está situado a 50m aproximadamente del proyecto, el Instituto cuenta con dos (2) pisos y tiene un área abierta con una superficie de tierra y herbazal. En horario diurno, durante los días de semana, se registró: ruidos de fondo del tráfico constante de vehículos, equipos pesados, que transitan por el Corredor Norte, ruido ocasional de avionetas por su cercanía (500m aprox.) al Aeropuerto Marcos A. Gelabert. En medición de fin de semana, en horario diurno, se percibió ruido del paso de equipo pesado y liviano; durante horarios nocturno, se percibió ruido del paso ocasional de autos e insectos nocturnos.
- **EM2 - Urbanización Villas de Howard #1 y EM3 y Urbanización Villas de Howard #2:** ambos puntos de monitoreo se ubicaron dentro del área residencial Villas de Howard. Durante las mediciones, en horario diurno, en día de semana y fin de semana, se percibieron ruidos ocasionales de autos hacia las residencias, ladridos de perros y paso ocasional de aviones. En horario nocturno, se percibió el ruido de insectos, ladridos de perros. No se identificó tráfico vehicular interno de manera frecuente.
- **EM1B - Campamento Oeste PK 5+800:** el punto de monitoreo se ubicó en un área boscosa cercana de la antigua estación de bombeo de hidrocarburos y la

carretera Panamericana (Área de Farfán). El tráfico vehicular de esta vía es la actividad más próxima. En ambas mediciones, en horario diurno, en día de semana y fin de semana, se percibió ruido de fondo constante de tránsito de equipos pesados y liviano desde la carretera Panamericana y de la fricción entre las ramas de los árboles, producida por la fuerte brisa.

- **EM6 - Campamento Oeste PK 5+200:** el punto ubicado en área boscosa a una distancia de 250m aproximadamente de la carretera Panamericana (Área de Farfán). En ambas mediciones, en horario diurno, en día de semana y fin de semana, se percibió ruido de fondo constante del tránsito de vehículos de equipos pesados y liviano que circulan en la Carretera Panamericana a una velocidad promedio de entre 50km/h-100km/h, la cual es la actividad más próxima.
- **EM11 - Edificio 69 de la ACP:** el punto de medición se ubicó cerca del edificio 69 y 66A, estas estructuras pertenecen a la ACP, a pocos metros de la Ave. Ascanio Arosemena. Durante las mediciones, en horario diurno, para días de semana y fin de semana, se percibió el tránsito de equipo pesado y vehículos livianos de manera constante.
- **EM8C - Fundación Nueva Vida (Hogar de Anciano):** el punto de monitoreo se ubicó cercano a un hogar para ancianos, que consta de dos (2) niveles o pisos y está ubicado en el área residencial de Howard, al final de una vía sin salidas, no se observa tránsito vehicular. Este punto fue identificado como receptor sensible, ya que está ubicado al Oeste del futuro sitio de disposición de material de excavación Farfán, aproximadamente a 200m de distancia. Cabe señalar que a unos 100m de distancia se encuentra un proyecto de construcción de viviendas Residencial Woodlands, que en horario diurno es la actividad de mayor influencia en el área. Se registraron lluvias en horario diurno. Durante las mediciones de horario nocturno se presentó una circulación vehicular esporádica, casi nula.
- **EM8D - Fundación Nueva Vida (Guardería):** el punto de monitoreo se ubicó cercano a una Guardería, la cual cuenta con dos (2) pisos o niveles y está ubicada en el área residencial de Howard, no se observa tránsito vehicular constante. Este punto fue identificado como receptor sensible, ya que está ubicado al Oeste del futuro Sitio de Disposición de material de excavación Farfán, aproximadamente a 150m de distancia. Se registraron lluvias en el horario diurno.

- **EM8B - Sitio de Disposición de Farfán (Campamento PK 4+600):** el punto de monitoreo se ubicó en el lado Norte del Sitio de Disposición de material de excavación Farfán, sobre una superficie plana cubierta de hierba. A unos 130m se encuentra la Carretera Panamericana (área de Farfán) donde se observa tráfico vehicular constante, principalmente en horas pico. Se registraron lluvias en la noche.

Para el análisis de los resultados de las mediciones de ruido ambiental, se tomó como referencia las normas nacionales, en las que se determina los niveles del ruido, para las áreas residenciales e industriales.

- **Decreto Ejecutivo No. 1 del 15 de enero del año 2004 de la República de Panamá,** determina los límites máximos permisibles para ruido ambiental, para áreas residenciales e industriales los cuales son:
 - 60 decibeles (dB) en horario diurno (de 6:00 a.m. a 9:59 p.m.)
 - 50 decibeles (dB) en horario nocturno (de 10:00 p.m. a 5:59 a.m.)
- **Decreto Ejecutivo No. 306 del 2002,** que adopta el reglamento para el control de los ruidos en espacios públicos, áreas residenciales o de habitación, así como en ambientes laborales, establece que:
 - Para áreas residenciales o vecinas a estas, no se podrá elevar el ruido de fondo o ambiente de la zona.
 - Para áreas industriales y comerciales, sin perjuicio de residencias, se permitirá solo un aumento de 3 dB en la escala A sobre el ruido de fondo o ambiental.
 - Para áreas públicas, sin perjuicio de residencias, se permitirá un incremento de 5 dB, en la escala A sobre el ruido de fondo o ambiental.

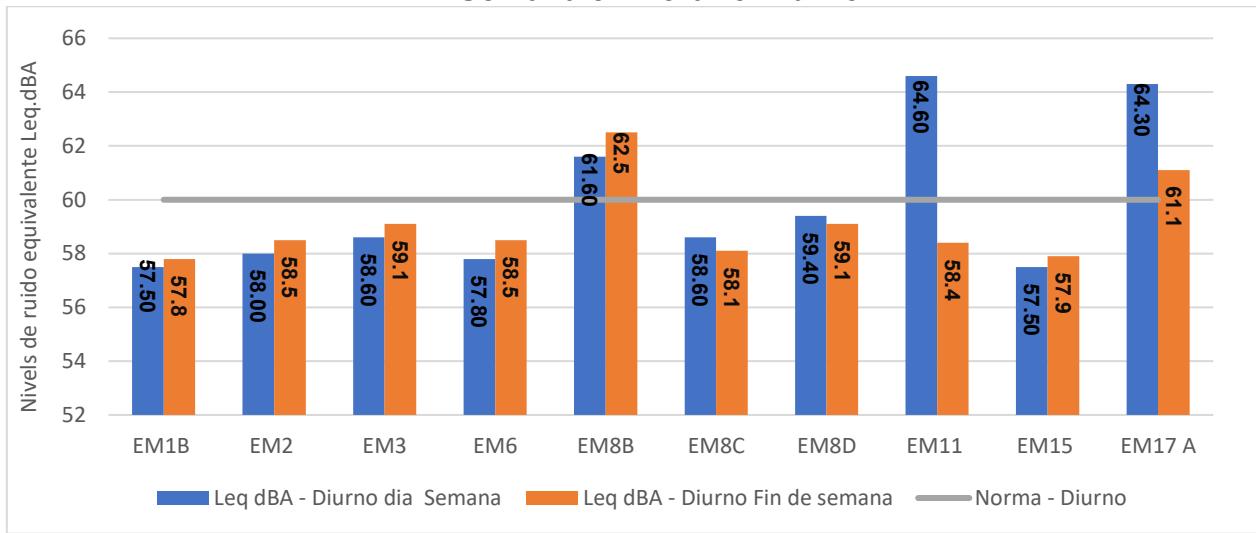
Tomando en cuenta que el proyecto tendrá actividades dentro de áreas que se encuentran bajo la Administración de la Autoridad del Canal de Panamá, como lo es la construcción de la Estación Balboa (subterránea), el Contratista también deberá incorporar el cumplimiento de la Norma Ambiental 2610-EAC-101 de la ACP para la reducción de la contaminación por ruido.

Resultados de Mediciones de Ruido de Valores Equivalentes en Horario Diurno

En el Gráfico N° 6-17 Niveles de Ruido Equivalente Medidos Leq (dB) y en el Mapeo Representativo de Ruido, se ilustran los niveles de ruido obtenidos para horarios diurnos, donde se identificaron tres (3) estaciones de monitoreo en día de semana y dos (2) en fin de semana, de los receptores sensibles ubicados en los alrededores de la obra, con niveles de ruido equivalente que sobrepasan los valores permitidos según la norma de referencia (60 dB), estas Estaciones de Monitoreo son las siguientes:

- EM11 Edificio 69 de la ACP, el cual presenta valores de 64.6 dB durante horario diurno en día de semana; sin embargo, en los horarios diurnos de fines de semanas estos valores bajan a 58.4 dB, entrando entre los rangos permitidos según el Decreto Ejecutivo No. 1 del 15 de enero del año 2004 de la República de Panamá.
- EM17A Urbanización Rainforest donde presenta mediciones en día de semana con un valor de 64.3 dB, y en horarios de fines de semana baja a 61.1 dB; sin embargo, se mantienen los valores sobre los límites máximos permisibles durante los horarios diurnos en día de semana y fines de semana. Estos niveles de ruido se ven influenciados por las actividades propias de construcción de viviendas y en la cual se observó movimiento de retroexcavadoras.
- EM8B Sitio de Disposición de Farfán (Campamento 4k+600), presenta en su horario diurno, en días de semana, valores 61.1 dB; y en horarios de fin de semana, estos valores aumenta a 62.5 dB, quedando ambos horarios por encima de los valores permitido, esto se debe a la cercanía del sitio a la Carretera Panamericana, la cual presenta alta frecuencia vehicular a alta velocidad con uso de bocinas, siendo la principal carretera que comunica el Oeste del país hacia el Centro de la Ciudad, y durante los fines de semana se da gran movimiento de personas hacia el interior del país.

Gráfico N° 6-17. Nivel de Ruido Equivalente Leq (dB) - Fin de Semana y Día de Semana en Horario Diurno

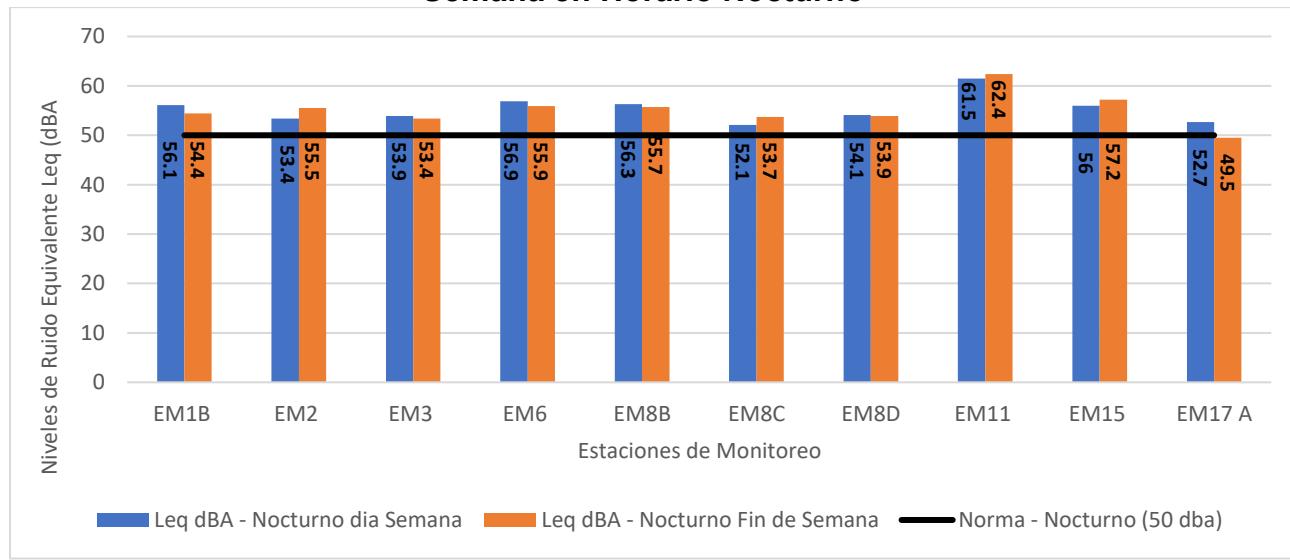


Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Resultados de Mediciones de Ruido de Valores Equivalentes en Horario Nocturno

Para el horario nocturno, la mayoría de los puntos muestreados presentan lecturas de niveles de ruido equivalente que sobrepasan el nivel de ruido permitido según el Decreto Ejecutivo N° 1 de 200; a excepción de los puntos EM17A (Urbanización Rainforest Village) durante fin de semana, con niveles de ruido equivalentes de 49.5 dB como se muestra en el Gráfico N° 6-18.

Gráfico N° 6-18. Nivel de Ruido Equivalente Leq (dB) - Fin de Semana y Día de Semana en Horario Nocturno



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

En cuanto a los niveles de ruido promedio dB de los valores máximos y mínimos, estos se encuentran en un rango entre 93.5 dB (EM11) a 50.9 dB (EM17A) en horario diurno, siendo el más alto para día de semana y el más bajo para fin de semana. En cuanto al promedio de decibeles (dB), de los valores máximos y mínimos en horario nocturno, estos oscilan entre 87.5 dB (EM11) y 41.6 dB (EM17A), ambos en fin de semana, como se presenta en la Tabla N° 6-52, en la cual se marca en rojo los valores máximos y en verde los valores mínimos.

Se puede observar que en la estación de monitoreo EM11 (Edificio 69-ACP) se presentan los valores más altos en niveles máximos de Ruido, con valores en horario diurno de 93.5 dB (día de semana) y 88.2 dB (fin de semana); y los niveles máximos de ruido, en horario nocturno fueron de 83.1 dB (día de semana) y 87.5 dB (fin de semana). Estos resultados se ven influenciados por la constante circulación de vehículos en los sitios colindantes al área del proyecto y por la cercanía de este al Puerto de Balboa donde se dan gran movimiento de camiones tipo trailers hacia el patio de Panama Ports Company, por la vía Avenida Ascanio Arosemena.

Para los valores mínimos en horarios nocturnos, en día de semana y fin de semana, se identificó la estación de monitoreo EM17A (Urbanización Rainforest Village) con niveles de 44.1 dB y 41.6 dB, respectivamente.

Tabla N°6-52: Promedio de Valores Máximos y Mínimos de Ruido, de las Estaciones de Monitoreos, para horarios diurno y nocturno entre día de semana y fin de semana.

Estaciones	HORARIOS DIURNO				HORARIOS NOCTURNOS			
	Lmax. día de semana	Lmax. Fin de semana	Lmin. día de Semana	Lmin. Fin de semana	Lmax. día de semana	Lmax. Fin de semana	Lmin. día de Semana	Lmin. Fin de semana
EM1B	78	79.1	53.3	53.7	69.8	69	50	48.9
EM2	79.1	80.3	52.4	53.1	64.9	66.4	46.8	47.2
EM3	80.3	82.6	52.9	54.2	69.3	68.6	48.2	48.4
EM6	76.6	79.7	53.8	54.7	66.6	65.8	52.6	49.3
EM8B	79.7	79.3	54.2	54.6	65.5	65.2	45.2	45.6
EM8C	78.4	79.5	54.5	54.1	63.5	64.3	44.4	44.2
EM8D	79.3	79.7	54.3	54.8	65.6	64.7	45.6	44.8
EM11	93.5	88.2	59.1	53.9	83.1	87.5	56.4	57.7
EM15	74.8	79.4	51.2	52.7	81.2	81.8	54.4	54.8
EM17A	85	81	55.6	50.9	68.3	65.3	44.1	41.6

Fuente: Informe de Laboratorio Corporación Quality Services.

La principal fuente generadora de ruido identificada en todos los puntos corresponde al tránsito de vehículos livianos y equipos pesados, en especial para los puntos colindantes a la carretera Panamericana (Panamá – Arraiján), y la Avenida Ascanio Arosemena.

En base a los resultados de las mediciones realizadas, en los sitios receptores sensibles donde se supera los niveles sonoros mínimos establecidos en el Decreto Ejecutivo No. 306 del 2002, al inicio del proyecto se deberá evaluar y dar seguimiento al incremento del ruido por las actividades de la obra, considerando lo siguiente:

- Para las áreas residenciales o vecinas a la obra, no se podrá elevar el ruido de fondo o ambiental de la zona.
- Para áreas industriales y comerciales, sin perjuicio de residencias, se permitirá sólo un aumento de 3 dB, en escala A, sobre el ruido de fono o ambiental.
- Para las áreas públicas, sin perjuicio de residencias, se permitirá un incremento de 5 dB, en escala A, sobre el ruido de fondo o ambiente.

En la Gráfica N° 6-21, se muestran los niveles de ruido obtenidos a través de las mediciones y su comparación con los niveles permitidos en el Decreto Ejecutivo N° 1 de 2004, de igual manera se presenta en la Tabla N° 6-54 los resultados de Ruido de las diez (10) estaciones de monitoreo. Adicional, en el Mapa de Monitoreo de Ruido y Mapeo Representativo de Ruido, se ilustra la ubicación geográfica y niveles de ruido equivalentes de los diez (10) sitios de medición de ruido ambiental de la línea base.

Comparación de la línea base ambiental del EsIA del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá con los EsIA de Línea 3 del Metro de Panamá y el EsIA del Cuarto Puente sobre el Canal de Panamá.

Tomando en consideración que el presente EsIA forma parte integral del proyecto de la Línea 3 del Metro de Panamá, se realizó una revisión de los resultados obtenidos en la línea base de los EsIA de los proyectos de la Línea 3 del Metro de Panamá y el Cuarto Puente sobre el Canal de Panamá (ambos EsIA con fecha de julio 2014), por mantener una cercanía con las áreas del proyecto del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá. Cabe señalar que dos (2) puntos de monitoreo de los proyectos de la Línea 3

del Metro y del Cuarto Puente para la variable de ruido coinciden con el presente EsIA, ya que están ubicados cercanos a las estaciones de monitoreo dentro del área de influencia directa e indirecta, estos puntos se pueden visualizar en la siguiente Tabla N° 6-53:

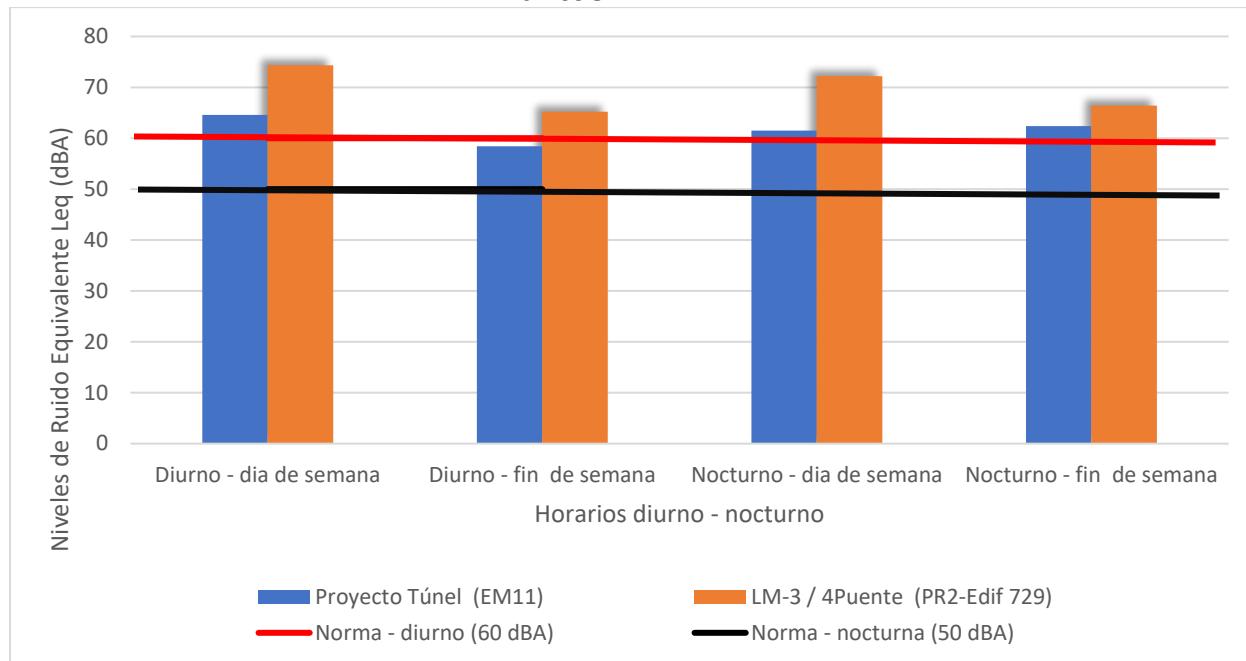
Tabla N°6-53: Comparativo de ubicación de puntos de mediciones de ruido

PUNTO DE MEDICIÓN LÍNEA 3 Y CUARTO PUENTE.	COORD.	PUNTO DE MEDICIÓN CRUCE DE LA LÍNEA 3 POR DEBAJO DEL CANAL	COORD.	DISTANCIA APROX.
PR-1 Policía Nacional	658983 E 991516 N	EM15 – Instituto Superior de Formación Profesional Aeronáutica	659122 E 991633 N	182m
PR -2 Edificio 729 ACP	658279 E 990378 N	EM11 – Balboa – Edificio 69 ACP	658423 E 990578 N	258m

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Al comparar entre los puntos de medición, de proyectos de Línea 3 del Metro y el Cuarto Puente sobre el Canal, podemos indicar que entre los puntos EM11 (Línea 3 por debajo del Canal) y PR-2 (Línea 3 del Metro y Cuarto Puente) se observó que los niveles de ruido (dB) obtenidos en el punto EM11 son más bajo que los valores obtenidos en el punto PR-2, estos puntos fueron ubicado entre la Avenida Ascanio Arosemena y la Avenida Arnulfo Arias Madrid; sin embargo, ambos puntos muestran que la zona sobrepasa los niveles de ruido (dB) permitido por la norma tanto en horarios diurnos y nocturnos como se muestra en la Gráfica N° 6-19, y en la Figura N° 6-30 se puede observar la ubicación de ambos puntos de medición de ruido.

Gráfico N° 6-19. Comparación de Medición de Niveles de Ruido entre los Proyectos de Línea 3 y Cuarto Puente y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá – Puntos EM 11 – PR-2



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

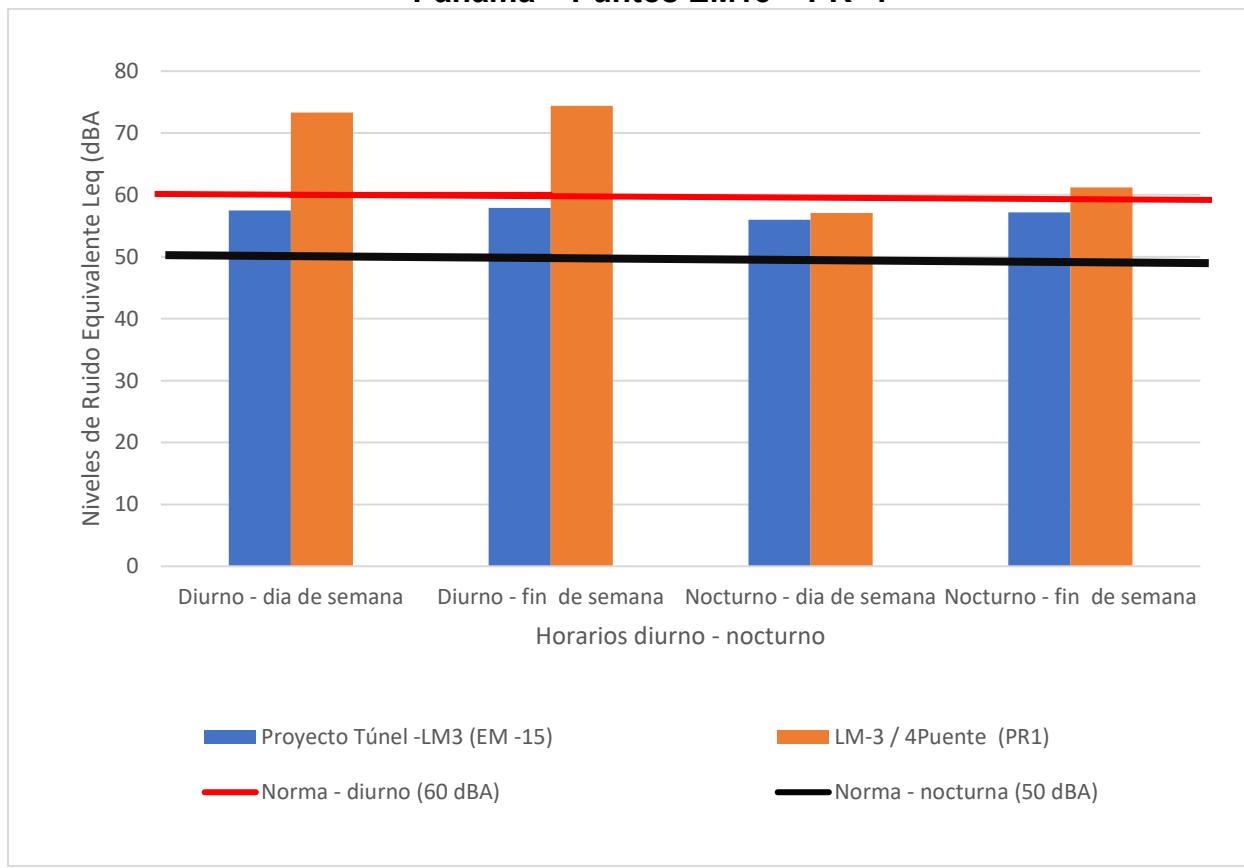
Figura N°6-30: Ubicación de los Puntos de Medición de Ruido entre los Proyectos de Línea 3 y Cuarto Puente (PR2) y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá (EM11)



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

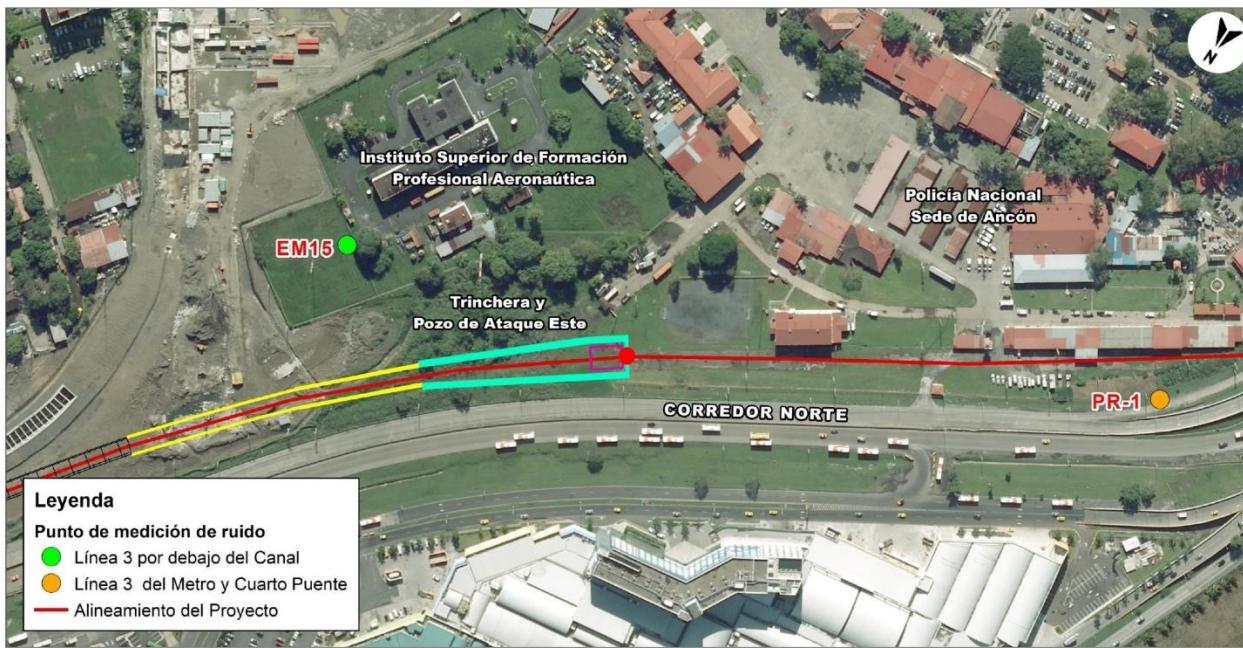
Por otra parte, la comparación entre los puntos EM15 (Línea 3 por debajo del Canal) y PR-1 (Línea 3 del Metro y Cuarto Puente), ubicados cercanos al Corredor Norte y la Policía Nacional sede de Ancón, se muestra el mismo comportamiento del punto antes mencionado, en el cual los resultados de los punto de monitoreo del presente proyecto, muestran valores más bajos que el obtenido en la línea base de dichos proyectos (Línea 3 del Metro y Cuarto Puente); sin embargo, la diferencia se encuentra en que los niveles de ruido (dB) registrado en el Punto EM15, en horarios diurnos, se mantiene dentro de los rango establecidos por la Normas para el nivel de ruido de 60 (dB), tal como se muestra en la Gráfica N° 6-20; de igual manera, se puede observar en la Figura N° 6-31 la ubicación de estos punto de medición de ruido.

Gráfico N° 6-20. Comparación de Medición de Niveles de Ruido entre los Proyectos de Línea 3 y Cuarto Puente y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá – Puntos EM15 – PR -1



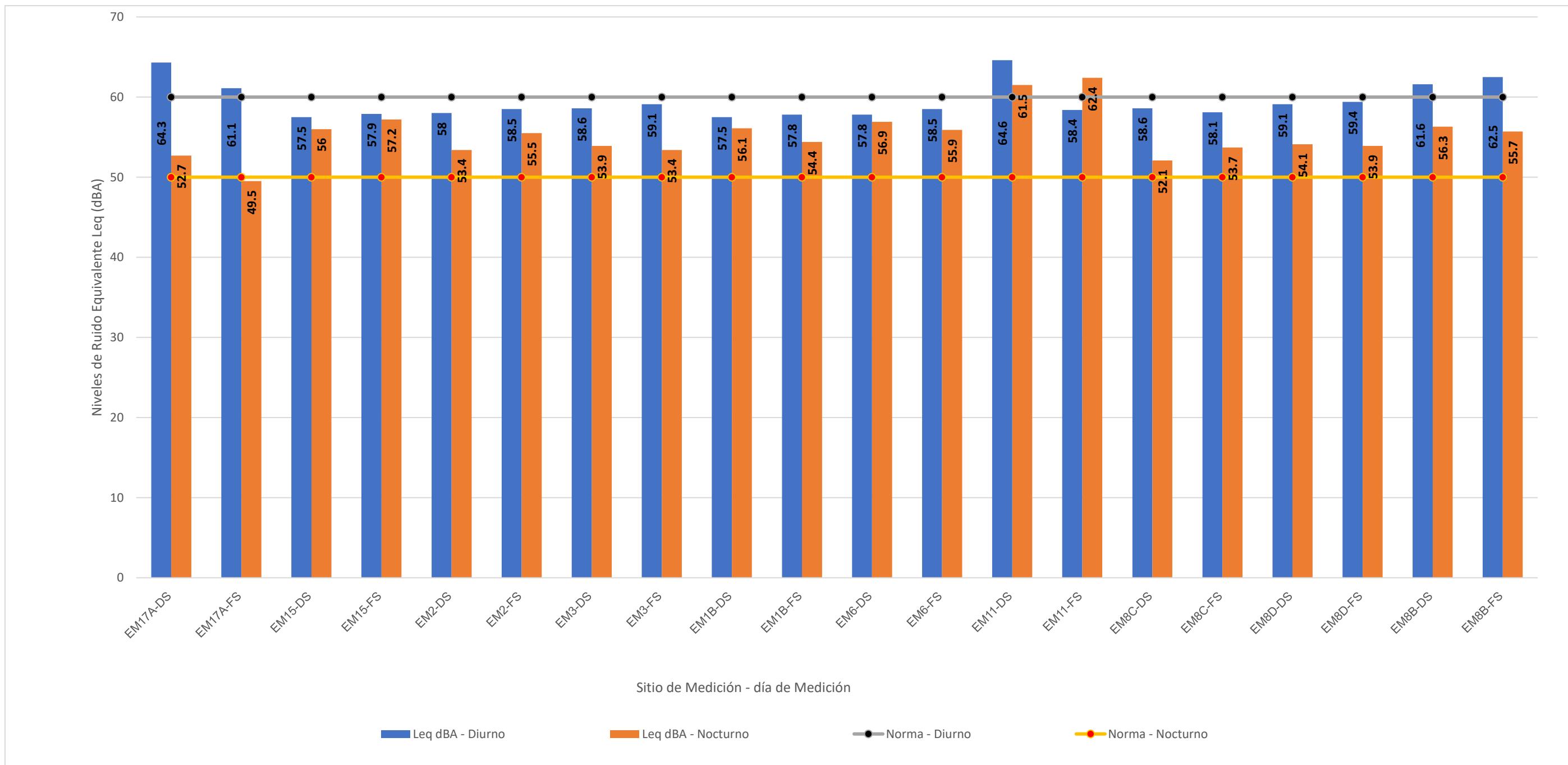
Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Figura N°6-31: Ubicación de los Puntos de Medición de Ruido entre los Proyectos de Línea 3 y Cuarto Puente y Línea 3 (PR-1) por debajo del Canal de Panamá (EM15)



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Cabe señalar que al realizar el comparativo de los niveles de ruido obtenidos en la línea base para los EslA de los proyectos Cuarto Puente y Línea 3 del Metro de Panamá y los obtenidos en el presente Estudio, se pudo observar una reducción en los niveles de ruido en este último. Este comportamiento puede verse influenciado por las restricciones existentes ante la Pandemia por COVID-19, por lo cual se recomienda que previo al inicio de las actividades de construcción del proyecto el Contratista deberá realizar una actualización de las mediciones de ruido y establecer una nueva línea base ambiental con relación a esta variable.

Gráfico N° 6-21. Nivel De Ruido Equivalente Leq (dB) – Día de Semana y Fin de Semana/Horario Diurno y Nocturno


Fuente: CSA Group Panamá, Inc

Tabla N°6-54: Resultados de las Mediciones de Ruido Ambiental en días de semana y fin de semana, en horarios diurno y nocturno

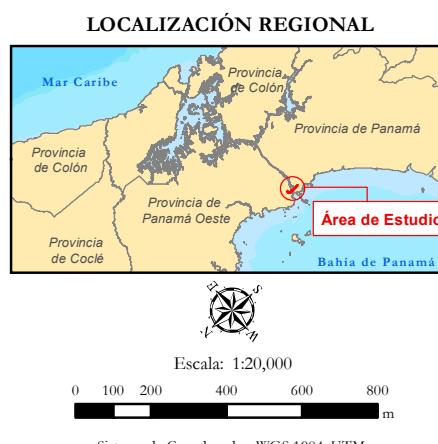
UBICACIÓN	FECHA DE MEDICIÓN	RESULTADOS DE MEDICIONES						DECRETO EJECUTIVO N° 1 (DBA)		CONDICIONES AMBIENTALES DE REFERENCIA				
		DIURNO			NOCTURNO					TEMPERATURA PROMEDIO	VELOCIDAD MÁXIMA (KM/H)	DIRECCIÓN DEL VIENTO PREDOMINANTE		
		LEQ	LMAX	LMIN	LEQ	LMAX	LMIN							
EM17A -Día de semana	05/28/2021	64.3	85	55.6	52.7	68.3	44.1	60	50	27.9	16.6	Noroeste		
EM17A - Fin de Semana	06/05/2021	61.1	81	50.9	49.5	65.3	41.6			27.7	16.7	Noroeste		
EM15 -Día de semana	05/28/2021	57.5	74.8	51.2	56	81.2	54.4			27.9	16.6	Noroeste		
EM15 - Fin de Semana	05/30/2021	57.9	79.4	52.7	57.2	81.8	54.8			27	18.5	Variable		
EM2 -Día de semana	06/10/2021	58	79.1	52.4	53.4	64.9	46.8			27.9	18.5			
EM2 - Fin de Semana	06/12/2021	58.5	80.3	53.1	55.5	66.4	47.2			27.5	27.8	Variable		
EM3 -Día de semana	06/10/2021	58.6	80.3	52.9	53.9	69.3	48.2			27.9	18.5			
EM3 - Fin de Semana	06/12/2021	59.1	82.6	54.2	53.4	68.6	48.4			27.5	27.8	Variable		
EM1B -Día de semana	06/10/2021	57.5	78	53.3	56.1	69.8	50			27.9	18.5			
EM1B - Fin de Semana	06/12/2021	57.8	79.1	53.7	54.4	69	48.9			27.5	27.8	Variable		
EM6 -Día de semana	06/10/2021	57.8	76.6	53.8	56.9	66.6	52.6			27.9	18.5			
EM6 - Fin de Semana	06/12/2021	58.5	79.7	54.7	55.9	65.8	49.3			27.5	27.8	Variable		
EM11 -Día de semana	07/02/2021	64.6	93.5	59.1	61.5	83.1	56.4			26.6	15	Sur-Sureste		
EM11 - Fin de Semana	07/03/2021	58.4	88.2	53.9	62.4	87.5	57.7			27.6	14.8	Sur		
EM8C -Día de semana	07/23/2021	58.6	78.4	54.5	52.1	63.5	44.4			29.1	14.8	Noreste		
EM8C - Fin de Semana	07/24/2021	58.1	79.5	54.1	53.7	64.3	44.2			25.5	16.7	Oeste		
EM8C -Día de semana	07/26/2021	58.6	54.5	78.4	52.1	63.5	44.4			26.1	25.9	Variable		
EM8C - Fin de Semana	07/24/2021	58.1	54.1	79.5	53.7	64.3	44.2			25.5	16.7	Oeste		
EM8D -Día de semana	07/23/2021	59.1	79.3	54.3	54.1	65.6	45.6			29.1	14.8	Noreste		
EM8D - Fin de Semana	07/24/2021	59.4	79.7	54.8	53.9	64.7	44.8			25.5	16.7	Oeste		
EM8B -Día de semana	07/23/2021	61.6	79.7	54.2	56.3	65.5	45.2			29.1	14.8	Noroeste		
EM8B - Fin de Semana	07/24/2021	62.5	79.3	54.6	55.7	65.2	45.6			25.5	16.7	Oeste		
Mediciones mayores o igual a 60 dB (A) (día)														
Mediciones mayores o igual a 50 dB (A) (noche)														



Leyenda	
	Sitio de Medición de Ruido Ambiental
●	PK cada 500 m
	Trinchera / Pozo de Extracción Este ¹
	Trinchera/Pozo de Ataque Oeste ¹
	Possible Pozo de Evacuación ¹
	Alineamiento del Proyecto ¹
	Línea 3 del Metro ¹
	Zona de Transición ¹
	Ríos Principales
	Cajón del Río Curundú ¹
	Campamento ¹
	Estación ¹
	Límite de Corregimiento
	Sitio de Disposición de Materiales de Excavación
	Farfán
	Rainforest Village
	Área de Influencia Directa
	Área de Influencia Directa (AID)
	Área de Influencia Indirecta (All)

Ubicación de Sitios de Medición de Ruido Ambiental		Coordenadas UTM		
ID	Punto	Ubicación	Este	Norte
1	EM17A	Urbanización Rainforest Village	660486	999371
2	EM15	Instituto Superior de Formación Profesional Aeronáutica	659358	991822
3	EM2	Urbanización Villas de Howard #1	655062	988807
4	EM3	Urbanización Villas de Howard #2	654947	989246
5	EM1B	Campamento Oeste PK 5+800 *	655464	989479
6	EM6	Campamento Oeste PK 5+200 *	655783	988989
7	EM11	Edificio 69 ACP	658423	990578
8	EM8C	Fundación Nueva Vida (Hogar de Ancianos)	655717	987702
9	EM8D	Fundación Nueva Vida (Guardería)	655457	987967
10	EM8B	Sitio de disposición de Farfán – Campamento PK 4+600 *	656161	988906

Nota: *Los siguientes campamentos son alternativas: Campamento PK 4+600, Campamento PK 5+200 y Campamento PK 5+800



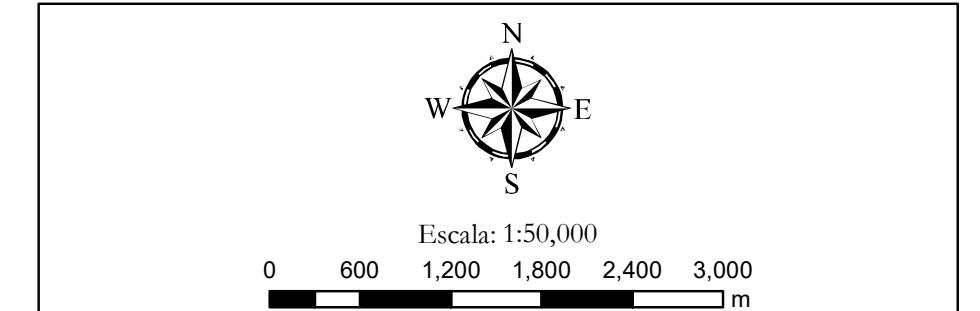
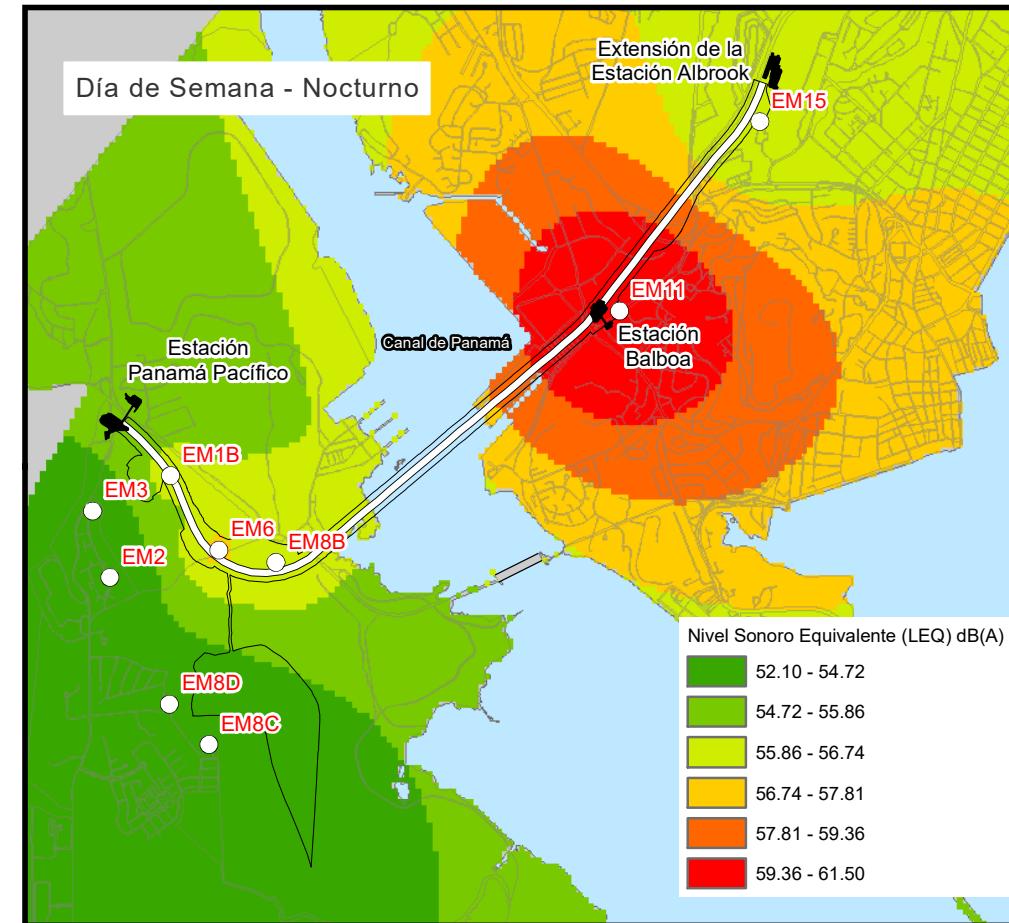
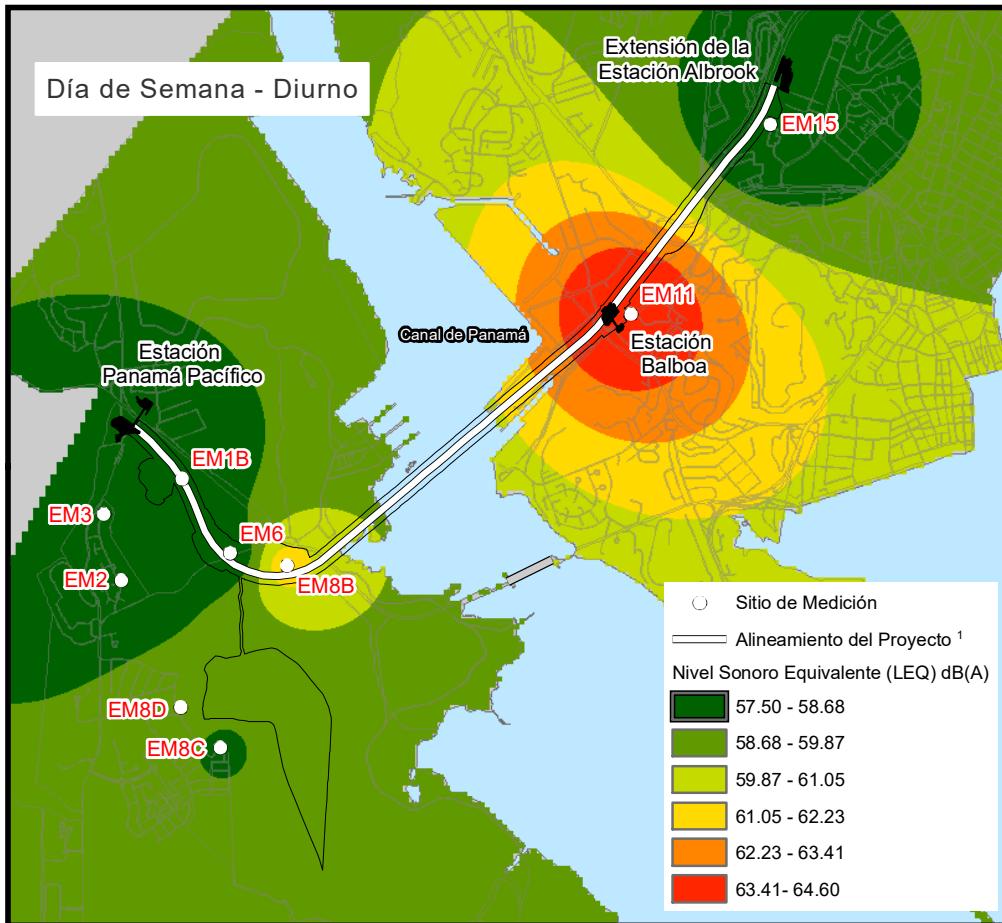
SITIO DE MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL

Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Proyecto de Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá

Promotor: METRO DE PANAMÁ

REPÚBLICA DE PANAMÁ
GOBIERNO NACIONAL

Consultor: CSA GROUP EST. 1956



Leyenda

- Sitio de Medición
- Alineamiento del Proyecto ¹
- Estación ¹
- Área de Influencia Directa (AID)

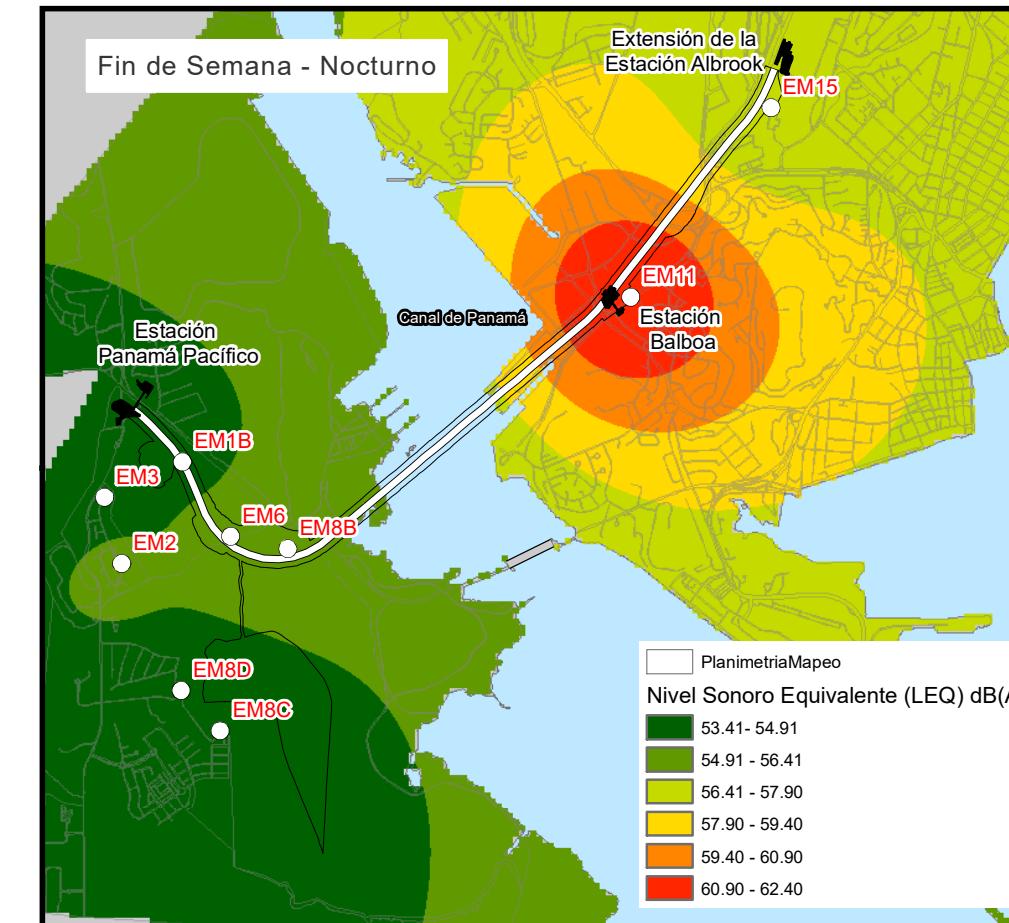
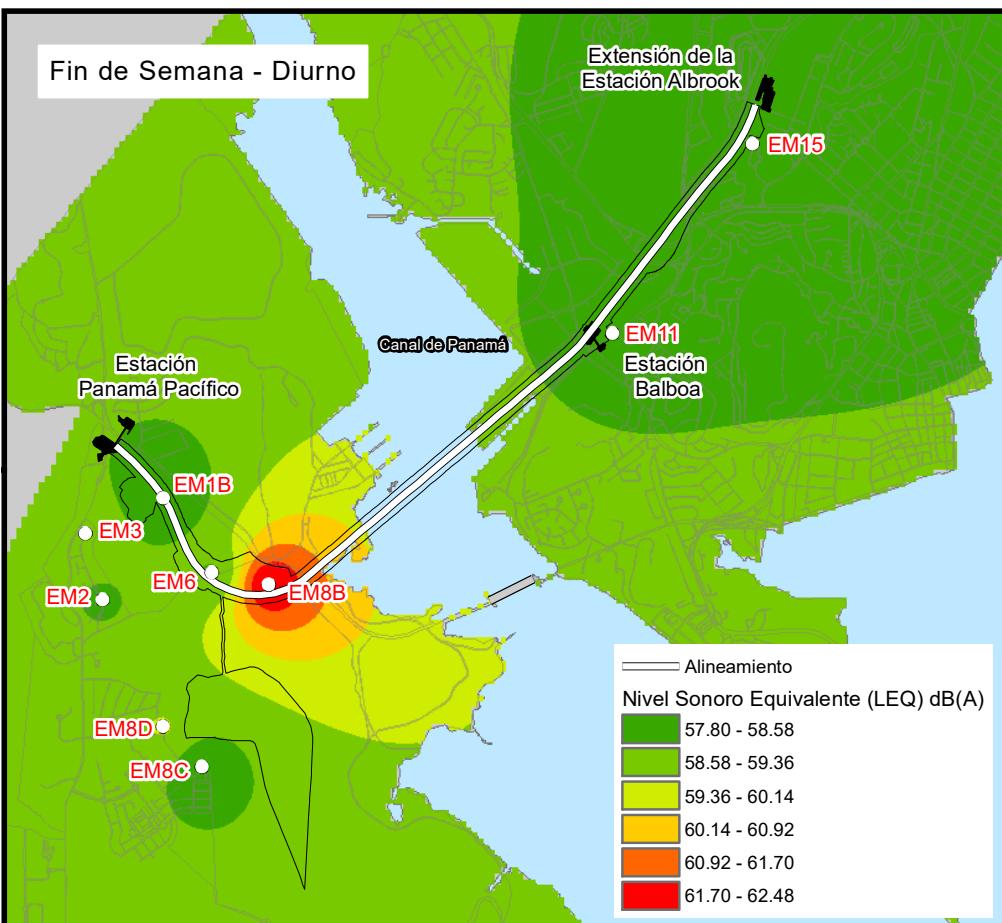
Punto de Medición	Ubicación	Este	Norte
EM17A	Urbanización Rainforest Village	660486	999371
EM15	Instituto Superior de Formación Profesional Aeronáutica	659358	991822
EM2	Urbanización Villas de Howard #1	655062	988807
EM3	Urbanización Villas de Howard #2	654947	989246
EM1B	Campamento Oeste PK 5+800 *	655464	989479
EM6	Campamento Oeste PK 5+200 *	655783	988989
EM11	Edificio 69 ACP	658423	990578
EM8C	Fundación Nueva Vida (Hogar de Ancianos)	655717	987702
EM8D	Fundación Nueva Vida (Guardería)	655457	987967
EM8B	Sitio de disposición de Farfán – Campamento PK 4+600 *	656161	988906

Nota: *Los siguientes campamentos son alternativas: Campamento PK 4+600, Campamento PK 5+200 y Campamento PK 5+800

Fuente:

¹ Información facilitada por Metro de Panamá, S.A.

Elaborado y digitalizado por CSA Group Panamá, Inc. Panamá 2021
Modelo generado con ArcMap 10.8.1, utilizando la
técnica de ponderación de distancia inversa (IDW).



Promotor: METRO DE PANAMÁ REPÚBLICA DE PANAMÁ GOBIERNO NACIONAL

Consultor: CSA GROUP EST. 1956

MAPEO REPRESENTATIVO DE RUIDO

Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Proyecto de Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá

6.7.1.1. Vibraciones

Las vibraciones ambientales están definidas como el fenómeno de transmisión de energía, mediante la propagación de un movimiento ondulatorio a través de un medio que se caracteriza por un emisor y por un receptor de vibraciones. Estas vibraciones pueden afectar a personas, ecosistemas o edificaciones⁴³.

Cabe señalar que las vibraciones ambientales son un aspecto importante al momento de identificar posibles daños a estructuras existentes cercanas a la fuente generadora de las vibraciones, teniendo en cuenta la cercanía de vías de tránsito vehicular, el desarrollo de actividades industriales, comerciales y de construcción que involucren equipos pesados, entre otras actividades humanas. Adicional, se debe tomar en cuenta las características de las vibraciones (velocidad y frecuencia), las características del suelo en las que son transmitidas, las cargas estructurales y las características de los materiales de las estructuras o receptores.

En esta sección, se presentan los resultados de línea base de vibración ambiental en las áreas consideradas como receptores sensibles debido a su proximidad a las zonas de trabajo. Estas mediciones permiten conocer el comportamiento de las vibraciones ambientales existentes en las áreas donde se desarrollará el proyecto, el cual se ve influenciado principalmente por el tránsito vehicular y el desarrollo de proyectos, principalmente en el sector Oeste.

Las mediciones de vibración ambiental fueron realizadas entre el 27 de mayo al 26 de julio 2021, en día de semana (lunes – viernes) y fin de semana (sábado – domingo), en horario diurno y horario nocturno, para cada estación de medición (diez (10) en total). Para el registro de las vibraciones, se utilizó un sismógrafo marca NOMIS, modelo 5400 X2G, serie 2215. La metodología consistió en el registro continuo de 30 min para cada una de las estaciones de medición, sin establecer un nivel de “trigger” o umbral con el

⁴³ Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad Ambiental de Vibraciones Ambientales de la República de Panamá, Capítulo III Definiciones, pág. 7.

objetivo de registrar todo el rango de vibraciones presentes. La ubicación de los puntos de medición se presenta en la Tabla N° 6-55.

Tabla N°6-55: Sitios de Medición de Vibraciones Ambientales.

VIBRACIONES AMBIENTALES				
N°	MONITOREO	UBICACIÓN	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
1	EM17A	Urbanización Rainforest Village	660486	999371
2	EM9	PPC (Panama Ports Company)	658125	990330
3	EM12	Pegado a la cerca de Panama Railway Company	658715	991024
4	EM1B	Alternativa Campamento PK 5+800	655464	989479
5	EM6	Alternativa Campamento PK 5+200	655783	988989
6	EM13	Policía Nacional	659122	991633
7	EM11	Edificio 69 ACP – Estación Balboa	658423	990578
8	EM8C	Fundación Nueva Vida (Hogar de Anciano)	655717	987702
9	EM8D	Fundación Nueva Vida (Guardería)	655457	987967
10	EM8B	Sitio de Disposición de Farfán, Alternativa campamento PK 4+600	656161	988906

Fuente: CSA Group Panamá, Inc. Fecha medición, del 27 de mayo al 26 de julio del 2021

A continuación, se describen las características de las estaciones de monitoreo de vibraciones ambientales:

- **EM17A – Urbanización Rainforest Village:** el sensor se ubicó en el suelo. Las mediciones se realizaron en día de semana y fin de semana, en horario diurno y nocturno. Se reportó circulación de autos y maquinarias ocasional hacia la barriada, tanto en horario diurno como nocturno durante la medición de días de semana, así como en horario diurno durante las mediciones de fin de semana.
- **EM9 – Panama Ports Company:** el sensor se ubicó en el suelo. En el área se reportó actividades de movimiento constante de cargas, durante las mediciones en día de semana y fin de semana, tanto en horario diurno y nocturno.
- **EM12 - Panama Railway Company (pegado a la cerca):** el sensor se ubicó en el suelo. Se reportó la actividad del ferrocarril y la circulación vehicular en la vía Omar Torrijos Herrera, durante las mediciones en día de semana y fin de semana, tanto en horario diurno como nocturno.

- **EM1B – Campamento P5K+800:** el sensor se ubicó en el suelo. La única actividad cercana es el tráfico vehicular de la carretera Panamericana (área de Farfán) reportado en día de semana y fin de semana, tanto en horario diurno como nocturno.
- **EM6 – Campamento P5k+200:** el sensor se ubicó en el suelo. La única actividad cercana, a una distancia aproximada de 250m, es el tráfico vehicular de la carretera Panamericana (área de Farfán) reportado en día de semana y fin de semana, tanto en horario diurno como nocturno.
- **EM13 – Policía Nacional Sede de Ancón:** el sensor se ubicó en el suelo. Durante las mediciones en horario diurno y nocturno, para día de semana y fin de semana, se reportó actividad de la circulación vehicular en el Corredor Norte, La Gran Terminal Nacional de Transporte de Panamá (Terminal de Albrook) y la Estación Albrook de la Línea 1 del Metro de Panamá.
- **EM11 – Estación Balboa / Edificio 69 de la ACP:** el sensor se ubicó en el suelo. Se reportó actividad de tráfico vehicular constante en la Avenida Ascanio Arosemena durante las mediciones en día de semana y fin de semana, tanto en horario diurno como nocturno.
- **EM8C – Fundación Nueva Vida (Hogar de Ancianos):** el sensor se ubicó en el suelo. Casi no hay circulación vehicular en el residencial, tanto en día de semana como fines de semana y en horario diurno y nocturno.
- **EM8D – Fundación Nueva Vida (Guardería):** el sensor se ubicó en el suelo. Casi no hay circulación vehicular en el residencial, tanto en día de semana como fines de semana y en horario diurno y nocturno.
- **EM8B – Sitio de Disposición de Farfán/Campamento P4k+600:** el sensor se ubicó en el suelo. La única actividad cercana es el tráfico vehicular de la carretera Panamericana (área de Farfán) reportado en día de semana y fin de semana, tanto en horario diurno como nocturno.

Para el análisis de los resultados de las mediciones de vibración ambiental, se tomó como referencia normas nacionales e internacionales que evalúan los efectos de las vibraciones sobre las edificaciones a partir de los valores máximos de velocidad pico partículas (VPP), tales como:

- **Anteproyecto de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental de Vibraciones Ambientales de la República de Panamá**, en el cual se indican los niveles máximos permisibles de las vibraciones ambientales para determinar las afectaciones a las edificaciones y define el Reconocimiento ambiental o línea base de vibraciones ambientales. Los límites para edificios normales son de 50mm/s a 4Hz o más, entendiéndose que son aquellos que cumplen con el Reglamento para el Diseño Estructural en la República de Panamá. Mientras que para edificios especiales como: residencias, edificios no reforzados, con valor históricos, hospitales o asilos, el límite máximo permisible comprende los siguientes rangos: 15mm/s de 4Hz hasta 14Hz; 20mm/s a 15Hz, 20mm/s de 16Hz a 39Hz y 50mm/s a 40Hz o más. En ambos tipos de edificaciones, para frecuencias menores a 4Hz el máximo desplazamiento no debe exceder 0.6mm.
- **Norma Suiza SN 640 312 a (1992)**, la cual regula la susceptibilidad de los efectos de sacudidas sobre edificaciones provocadas por voladuras, máquinas y equipos de construcción, así como por el tráfico en carretera y ferroviario, la misma se divide en las siguientes clases de susceptibilidades para construcción en altura y subterránea:
 - 1) *Muy Poco Susceptible* con construcción subterránea, VPP (mm/s) hasta triple de los valores correspondiente de la clase de susceptibilidad 3.
 - 2) *Poco Susceptible* con construcción en altura y subterránea, VPP (mm/s) hasta triple de los valores correspondiente de la clase de susceptibilidad 3.
 - 3) *Susceptibilidad Normal* con construcciones en altura de viviendas y edificios; con construcción de conducciones de hierro gris, cavernas, rasantes y subrasantes en túnel (<30 Hz: Ocasional – VPP = 15mm/s, Recurrente-- VPP = 6mm/s, Permanente – VPP = 3mm/s), (30-60 Hz: Ocasional – VPP = 20mm/s, Recurrente– VPP = 8mm/s, Permanente – VPP = 4mm/s), (>60 Hz: Ocasional – VPP = 30mm/s, Recurrente-- VPP = 12mm/s, Permanente – VPP = 6mm/s).
 - 4) *Particularmente susceptible*, valores indicativos de la clase 3 y mitad de éstos. Cabe señalar que, para esta norma las sacudidas con frecuencias inferiores a 8Hz, como ocurren por ejemplo durante terremotos, no son aplicables a esta norma.

Las actividades constructivas que forman parte de esta clasificación de susceptibilidad para construcciones subterráneas son las siguientes:

- 1) Muy Poco Susceptible: Puentes en concreto armado o acero, estructuras de contención en concreto armado o mampostería maciza, socavaciones, túneles, cavernas, pozos en roca dura o sedimentos bien consolidados, cimentaciones de grúa y maquinaria, tuberías sobre terreno.
 - 2) Poco Susceptible: Cavernas, túneles, socavones y tuberías en roca blanda, parqueaderos subterráneos, conducciones industriales (gas, agua, canalización, cables) subterráneas y muros secos.
 - 3) Susceptibilidad normal: Captaciones, reservorios, conducciones de hierro gris, cavernas, rasantes y subrasantes en túneles, cables susceptibles.
 - 4) Particularmente susceptible: Cables de plomo viejos, tuberías de hierro gris viejas.
-
- **Norma española UNE 22-381-93:** esta norma establece el control de vibraciones producidas por voladuras con explosivos, de 2-15Hz (20mm/s), de 15 – 75Hz (20-10mm/s); mayores de 75Hz (100mm/s).
 - **EEUU – USBM R18507:** cuyos valores han sido aceptados como umbrales para daño cosmético en viviendas debido a vibraciones causadas por voladuras. El efecto de las vibraciones producidas por la mina de Carbón Ayrshire en Evansville – Indiana – sobre viviendas cercanas. (Siskind et al. 1993): 1 - 2.6Hz (5-12.7mm/s); 2.6 – 10Hz (12.7mm/s); 10-40Hz (12.7-50.8mm/s) y de 40-100Hz (50.8mm/s).

Resultados de Mediciones de Vibraciones

Los resultados de las mediciones de vibraciones ambientales fueron comparados con el Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad Ambiental de Vibraciones de la República de Panamá, el cual establece los límites máximos permisibles para vibraciones ambientales y define el reconocimiento ambiental o línea base de vibraciones. determinando así que en todos los puntos donde se realizaron las mediciones, las vibraciones ambientales no exceden el límite máximo permisible, según el Valor Pico

Partícula (VPP), el cual se define como la máxima velocidad de las partículas del suelo que resultan de un evento que genera vibración terrestre. Esta condición se presentó tanto para las mediciones en días de semana, así como para los fines de semana, y en los horarios diurnos y nocturnos.

En las Tabla N° 6-56 y N° 6-57 se muestran los resultados de medición de vibraciones ambientales para cada estación de medición, según periodo (día de semana y fin de semana) y horario (diurno y nocturno), y se resalta en (**negrita**) los ejes dominantes y los valores de la mayor velocidad pico partícula (VPP) de dichos ejes. Estos resultados indican que las estructuras próximas a las estaciones de mediciones de vibración ambiental, no reciben vibraciones ambientales que representen un riesgo para dichas estructuras, toda vez que los resultados presentados en este estudio están por debajo de los límites máximos permisibles indicados en el Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad Ambiental y Vibraciones Ambientales. Adicional, en el Mapa de Sitio de Medición de Vibración, se ilustra la ubicación geográfica de los diez (10) sitios de medición de vibración ambiental de la línea base.

Para determinar el eje dominante de las vibraciones, se realizaron las mediciones en los ejes: vertical, longitudinal y transversal, seleccionando aquel eje que presentó un mayor valor velocidad pico partículas (VPP). Para los casos donde existen registros con varios picos de velocidad de vibración del mismo orden y con frecuencias diferentes, se consideró el menor de las frecuencias ⁴⁴.

Según los valores mostrados en la Tabla N° 6-56 y N° 6-57, el Eje dominante en la mayoría de las mediciones realizadas en días de semana en horario diurno fue el eje Longitudinal con velocidades pico de partículas (VPP) que oscilan entre 0.19 y 8.7mm/s; y el eje vertical en horario nocturno con velocidades pico de partículas (VPP) entre 0.254 y 1.02mm/s. En las mediciones de fin de semana, el eje dominante en horario diurno fue el eje Longitudinal con VPP = 0.19 a 1.905mm/s y en horario nocturno el eje vertical y transversal con VPP = 0.32 a 1.71mm/s y 0.19 a 0.32mm/s, respectivamente. Todos los resultados de mediciones de vibración ambiental, al ser comparados con los rangos

⁴⁴ Norma Española - UNE 22-381-93.

indicados en las normas de referencias, presentan valores que no exceden los límites máximos permisibles de vibraciones ambientales que puedan ocasionar daños a las estructuras.

Estas mediciones deberán ser actualizadas previo inicio de actividades. Si durante el seguimiento a las vibraciones ambientales, en la fase de construcción, resultan valores por encima de los límites máximos permisibles establecidos en las normas de referencias o por encima de los valores de línea base, se deberá tomar el valor que sea mayor y se tomarán las medidas inmediatas para controlar las vibraciones y evitar daños o molestias en los sitios colindantes al área o suspender las actividades hasta controlar las vibraciones ambientales dentro de los Límites máximos permisibles o los valores de línea base.

En el Anexo 6-2.8 se muestra el Informe con los resultados de vibraciones ambientales presentados por el Laboratorio Corporación Quality Services, S.A., incluye: datos generales, equipo utilizado, la información compilada en campo, certificado de calibración del equipo utilizado, Gráficos de las mediciones, Registro fotográfico de las actividades en campo y conclusiones.

Tabla N°6-56: Resultados de las Mediciones de Vibraciones Ambiental en días de semana

PUNTO DE MEDICIÓN	RECEPTOR MÁS CERCANO	TIPO DE EDIFICACIÓN	HORARIO	PERÍODO	EJE DE MEDICIÓN	VELOCIDAD PICO DE PARTÍCULA (VPP) (mm/s) / f (Hz) VPP f	LMP ANTEPROYECTO DE VIBRACIONES AMBIENTALES DE PANAMÁ - VPP (mm/s)	COMENTARIOS		
EM17A -PUNTO 1 - Urbanización Rainforest Village	Muro Perimetral / Viviendas	Especial	Diurno	Día de Semana	Longitudinal	0.19	0.4	Edificios especiales: $f < 4\text{Hz} = 0.6\text{mm}$ 15mm/s de 4Hz a 14Hz; 20mm/s a 15Hz. 20mm/s de 16Hz a 39Hz; 50mm/s a 40Hz o más		
					Transversal	0.13	250			
					Vertical	0.13	166.7			
			Nocturno	Día de Semana	Longitudinal	0.44	9.1			
					Transversal	0.38	10.4			
					Vertical	1.02	7.6			
	Losa del Puerto	Normal	Diurno	Día de Semana	Longitudinal	0.19	0.5	Edificios Normales: $f < 4\text{Hz} = 0.6\text{mm}$ $f > 4\text{Hz} = 50\text{mm/s}$		
					Transversal	0.13	166.7			
					Vertical	0.7	22.7			
			Nocturno	Día de Semana	Longitudinal	0.19	0.4			
					Transversal	0.19	0.8			
EM9 PUNTO 2 - PPC	Cerca perimetral PRC. Actividad del Ferrocarril	Normal	Diurno	Día de Semana	Vertical	0.13	166.7	Eje vertical dominante, con $f = 22.7\text{Hz}$ y VPP de 0.7mm/s, en horario diurno, sin exceder el LMP de 50mm/s Eje longitudinal con $f = 0.4\text{Hz}$ y VPP = 0.19mm/s, en horario nocturno, sin exceder el LMP de VPP = 50mm/s		
					Longitudinal	0.57	10.9			
					Transversal	0.57	10.4			
					Vertical	1.08	8.6			
			Nocturno	Día de Semana	Longitudinal	0.19	6.2			
					Transversal	0.13	250			
					Vertical	0.13	166.7			
					Vertical	0.57	125			
EM1B PUNTO 4 - Campamento Oeste 5K+800	Futuro Pozo de Ataque. Alt. 1	Normal	Diurno	Día de Semana	Transversal	0.32	125	Eje Longitudinal dominante, con $f = 125\text{Hz}$ y VPP de 0.7mm/s, en horario diurno, sin exceder el LMP de 50mm/s Eje Vertical dominante con $f = 10.2\text{Hz}$ y VPP = 0.57mm/s, en horario nocturno, sin exceder el LMP de VPP = 50mm/s		
					Vertical	0.13	250			
			Nocturno	Día de Semana	Longitudinal	0.38	11.1			
					Transversal	0.25	10.6			
					Vertical	0.57	10.2			
			Diurno	Día de Semana	Longitudinal	0.57	100			
					Transversal	0.44	100			
					Vertical	0.32	100			
			Nocturno	Día de Semana	Longitudinal	0.254	6.8			
EM6 PUNTO 5 - Campamento Oeste 5K+200	Futuro Pozo de Ataque, Alt. 2	Normal			Transversal	0.318	29.4	Eje Longitudinal dominante, con $f = 100\text{Hz}$ y VPP de 0.57mm/s, en horario diurno, sin exceder el LMP de 50mm/s Eje Vertical dominante con $f = 55.6\text{Hz}$ y VPP = 0.445mm/s, en horario nocturno, sin exceder el LMP de VPP = 50mm/s		
					Vertical	0.445	55.6			
					Longitudinal	8.7	125			
					Transversal	1.71	166.7			
					Vertical	4.7	16.7			
		Diurno	Día de Semana	Longitudinal	0.191	125				
				Vertical	0.191	125				
EM13 PUNTO 6 - Policía Nacional	Cerca perimetral PN	Normal	Nocturno		Longitudinal	0.191	125	Eje Longitudinal dominante, con $f = 125\text{Hz}$ y VPP de 8.7mm/s, en horario diurno, sin exceder el LMP de 50mm/s Eje vertical dominante con $f = 38.5$ a 125Hz y VPP =		

PUNTO DE MEDICIÓN	RECEPTOR MÁS CERCANO	TIPO DE EDIFICACIÓN	HORARIO	PERÍODO	EJE DE MEDICIÓN	VELOCIDAD PICO DE PARTÍCULA (VPP) (mm/s) / f (Hz)	VPP f	LMP ANTEPROYECTO DE VIBRACIONES AMBIENTALES DE PANAMÁ - VPP (mm/s)	COMENTARIOS
				Día de Semana	Transversal	0.191	3.6		0.254mm/s, en horario nocturno, sin exceder el LMP de VPP = 50mm/s
EM11 PUNTO 7 - Edificio 69 ACP	Edificio	Normal	Diurno	Día de Semana	Vertical	0.254	38.5	Edificios Normales: $f < 4\text{Hz} = 0.6\text{mm}$ $f > 4\text{Hz} = 50\text{mm/s}$	Eje vertical dominante, con $f = 3.7\text{Hz}$ y VPP de 0.953mm/s , en horario diurno, sin exceder el LMP de 50mm/s Eje Vertical dominante con $f = 7.8\text{Hz}$ y VPP = 0.445mm/s , en horario nocturno, sin exceder el LMP de VPP = 50mm/s
					Longitudinal	0.318	10		
				Transversal	0.254	27.8			
				Vertical	0.953	3.7			
		Nocturno	Día de Semana	Longitudinal	0.318	10.4			
				Transversal	0.191	31.3			
				Vertical	0.445	7.8			
EM8CPunto 8 Área Residencial de Howard	Residencial	Especial	Diurno	Día de Semana	Longitudinal	0.25	100	Edificios especiales: $f < 4\text{Hz} = 0.6\text{mm}$ $15\text{mm/s de } 4\text{Hz a } 14\text{Hz}; 20\text{mm/s a } 15\text{Hz}$. $20\text{mm/s de } 16\text{Hz a } 39\text{ Hz}; 50\text{mm/s a } 40\text{Hz}$ o más	Eje Transversal dominante, con $f = 83.3\text{Hz}$ y VPP de 0.25mm/s , en horario diurno, sin exceder el LMP de 15mm/s Eje Longitudinal dominante con $f = 0.5\text{Hz}$ y VPP = 0.19mm/s , en horario nocturno, sin exceder el LMP de VPP = 50mm/s
					Transversal	0.25	83.3		
					Vertical	0.19	45.5		
		Nocturno	Día de Semana	Longitudinal	0.19	0.5			
				Transversal	0.13	250			
				Vertical	0.13	100			
EM8D Punto 9 Área Residencial de Howard	Residencial	Especial	Diurno	Día de Semana	Longitudinal	0.19	0.4	Edificios especiales: $f < 4\text{Hz} = 0.6\text{mm}$ $15\text{mm/s de } 4\text{Hz a } 14\text{Hz}; 20\text{mm/s a } 15\text{Hz}$. $20\text{mm/s de } 16\text{Hz a } 39\text{ Hz}; 50\text{mm/s a } 40\text{Hz}$ o más	Eje Longitudinal dominante, con $f = 0.4\text{Hz}$ y VPP de 0.19mm/s , en horario diurno, sin exceder el LMP de 15mm/s Eje Transversal dominante con $f = 1\text{Hz}$ y VPP = 0.19mm/s , en horario nocturno, sin exceder el LMP de VPP = 15mm/s
					Transversal	0.19	1.4		
					Vertical	0.13	166.7		
		Nocturno	Día de Semana	Longitudinal	0.19	5.5			
				Transversal	0.19	1			
				Vertical	0.13	250			
EM8B Punto 10 Sitio de Disposición de Farfán 4k+600	Futuro Campamento, Alt. 3	Normal	Diurno	Día de Semana	Longitudinal	0.190	0.4	Edificios Normales: $f < 4\text{Hz} = 0.6\text{mm}$ $f > 4\text{Hz} = 50\text{mm/s}$	Eje Transversal dominante, con $f = 166.7\text{Hz}$ y VPP de 0.25mm/s , en horario diurno, sin exceder el LMP de 50mm/s Eje Longitudinal dominante con $f = 0.9\text{Hz}$ y VPP = 0.19mm/s , en horario nocturno, sin exceder el LMP de VPP = 50mm/s
					Transversal	0.250	166.7		
					Vertical	0.130	250		
		Nocturno	Día de Semana	Longitudinal	0.19	0.9			
				Transversal	0.19	1.4			
				Vertical	0.13	125			

Fuente: Informe de Monitoreo de Ruido Ambiental. Corporación Quality Services, S.A.

Se resaltan (**negrita**) los ejes dominantes y los valores de la mayor velocidad pico partícula (VPP) de dichos ejes.

Tabla N°6-57: Resultados de las Mediciones de Vibraciones Ambientales en fin de semana.

PUNTO DE MEDICIÓN	RECEPTOR MÁS CERCANO	TIPO DE EDIFICACIÓN	HORARIO	PERÍODO	EJE DE MEDICÓN	VELOCIDAD PICO DE PARTÍCULA (VPP) (mm/s) / Frecuencia (Hz)	LMP ANTEPROYECTO DE VIBRACIONES AMBIENTALES DE PANAMÁ - VPP (mm/s)	COMENTARIOS	
EM17A - PUNTO 1 - Urbanización Rainforest Village	Muro Perimetral / Viviendas	Especial	Diurno	Fin de Semana	Longitudinal	0.19	0.4	Edificios especiales: $f < 4\text{Hz} = 0.6\text{mm}$ 15mm/s de 4Hz a 14Hz; 20mm/s a 15Hz. 20mm/s de 16Hz a 39Hz; 50mm/s a 40Hz o más	
					Transversal	0.13	250		
					Vertical	0.13	250		
			Nocturno	Fin de Semana	Longitudinal	0.19	0.4		
					Transversal	0.13	166.7		
					Vertical	0.13	62.5		
	Losa del Puerto		Diurno	Fin de Semana	Longitudinal	0.25	83.3	Edificios Normales: $f < 4\text{Hz} = 0.6\text{mm}$ $f > 4\text{Hz} = 50\text{mm/s}$	
					Transversal	0.19	83.3		
					Vertical	0.19	26.3		
			Nocturno	Fin de Semana	Longitudinal	0.25	50		
					Transversal	0.25	62.5		
					Vertical	0.38	35.7		
	Cerca perimetral PRC. Actividad del Ferrocarril	Normal	Diurno	Fin de Semana	Longitudinal	0.57	9.6	Edificios Normales: $f < 4\text{Hz} = 0.6\text{mm}$ $f > 4\text{Hz} = 50\text{mm/s}$	
					Transversal	0.38	11.1		
					Vertical	1.02	7.2		
			Nocturno	Fin de Semana	Longitudinal	0.57	3.9		
					Transversal	0.44	6.8		
					Vertical	1.71	2.9		
	Futuro Pozo de Ataque. Alt. 1	Normal	Diurno	Fin de Semana	Longitudinal	0.19	0.4	Edificios Normales: $f < 4\text{Hz} = 0.6\text{mm}$ $f > 4\text{Hz} = 50\text{mm/s}$	
					Transversal	0.19	0.9		
					Vertical	0.13	166.7		
			Nocturno	Fin de Semana	Longitudinal	0.70	10.4		
					Transversal	0.44	9.80		
					Vertical	1.02	8.80		
	Futuro Pozo de Ataque, Alt. 2	Normal	Diurno	Fin de Semana	Longitudinal	0.19	0.4	Edificios Normales: $f < 4\text{Hz} = 0.6\text{mm}$ $f > 4\text{Hz} = 50\text{mm/s}$	
					Transversal	0.13	250		
					Vertical	0.13	166.7		
			Nocturno	Fin de Semana	Longitudinal	0.32	3.4		
					Transversal	0.25	13.5		
					Vertical	0.32	125.00		
	Cerca perimetral PN	Normal	Diurno	Fin de Semana	Longitudinal	0.38	12.2	Edificios Normales: $f < 4\text{Hz} = 0.6\text{mm}$ $f > 4\text{Hz} = 50\text{mm/s}$	
					Transversal	0.25	12.2		
					Vertical	0.64	8.6		

PUNTO DE MEDICIÓN	RECEPTOR MÁS CERCANO	TIPO DE EDIFICACIÓN	HORARIO	PERIODO	EJE DE MEDICÓN	VELOCIDAD PICO DE PARTÍCULA (VPP) (mm/s) / Frecuencia (Hz)	LMP ANTEPROYECTO DE VIBRACIONES AMBIENTALES DE PANAMÁ - VPP (mm/s)	COMENTARIOS
Policía Nacional			Nocturno	Fin de Semana	Longitudinal Transversal Vertical	0.19 0.19 0.19 100.00		Eje vertical dominante con f = 100Hz y VPP = 0.19mm/s, en horario nocturno, sin exceder el LMP de VPP = VPP = 50mm/s
EM11 PUNTO 7 - Edificio 69 ACP	Edificio	Normal	Diurno Nocturno	Fin de Semana Fin de Semana	Longitudinal Transversal Vertical Longitudinal Transversal Vertical	1.905 250 1.207 166.7 0.826 4.4 0.254 15.2 0.191 41.7 0.381 11.100	Edificios Normales: f < 4Hz = 0.6mm f > 4Hz = 50mm/s	Eje Longitudinal dominante, con f = 250Hz y VPP de 1.91mm/s, en horario diurno, sin exceder el LMP de 50mm/s Eje vertical dominante con f = 11.1Hz y VPP = 0.381mm/s, en horario nocturno, sin exceder el LMP de VPP = 50mm/s
EM8C Punto 8 Área Residencial de Howard	Residencial	Especial	Diurno Nocturno	Fin de Semana Fin de Semana	Longitudinal Transversal Vertical Longitudinal Transversal Vertical	0.190 0.4 0.190 1.1 0.130 125 0.190 0.5 0.190 0.7 0.130 166.700	Edificios especiales: f < 4Hz = 0.6mm 15 mm/s de 4Hz a 14Hz; 20mm/s a 15Hz. 20mm/s de 16Hz a 39Hz; 50mm/s a 40Hz o más	Eje Longitudinal dominante, con f = 0.4Hz y VPP de 0.19mm/s, en horario diurno, sin exceder el LMP de 15mm/s Eje Longitudinal dominante con f = 0.5Hz y VPP = 0.19mm/s, en horario nocturno, sin exceder el LMP de VPP = 15mm/s
EM8D Punto 9 Área Residencial de Howard	Residencial	Especial	Diurno Nocturno	Fin de Semana Fin de Semana	Longitudinal Transversal Vertical Longitudinal Transversal Vertical	0.190 0.4 0.190 0.7 0.130 166.7 0.190 0.4 0.130 255 0.130 166.700	Edificios especiales: f < 4Hz = 0.6mm 15 mm/s de 4Hz a 14Hz; 20mm/s a 15Hz. 20mm/s de 16Hz a 39Hz; 50mm/s a 40Hz o más	Eje Longitudinal dominante, con f = 0.4Hz y VPP de 0.19mm/s, en horario diurno, sin exceder el LMP de 15mm/s Eje Longitudinal dominante con f = 0.4Hz y VPP = 0.19mm/s, en horario nocturno, sin exceder el LMP de VPP = 15mm/s
EM8B Punto 10 Sitio de Disposición de Farfán 4k+600	Futuro Campamento, Alt. 3	Normal	Diurno Nocturno	Fin de Semana Fin de Semana	Longitudinal Transversal Vertical Longitudinal Transversal Vertical	0.190 0.4 0.190 0.9 0.190 0.8 0.190 0.4 0.190 0.8 0.130 250.000	Edificios Normales: f < 4Hz = 0.6mm f > 4Hz = 50mm/s	Eje Longitudinal dominante, con f = 0.4Hz y VPP de 0.19mm/s, en horario diurno, sin exceder el LMP de 15mm/s Eje Longitudinal dominante con f = 0.4Hz y VPP = 0.19mm/s, en horario nocturno, sin exceder el LMP de VPP = 15mm/s

Fuente: Informe de Monitoreo de Ruido Ambiental. Corporación Quality Services, S.A.

Se resaltan (negrita) los ejes dominantes y los valores de la mayor velocidad pico partícula (VPP) de dichos ejes

Comparación de la línea base ambiental del EsIA del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá con los EsIA de Línea 3 del Metro de Panamá y el EsIA del Cuarto Puente sobre el Canal de Panamá.

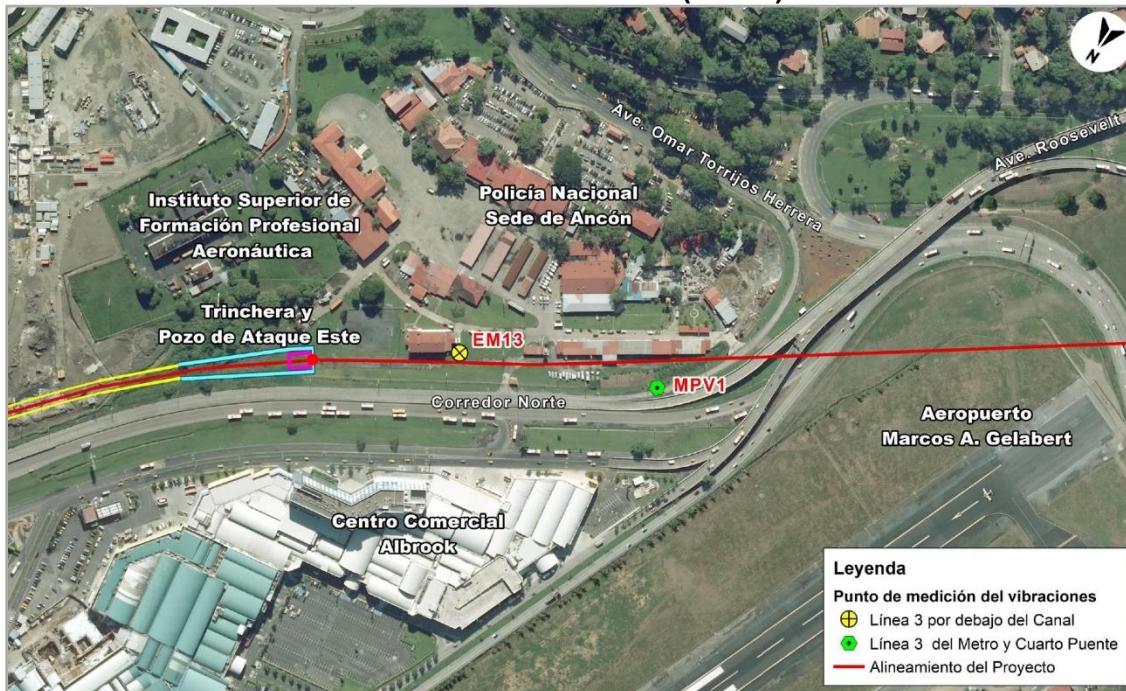
Tomando en consideración que el presente EsIA forma parte integral del proyecto de la Línea 3 del Metro de Panamá, se realizó una revisión de los resultados obtenidos en la línea base de los Estudios de Impactos Ambientales de los proyectos de la Línea 3 del Metro de Panamá y el Cuarto Puente sobre el Canal de Panamá (ambos EsIA con fecha de julio 2014), por mantener una cercanía con las áreas del proyecto del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá. Cabe señalar que los puntos de monitoreo de los proyectos de la Línea 3 del Metro y del Cuarto Puente para la variable de vibración coinciden en su ubicación geográfica, que se pueden observar en la Figura N° 6-32 y la Figura N° 6-33, de igual manera en la Tabla N° 6-58 se han identificado dos puntos de medición de estos proyectos dentro del área de influencia directa e indirecta cercanos a las estaciones de mediciones del presente EsIA, estos puntos son los siguientes:

Tabla N°6-58:Comparativo de ubicación de puntos de mediciones de vibraciones

PUNTO DE MEDICIÓN LÍNEA 3 Y CUARTO PUENTE.	COORD.	PUNTO DE MEDICIÓN CRUCE DE LA LÍNEA 3 POR DEBAJO DEL CANAL	COORD.	DISTANCIA APROX.
MPV-1 – Puentes Viales – Policía Nacional	658983 E 991516 N	EM13 – Policía Nacional.	659122 E 991633 N	182m
MPV-2 – Balboa – Edificio 729 ACP	658279 E 990378 N	EM9 – PPC	658125 E 990330 N	160m
		EM11 – Balboa – Edificio 69 ACP	658423 E 990578 N	258m

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Figura N°6-32: Ubicación de los Puntos de Medición de Vibración entre los Proyectos de la Línea 3 y Cuarto Puente (MPV-1) y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá (EM13)



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Figura N°6-33: Ubicación de los Puntos de Medición de Vibración entre los Proyectos de la Línea 3 y Cuarto Puente (MPV-2) y Línea 3 por debajo del Canal de Panamá (EM11-EM9)



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Al comparar las mediciones de vibraciones ambientales en los puntos MPV-1 y MPV-2 de los proyectos de Línea 3 del Metro y el Cuarto Puente sobre el Canal, con los puntos EM13, EM9 y EM11 del proyecto Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal, las vibraciones presentan valores distintos en cuanto a frecuencia y velocidad pico partículas (VPP); sin embargo, mantienen similitud en cuanto al eje dominante en algunos puntos (ver Tabla N° 6-59). Cabe señalar que al comparar los resultados de vibraciones con estudios previos la velocidad pico partícula (vpp) de las vibraciones captadas son de carácter intermitente, es decir no son continuas, sino que su valor depende del tipo, intensidad y distancia a la fuente que la produce en el instante dado.

Tabla N°6-59: Comparativo de Resultados de Mediciones de Vibraciones Ambientales.

HORARIO	PERÍODO	EJE DE MEDICIÓN	LÍNEA BASE TÚNEL		LÍNEA BASE L3/4TO PUENTE	
			VPP (mm/s)	F (Hz)	VPP (mm/s)	F (Hz)
Policía Nacional Sede Ancón (MPV-1 / EM13)						
Diurno	Día de Semana	Longitudinal	8.7	125	0.143	11
		Transversal	1.71	166.7	0.270	12
		Vertical	4.7	16.7	0.4925	6.2
Nocturno	Día de Semana	Longitudinal	0.191	125	0.302	64
		Transversal	0.191	3.6	0.238	>100
		Vertical	0.254	38.5	0.206	>100
Diurno	Fin de Semana	Longitudinal	0.38	12.2	0.222	11
		Transversal	0.25	12.2	0.206	9.3
		Vertical	0.64	8.6	0.540	6.1
Nocturno	Fin de Semana	Longitudinal	0.19	0.4	0.127	10
		Transversal	0.19	0.6	0.238	37
		Vertical	0.19	100.00	0.413	9.3
Balboa (Edificio 69 / Edificio 729) (MPV-2 / EM11)						
Diurno	Día de Semana	Longitudinal	0.191	10	0.270	12
		Transversal	0.254	27.8	0.476	57
		Vertical	0.953	3.7	1.080	15
Nocturno	Día de Semana	Longitudinal	0.318	10.4	0.635	26
		Transversal	0.191	31.3	0.365	30
		Vertical	0.445	7.8	2.240	24
Diurno	Fin de Semana	Longitudinal	1.905	250	0.190	13
		Transversal	1.207	166.7	0.254	10
		Vertical	0.508	4.4	1.030	9.7
Nocturno		Longitudinal	0.254	15.2	0.175	47

HORARIO	PERIODO	EJE DE MEDICIÓN	LÍNEA BASE TÚNEL		LÍNEA BASE L3/4TO PUENTE	
			VPP (mm/s)	F (Hz)	VPP (mm/s)	F (Hz)
	Fin de Semana	Transversal	0.191	41.7	0.238	17
		Vertical	0.381	11.100	0.587	12
PPC / Edificio 729						
Diurno	Día de Semana	Longitudinal	0.19	0.5	0.270	12
		Transversal	0.13	166.7	0.476	57
		Vertical	0.7	22.7	1.080	15
Nocturno	Día de Semana	Longitudinal	0.19	0.4	0.635	26
		Transversal	0.19	0.8	0.365	30
		Vertical	0.13	166.7	2.240	24
Diurno	Fin de Semana	Longitudinal	0.25	83.3	0.190	13
		Transversal	0.19	83.3	0.254	10
		Vertical	0.19	26.3	1.030	9.7
Nocturno	Fin de Semana	Longitudinal	0.25	50	0.175	47
		Transversal	0.25	62.5	0.238	17
		Vertical	0.38	35.7	0.587	12

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Se resaltan (**negrita**) los ejes dominantes y los valores de la mayor velocidad pico partícula (VPP) de dichos ejes.



6.7.2. Olores.

Durante los recorridos realizados en el Área del Proyecto, a todo lo largo del alineamiento se percibieron olores asociados a las emisiones de los vehículos que transitan por las vías existentes y en los puertos donde la fuente principal de contaminación del aire son los motores de combustión de las embarcaciones.

Hacia el área donde posiblemente se localizará la alternativa del campamento PK 5+200, se percibieron olores propios de materia natural descompuesta, por ser un área rodeada de vegetación. No se identificaron fuentes fijas de olores durante la inspección. En la Foto N° 6-8, se muestra el ambiente descrito.

Foto N° 6-8. Lugar cercano a la alternativa del campamento PK 5+200



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

6.8. Antecedentes sobre vulnerabilidad frente a amenazas naturales en el área

La Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR en sus siglas en inglés) creada por la ONU, define las amenazas naturales como "aquellos elementos del medio ambiente que son peligrosos al hombre y que están causados por fuerzas extrañas a él". El término "amenazas naturales" se refiere específicamente a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente sísmicos y volcánicos) y a los incendios que, por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras y a sus actividades.⁴⁵

En este contexto, un *desastre natural* debe entenderse como las consecuencias del impacto de una amenaza natural en un sistema socioeconómico con un nivel dado de vulnerabilidad, lo que impide que la sociedad afectada le haga frente a tal impacto.

Panamá es un país potencialmente vulnerable a la ocurrencia de desastres naturales, las frecuentes inundaciones y deslizamientos de tierras producto de las lluvias intensas a causa del tránsito de las Ondas tropicales, así como las sequías en temporadas secas e incendios forestales, son las mayores amenazas hidroclimáticas que tiene nuestro país.

A continuación, en la Figura N° 6-34, se presenta la descripción de las amenazas naturales ocurridas en los últimos años de forma regional y local, específicamente dentro del área de influencia directa del estudio donde se desarrollará el proyecto del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá.

Figura N°6-34: Amenazas Naturales



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

⁴⁵ Desastre, planificación y manejo de amenazas naturales para reducir los daños, Organización de los Estados Americanos, 1991

6.8.1. Riesgos Sísmicos

Dentro del presente Capítulo se desarrolla el Riesgo Sísmico dentro de la sección 6.1.4. Marco Tectónico de Panamá, 6.1.4.1. Fallas Geológicas, 6.1.4.2. Sismología, 6.1.4.3. Sismicidades actuales, cercana al área de estudio y 6.1.4.4. Evaluación General del Riesgo Sísmico. Adicional en el Anexo 6-1, se presenta el Reporte Técnico denominado “Datos Sísmicos para los años 2018 a 2021”, elaborado por el Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá (IGC).

6.9. Identificación de los sitios propensos a inundaciones.

Para el análisis de identificación de sitios susceptibles a inundaciones en las áreas aledañas al proyecto, se utilizó el software DesInventar, el cual es un sistema de gestión de información de desastres de todas las magnitudes. El Servicio Nacional de Protección Civil (SINAPROC) ha mantenido actualizado hasta el año 2018, el inventario de inundaciones en Panamá, el cual se encuentra disponible la página web (<http://online.desinventar.org>). Dicho inventario presenta registros de inundación entre los períodos de los años 1993-2018, en el cual se han reportado un total de diecinueve (19) eventos entre los corregimientos de Ancón y Veracruz.

En el siguiente análisis se han considerado a los afectados por inundación, entiéndase afectado como el número de personas que sufren efectos indirectos o secundarios asociados a un desastre. En el corregimiento de Ancón, los últimos eventos considerados en el inventario se remontan a doce (12) años atrás, donde se han identificado en el año 2008 a nueve (9) personas afectadas por inundaciones y dos (2) viviendas. Por otro lado, en el corregimiento de Veracruz, se han identificado 672 personas afectadas por inundaciones y 208 viviendas en los últimos 25 años, en la cual muestra la mayor incidencia en el año 2007, tal como se muestra en la Tabla N° 6-60.

Tabla N°6-60: Inventario de Inundaciones en los corregimientos de Ancón y Veracruz según datos de SINAPROC, 1993 -2018

CORREGIMIENTO DE ANCÓN			
LUGAR	FECHA	AFFECTADOS	CAUSAS
Policía Nacional de Ancón	1995/6/14		Lluvia
Clayton, Calle los Guanábana	2008/7/16	9	Lluvia
Avenida Frangipani	2009/10/26		Alcantarillados
CORREGIMIENTO DE VERACRUZ			
LUGAR	FECHA	AFFECTADOS	CAUSAS
Veracruz	1993/5/2	100	Lluvia
Veracruz	1996/8/17	180	Otras Causas
El Rialengo	1998/10/8	56	Lluvia
Barriada Panamá	1998/11/7	64	Lluvia
Sector de Veracruz	2006/6/10	40	Otras Causas
Barriada Panamá Calle 2 ^a .	2007/9/13	20	Lluvia - Inundación por obstrucción de alcantarillados.
Calle Principal.	2007/9/13	22	Inundación por saturación de canal
Calle 1 ^a	2007/9/13	3	Lluvia
Calle 2 ^a	2007/9/13	25	Lluvia - Inundación por obstrucción de alcantarillados.
La Esperanza #1.	2007/9/13	57	Inundación por saturación de canal.
La Piquera	2007/10/18	5	Lluvia
Rigoberto Paredes	2007/7/19	21	Inundación
La Esperanza 2	2007/7/19	11	Inundación
Calle 5	2014/8/21		Lluvia
Sector: Calle 1ra, 2da, 3ra	2018/9/5	12	Lluvia
Total		672	

Fuente: Base de datos Desinventar Sendai - UNDRR

Dentro del área de influencia del proyecto, se identificaron dos (2) zonas que presentan eventos de inundaciones, y se pudo observar que las causas probables de este evento son producto de la obstrucción o saturación de las alcantarillas, las cuales, ante las lluvias resulta ineficaces para drenar y redireccionar el flujo de las aguas pluviales.

Las mismas se localizan en los siguientes puntos:

- La Avenida Ascanio Arosemena, específicamente frente al Edificio N° 69 de Comunicaciones de la Autoridad del Canal de Panamá. Lo cual fue corroborado por el personal de la ACP durante visita de campo y se muestra en la Foto N° 6-9.
- La Avenida Emanuel Vergara, frente a Panama Ports Company. Lo cual fue corroborado con entrevista a los colaboradores del Puerto durante visita de campo.

Foto N° 6-9. Avenida Ascanio Arosemena, frente al Edificio N° 69 de Comunicaciones de la ACP



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

El río Curundú se caracterizaba por presentar inundaciones periódicas y desbordes generalmente en el mes de octubre; sin embargo, debido a los trabajos de canalización que se realizaron detrás de las instalaciones del Tribunal Electoral, tal como se muestra en la Foto N° 6-10, estas inundaciones no se dan en el área.

Foto N° 6-10. Canalización del Río Curundú



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

6.9.1. Lluvias Torrenciales⁴⁶

Panamá está expuesto a eventos hidrometeorológicos frecuentes, tales como: inundaciones, sequías, vientos fuertes, tornados y trombas marinas; en la última década, el Gobierno de Panamá ha realizado ocho (8) declaraciones de emergencia, destacándose la ocurrida los días 7 y 9 de diciembre de 2010, cuando unas fuertes y prolongadas lluvias obligaron a la clausura del tránsito por el Canal de Panamá, hecho que solo había ocurrido tres (3) veces en los noventa y seis (96) años de operación. Además, gran parte de la ciudad de Panamá quedó sin servicio de agua potable por varias semanas.

En vista de que los aportes hídricos extraordinarios de esta tormenta excedieron de manera intempestiva los volúmenes de agua necesarios para la prestación de los servicios que brinda la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), así como la capacidad de almacenamiento de los embalses Alhajuela y Gatún, fue necesario realizar operaciones

⁴⁶ Diagnóstico del nivel de implementación de las estrategias y planes de adaptación al cambio climático en Panamá, GWP Centroamérica

de emergencia para desalojar estos excedentes y así garantizar las condiciones de seguridad bajo las que la ACP tiene que operar. Además, se suspendió por diecisiete (17) horas el tránsito de buques por el Canal de Panamá. Pero quizás la mayor afectación se derivó de las intensas precipitaciones que se produjeron en la parte alta de la cuenca del río Chagres, cuyas pronunciadas pendientes en ambas riberas, contribuyeron a que se produjera una gran cantidad de derrumbes, los cuales generaron volúmenes significativos de vegetación y lodo que fueron arrastrados por la fuerza de las corrientes hasta el lago Alhajuela. Como consecuencia, dentro del embalse quedaron sedimentos en suspensión que afectaron las operaciones de la Planta Potabilizadora Federico Guardia Conte, que abastece a la Ciudad de Panamá, dejando sin suministro de agua potable a casi 1.2 millones de personas durante casi dos (2) meses. Se han repetido otros episodios de menor intensidad, destacándose el de finales del año 2011.

Otras cuencas hidrográficas del país se han visto afectadas por eventos hidrometeorológicos extremos, especialmente en las provincias de Darién, Chiriquí, Bocas del Toro, Colón y Panamá. Durante el periodo de los años 1990-2006, alrededor de 206,626 personas resultaron afectadas producto de la ocurrencia de eventos de inundación. El mayor porcentaje de afectados se reportó en la provincia de Panamá con un 41%, seguida por la provincia de Bocas del Toro con 20% y Darién con 15%.

El evento extremo más reciente ocurrió en la Cuenca del Río Chiriquí Viejo en el mes de agosto 2014, así como en las Provincias de Chiriquí, Bocas del Toro y la Comarca Ngäbe Bugle para noviembre 2020, donde las lluvias intensas y deslizamientos destruyeron gran parte de la infraestructura del área, incluyendo las tomas de agua de los sistemas de abastecimiento de agua potable del área.

En vista de estos antecedentes, se revela que el aumento de fenómenos hidrometeorológicos extremos, en Panamá, constituye una seria amenaza a la seguridad hídrica de la población, en cuanto afecta la provisión de los servicios de agua potable, dándose con mayor frecuencia en cuencas hidrográficas de las provincias de Panamá, Bocas del Toro y Chiriquí.

6.9.2. Fuertes Vientos (huracanes)

Los huracanes son el fenómeno natural más peligroso en la zona intertropical, que traen consigo fuertes vientos destructivos, lluvias torrenciales, inundaciones, y tornados. Un huracán pasa por diferentes etapas, las cuales son: Depresión Tropical, Tormenta Tropical y Huracán, estas etapas son determinadas por la fuerza de sus vientos, como se muestra en la Tabla N° 6-61.

Según la escala Saffir-Simpson, se clasifican en huracanes de Categoría 1, los que tienen una velocidad media de entre 118 y 150km/h, los de Categoría 2, son entre 151 y 178km/h, Categoría 3, entre 179 y 209km/h, los de Categoría 4 entre 210 y 249km/h, y los de Categoría 5 más de 250km/h.

Tabla N°6-61: Clasificación del Desarrollo de un Huracán

CLASIFICACIÓN DEL DESARROLLO DE UN HURACÁN		
AMBIENTE	DESARROLLO	CRITERIO
Tropical	Depresión	Vientos máximos sostenidos < o = 63km/h (39 millas/h)
	Tormenta Tropical	63km/h < vientos sostenidos < 119km/h (74 millas/h)
	Huracán	vientos sostenidos > o = 119km/h (74 millas/h)
	Depresión tropical	Vientos máximos sostenidos < o = 63km/h (39 millas/h)
No Tropical	Tormenta subtropical	63km/h < vientos sostenidos < 119km/h (74 millas/h)
	Depresión Subtropical	Vientos máximos sostenidos < o = 63km/h (39 millas/h)

Fuente: Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado

De forma general existe un patrón de inicio de temporada de huracanes en la región Centroamericana y Panamá; sin embargo, puede haber ciertas variantes entre una temporada y otra, según las condiciones meteorológicas. El día 1 de junio se inicia la temporada de huracanes en el Atlántico Norte (Mar Caribe) y el 15 de mayo en el Pacífico Nororiental – Costa Occidental de América y se extienden hasta el 30 de noviembre.

Por su posición geográfica, Panamá no se encuentra en la trayectoria de los huracanes o tormentas tropicales que se desplazan en el Mar Caribe, pero eventualmente, el país sí es afectado de una u otra forma por diferentes condiciones atmosféricas generadas por un sistema tropical cercano a sus latitudes.

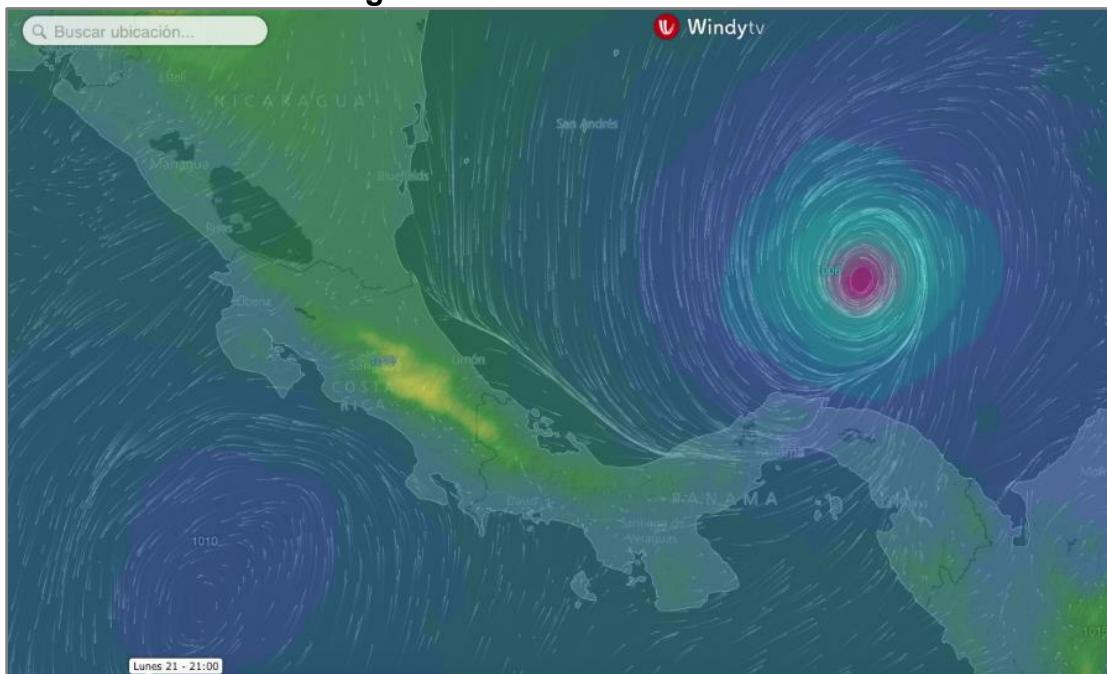
De acuerdo con el Meteorólogo Cesar Osorio de ETESA, explica que los huracanes del Caribe se forman por encima de los 10° de latitud Norte, y Panamá se encuentra entre 5° y 10° de la latitud Norte; es decir, el límite donde se forman los huracanes, por lo que los efectos experimentados son las secuelas de la cercanía de ellos.

Los efectos colaterales percibidos por las condiciones de mal tiempo son la presencia de fuertes vientos que ocasionan: voladura de techos, caída de árboles y pueden estar acompañados por lluvias las cuales causan inundaciones, deslizamiento, estos vientos fuertes pueden alcanzar velocidades de 50 a 62,5km/h durante al menos una hora, o cualquier ráfaga de 74 a 91,5km/h de mal tiempo. En los últimos cinco (5) años, Panamá ha sufrido algunos daños ocasionados por estos fuertes vientos, provenientes de los huracanes, trayendo consigo daños materiales y en ocasiones las pérdidas de vidas humanas, entre estos tenemos:

- **Huracán OTTO, 21 de noviembre 2016**

Se formó el día 21 de noviembre en la zona suroeste del Mar Caribe, frente a las costas de Panamá y Colombia. Se considera como el huracán más destructivo y mortífero que ha golpeado frente a los países Costa Rica y Panamá como un huracán categoría 3. Causando en el territorio panameños ocho (8) muertes, hubo afectaciones en bienes inmuebles por las inundaciones y deslizamientos como consecuencia del huracán. La Figura N° 6-35 muestra imágenes de Windy, donde se aprecia el recorrido del Huracán Otto.

Figura N°6-35: Huracán Otto

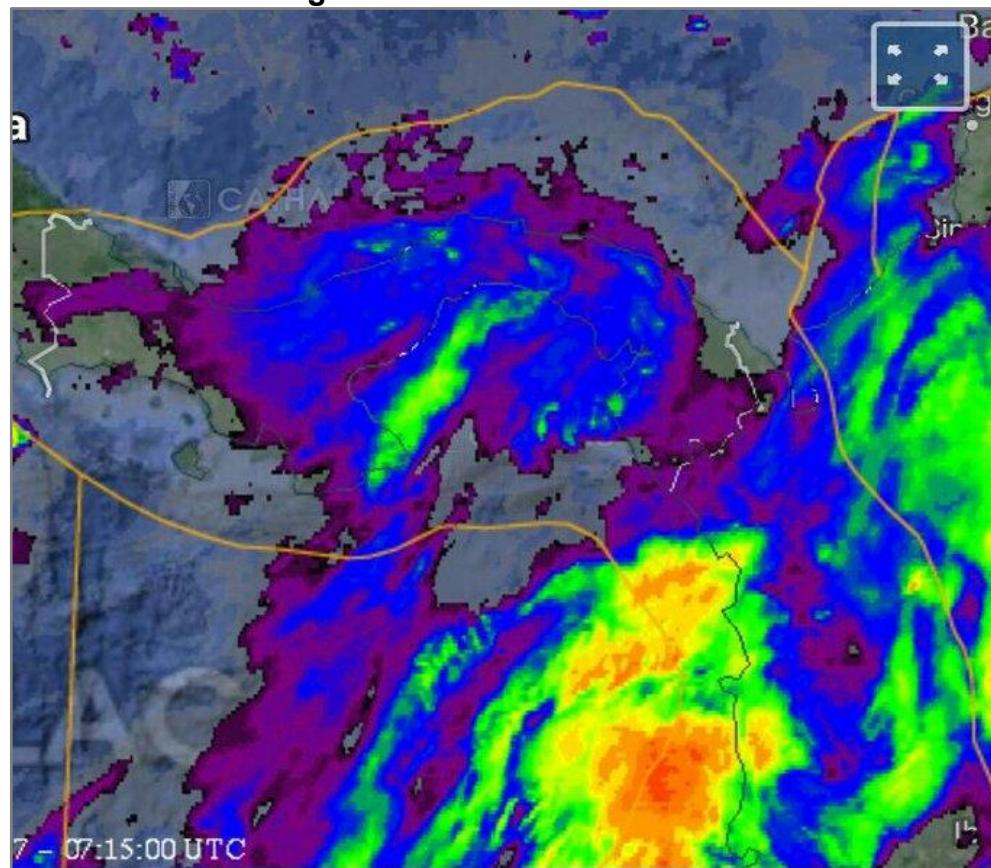


Fuente: Aplicación Windy.com

- **Huracán Irma ,10 de septiembre del 2017.**

Fue un poderoso huracán, categoría 5, afectó a Panamá indirectamente, causando el flujo del viento con abundante humedad y nubosidad desde el Pacífico hacia el Mar Caribe, como se muestra la Figura N° 6-36, generando aguaceros intermitentes, deslizamiento, desbordamiento de los río y quebradas, residencias afectadas por voladura de techo y tormentas a lo largo del Pacífico. No se presentaron pérdidas de vidas humanas, solo materiales.

Figura N°6-36: Huracán Irma



Fuente: Servi CATHALAC

- **Huracán ETA, 31 de octubre 2020**

El Huracán ETA fue un poderoso Huracán que se ubicaba sobre aguas del Mar Caribe, categoría 4, Panamá sufrió los efectos colaterales, donde se vieron afectadas principalmente las provincias de Chiriquí y Bocas del Toro, así como la Comarca Ngäbe-Buglé, algunos sectores de Coclé y Veraguas, con constantes lluvias y vientos de moderados a fuertes. Entre las inundaciones y deslaves se dieron grandes afectaciones, entre ellas alrededor de diecinueve (19) muertos y unas 3,332 personas damnificadas, más de doce (12) personas no localizadas y daños millonarios entre carreteras y producción agrícola. La Figura N° 6-37, muestra la trayectoria del Huracán.

Figura N°6-37: Huracán ETA

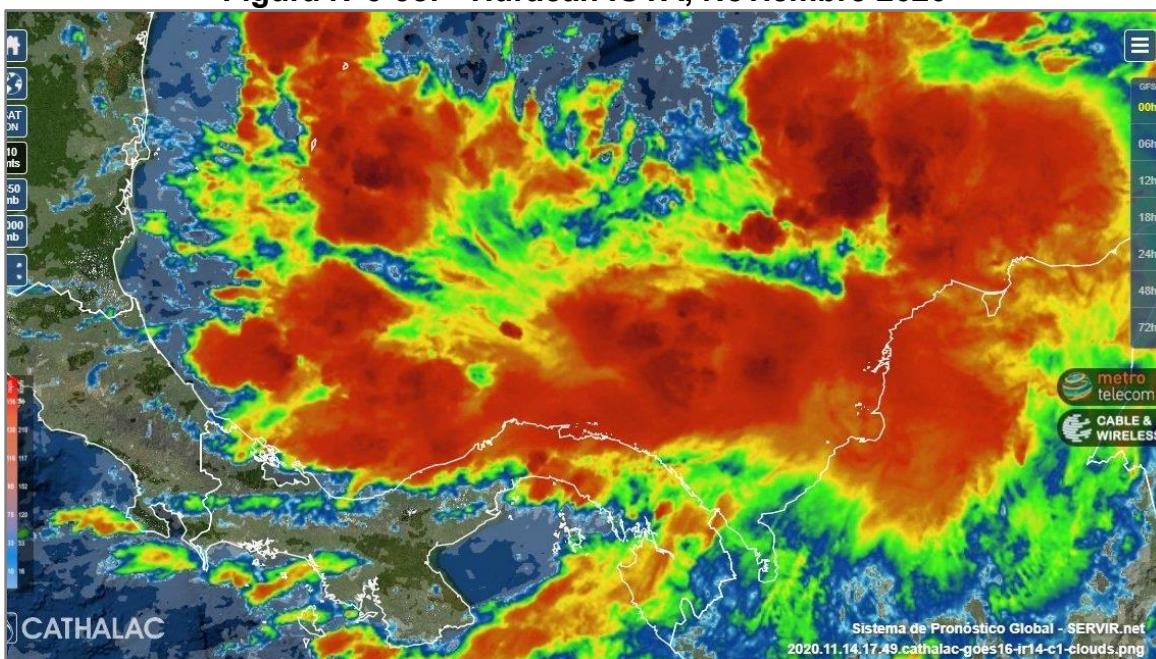


Fuente: Diario El Mundo

- **Huracán IOTA, 13 noviembre de 2020**

El huracán IOTA fue un poderoso huracán de categoría 5, del Atlántico, en el año 2020 y el más intenso de la temporada de Huracanes. IOTA causó graves daños en áreas de Centroamérica, incluyendo a Panamá, donde se generó fuertes lluvias durante un periodo consecutivo de cinco (5) días, dándose afectaciones de deslizamientos e inundaciones y la pérdida de 2 vidas humanas. La Figura N° 6-38 muestra la banda nubosa de IOTA al Norte de Panamá.

Figura N°6-38: Huracán IOTA, Noviembre 2020



Fuente: Servi CATHALAC

Otros vientos fuertes presentes en Panamá son los vendavales, que son tormentas con vientos muy fuertes que pueden alcanzar un promedio de 6km/h y se originan cuando las temperaturas son muy elevadas, el vapor sube rápidamente y se enfriá muy rápido formando lluvias que caen de forma intensa, acompañadas de corrientes de aire que bajan bruscamente y gira en especial a gran velocidad.

En el software DesInventar del Servicio Nacional de Protección Civil (SINAPROC) se realizó la consulta sobre vendavales, lluvias y fuertes vientos ocurridos dentro del área del proyecto para el periodo de años 2014 y 2019. En el corregimiento de Ancón, se identificaron cuatro (4) eventos a causa de vendavales, lluvias y fuertes vientos, dando como resultado ocho (8) viviendas afectadas entre los años 2014 y 2015. Para el corregimiento de Veracruz, se identificaron dos (2) eventos a causa de un vendaval, dando como resultado una (1) persona afectada y cinco (5) viviendas, entre los años 2015 y 2018. (ver Tabla N° 6-62).

Tabla N°6-62:Inventario de Vendaval y Fuertes Vientos en los corregimientos de Ancón y Veracruz según datos de SINAPROC, 2005 – 2019

CORREGIMIENTO DE ANCÓN				
LUGAR	FECHA	AFFECTADOS	VIVIENDAS AFECTADAS	CAUSAS
Ancón	2014/1/16	0	1	Vendaval
Camino de Cruces	2015/5/19	0	0	Vendaval
Ancón	2015/7/1	0	7	Lluvias
Ancón	2019/9/15	0	0	Fuertes Vientos
TOTALES			8	
CORREGIMIENTO DE VERACRUZ				
LUGAR	FECHA	AFFECTADOS	VIVIENDAS AFECTADAS	CAUSAS
Sector Calle 5ta.	2015/5/8	0	0	Vendaval
Sector 4, Casa #49	2018/9/13	1	5	Vendaval
TOTALES		37	12	

Fuente: Base de datos Desinventar Sendai – UNDRR

Otro fenómeno natural que tiene la presencia de fuertes vientos son los tornados, que es un violentísimo torbellino que se origina en la base de una nube de tormenta, se propaga hasta abajo tocando el suelo y ocasionando daños de diferente intensidad.

La Provincia de Panamá se ha visto afectada directamente por dos eventos de Tornados, hace 31 años, según el inventario de Desinventar, estos eventos extremos se dieron en el Distrito de Arraijan en el año de 1990, el cual tuvo una duración de media hora y causó grandes destrozos a las casas, incluyendo a una escuela primaria que quedó sin techo y sin una parte de sus estructuras de metal. El otro evento registrado fue el ocurrido el día 6 de julio 1992, el cual afectó directamente el corregimiento de Juan Díaz, y algunos corregimientos del Distrito de San Miguelito, el cual duro unos 30 minutos, tuvo un efecto destructor debido a la acción combinada de la tremenda fuerza rotativa del viento que superó los 200km/h. En la Tabla N° 6-63, se muestra el inventario de tornados ocurridos en el Distritos de Panamá y Arraiján.

Este evento de tornado se originó por una combinación de flujo de vientos de la Bahía de Panamá, junto con la masa de aire de la parte terrestre, factores que influyeron en la formación del tornado.

Tabla N°6-63: Inventario de Tornados Distritos de Panamá y Arraiján según datos de SINAPROC, 1990 y 1992

DISTRITO	FECHA	OBSERVACIONES	CAUSAS
Panamá	1992/7/2	<p>El fenómeno duro unos 30 minutos, tuvo un efecto destructor debido a la acción combinada de la tremenda fuerza rotativa del viento que superó los 200km/hora,</p> <p>Tornado dejó: Destrozada la fábrica de ropa Jenny Manufacturan ubicada en San Cristóbal con víctimas fatales. Daños en Colegio Ángel Rubio, barriada Dorasol, instalaciones del Ministerio de Obras Públicas, la escuela Carmen Solé Bosch, daños, postes de conducción de energía cayeron, pedazos de techos colgando en los tendidos eléctricos, vehículos destruidos, árboles caídos, toda clase de chatarras esparcido por toda el área, casas totalmente destruidas. Cuadrillas de rescate del cuerpo de bomberos, SINAPROC y la cruz roja para el rescate y remoción de escombros en la destruida fabrica.</p>	<i>Fuertes Vientos de 400Km./h</i>
Arraiján	1990/10/2	<p>El fenómeno tuvo una duración de media hora y causó grandes destrozos a las casas, incluyendo a una escuela primaria que quedó sin techo y sin otra parte de sus estructuras de metal.</p>	Condiciones atmosféricas Fuertes vientos.

Fuente: Base de datos Desinventar Sendai – UNDRR

6.9.3. Incendios Forestales

Los incendios forestales son uno de los grandes retos que enfrenta la naturaleza en la temporada seca en nuestro país. Dentro del área de influencia directa del proyecto se han reportado incendios forestales específicamente en el lado Oeste dentro del Sitio de disposición de material de excavación Farfán. En ésta área de influencia se desarrollan actividades antrópicas en interacción con varios tipos de cobertura vegetal (Pajonales, Herbazales, Bosques Secundarios Maduros, Intermedios y Jóvenes), esto crea diversos escenarios (disponibilidad de combustibles) para la ocurrencia de los incendios forestales de interfaz y en consecuencia representa una amenaza potencial para la salud y seguridad de las personas y de los bienes e infraestructuras presentes en el área, ya sea por contacto directo con el fuego o de manera indirecta por el humo.

Según la data levantada por el satélite MODIS C6.⁴⁷ existen registros de eventos de incendios forestales en el área de influencia del proyecto para los años 2012, 2013, 2014 y 2016 entre los meses de enero a marzo, principalmente en el lado Oeste del canal en donde se encuentra la mayor concentración de cobertura vegetal de porte alto, medio y bajo, en este entorno se desarrollarán actividades operativas y establecerán parte de las instalaciones temporales (campamentos) requeridas para la etapa de construcción del proyecto.

En el Sitio de disposición de material de excavación Farfán predomina la cobertura vegetal clasificada como matorrales o herbazales, los cuales están compuestos por paja blanca o paja canalera (*Saccharum spontaneum*) es una especie herbácea no nativa de la flora panameña. Esta crece en condiciones muy extremas de suelo y se propaga rápidamente, por lo tanto, no permite el desarrollo de otras plantas y en la estación seca, es el objeto principal de incendios forestales espontáneos o intencionales, lo que afecta al medio ambiente y a seres humanos.

En cuanto al ecosistema de Manglares no han presentado eventos de incendios forestales históricos

6.10. Identificación de los sitios propensos a erosión y deslizamientos

La vulnerabilidad de Panamá a los deslizamientos responde a las condiciones topográficas, geológicas, hidrogeológicas, al uso del suelo, precipitación anual, la actividad sísmica y las actividades antrópicas relacionada con la construcción de viviendas, la deforestación, principalmente este conjunto de acciones aumenta el riesgo de un deslizamiento⁴⁸.

Los deslizamientos son desplazamientos de masas de tierra o rocas por una pendiente en forma súbita o lenta. Si bien la gravedad que actúa sobre las laderas es la principal causa de un deslizamiento, su ocurrencia también depende de las siguientes variables:

⁴⁷ <http://Earthdata.nasa.gov> NASA Firm Team

⁴⁸ Boletín hidrometeorológico, años III, N° 1, estudio de los deslizamientos en Panamá

- Clase de rocas y suelos
- Topografía (lugares montañosos con pendientes fuertes)
- Orientación de las fracturas o grietas en la tierra
- Cantidad de lluvia en el área
- Actividad sísmica
- Actividad humana (cortes en ladera, falta de canalización de aguas, etc.)
- Erosión (por actividad humana y de la naturaleza)

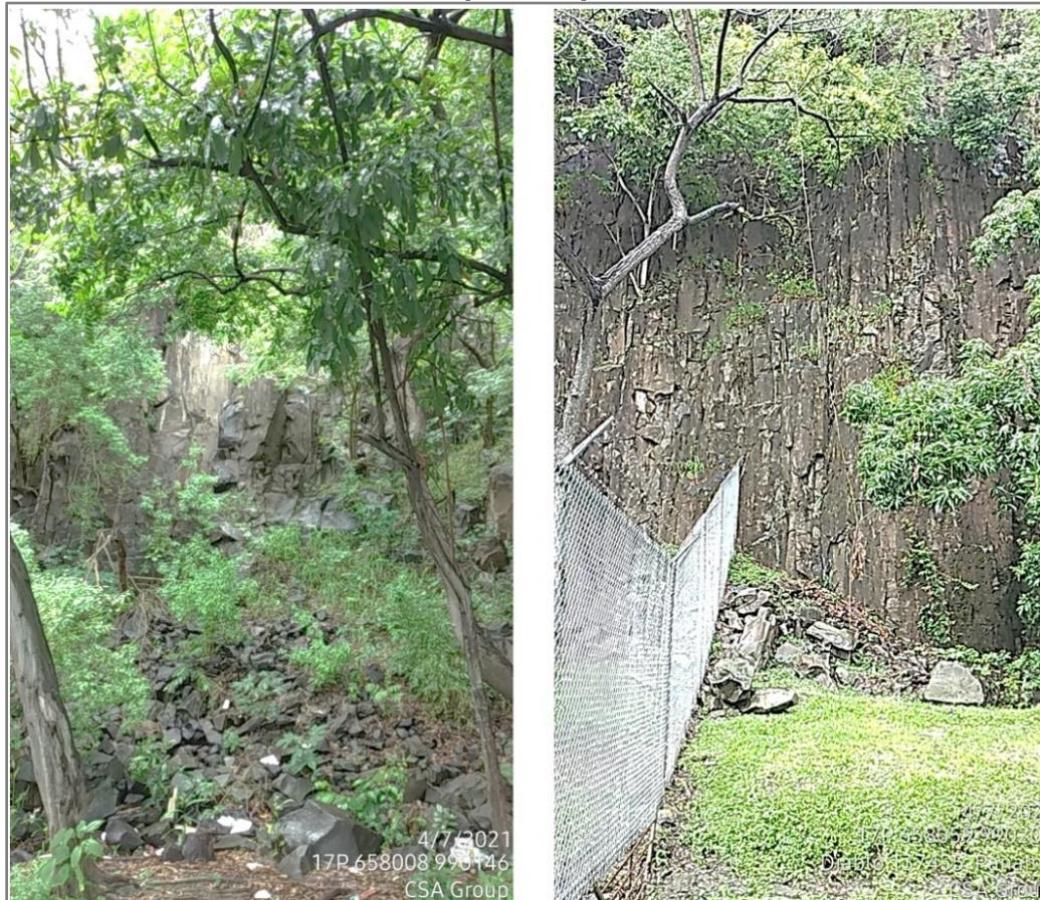
Los deslizamientos o movimientos de masa no son iguales en todos los casos, y para poder evitarlos o mitigarlos es indispensable saber las causas y la forma como se originan ya que la fuerza que origina los deslizamientos y otros movimientos de masa puede ser externas o exógenas e internas o endógenas.

Como ya se ha mencionadas en los puntos 6.2.1, donde se indica que El Proyecto del “Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá”, corresponde a una zona bastante plana, producto de las diferentes intervenciones antrópicas que han tenido lugar a lo largo de los años que han sido significativamente alteradas por la presencia de actividades comerciales y la presencia de importantes vías de movilización. El proyecto en el tramo soterrado implicará actividades de corte que generarán una importante modificación a las condiciones originales, siendo actualmente una zona urbana de baja pendiente que se extiende hasta el margen Este del Canal de Panamá y continúa hasta las cercanías del área de Cocolí, por lo que no se presentan áreas vulnerables a deslizamiento o erosiones.

Cabe señalar que cercano al desarrollo del proyecto se encuentra el Cerro Sosa, el cual está localizado cercano a la Avenida Emanuel Vergara, frente a las instalaciones de Panama Ports Company, donde se pudo observar el desprendimiento de bloques de roca en las laderas del cerro (ver Foto N° 6-11), adicional se observó que en las partes donde las pendientes son menos pronunciadas se implementan medidas de mitigación utilizando muro de piedra para evitar el deslizamiento en el área. (ver Foto N° 6-12).

Según el Estudio de Prefactibilidad, elaborado por ACP (2013), para el proyecto del Cuarto Puente sobre el Canal, indica que estos derrumbes en las laderas del Cerro Sosa pueden estar asociados a remanentes rocosos de los trabajos que se realizaron en este sitio; ya que el mismo se utilizó como cantera durante la ocupación militar de la antigua zona del Canal de Panamá.

Foto N° 6-11. Área de deslizamiento por desprendimiento de roca en Cerro Sosa



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Foto N° 6-12. Medida de mitigación ante los deslizamientos en Cerro Sosa


Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

En el lado Oeste las pendientes son generalmente entre moderadamente empinadas y empinadas con superficies onduladas, casi lomas en valles abiertos, indicando áreas potenciales de previos deslizamientos de tierra (también denominadas áreas de desplazamiento de masas inducido por lluvia). Sin embargo, la cubierta vegetal actual en imágenes satelitales recientes, así como la falta de escarpes visibles indica que las pendientes han permanecido estables por un periodo significativo.

El proyecto del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá no pasa por barrios o pueblos; sin embargo, no se dejó de tomar en cuenta los eventos ocurridos de la variable de deslizamientos de los corregimientos de Ancón y Veracruz, apoyándonos en el inventario Desinventar, el cual muestra que las causas de los deslizamientos son debido a la saturación de los suelos por los efectos de la lluvia, dando como resultado siete (7) personas afectadas y nueve (9) viviendas en los años 1997, 2018 y 2019, como se muestra en la Tabla N° 6-64.

Tabla N°6-64: Inventario de Deslizamiento ocurridos en los corregimientos de Ancón y Veracruz según datos de SINAPROC, 1997 – 2019

CORREGIMIENTO DE ANCÓN				
LUGAR	FECHA	AFFECTADOS	VIVIENDAS AFECTADAS	CAUSAS
Frente a DHL en la Vía Ricardo J. Alfaro	1997/8/23		1 edificio en construcción	Otras Causas
Condado del Rey calle 4D	1997/9/24	6	1	Lluvia
Sector: Albrook	2018/11/2	1	1	Lluvia
Sector de San Francisco	2019/8/5		7	Lluvia
La Amistad (afectó un paño de la vía)	2019/9/4			Lluvia
TOTALES		7	9	
CORREGIMIENTO DE VERACRUZ				
LUGAR	FECHA	AFFECTADOS	VIVIENDAS AFECTADAS	CAUSAS
Costa del Sol	1998/11/7	8	1	Lluvias
Sector de Veracruz	1998/5/26	102	21	Lluvias
Sector G Costa del Sol	1998/5/29	5	1	Lluvias
Sector 4 de Veracruz calle Revolución.	2004/10/30	5	1	Otra causa
Rigoberto Paredes	2007/7/19	5	1	Lluvias
Sector: Costa del Sol	2018/10/20	5	1	Lluvias
TOTALES		130	26	

Fuente: Base de datos Desinventar Sendai – UNDRR

6.10.1. Sequía y Fenómeno del Niño⁴⁹

La sequía como proceso climático está referida al déficit porcentual de lluvia de un año determinado con relación al promedio de este. La duración de la sequía está dada por el número de años secos consecutivos. La cobertura espacial se determina de acuerdo con la frecuencia de casos de sequía por años para un grupo de estaciones dado.

La sequía se puede dar por factores meteorológicos que es cuando se produce una escasez continua de las precipitaciones y puede implicar temperaturas más altas, vientos de fuerte intensidad, humedad relativa baja, incremento de la evapotranspiración, menor cobertura de nubes y mayor insolación; todo ello puede traducirse finalmente en

⁴⁹ "Informe climatológico y estadístico de las provincias de Panamá Oeste y Panamá, para el período de 2010 a 2020." ETESA

reducciones en las tasas de infiltración, menor escorrentía, reducción en la percolación profunda y menor recarga de las aguas subterráneas.

Los factores asociados a la sequía son:

- Prolongación de la Canícula (Veranillo)
- Pocos eventos de lluvia, entre períodos prolongados de días secos
- El aumento en la temperatura del aire, aumento en la velocidad e intensidad del viento según el momento que suceda y en cuanto tiempo se mantenga
- Finalización temprana de la estación lluviosa
- Incremento de la desecación del suelo y no permite la recuperación de fuentes de agua

En Panamá, por lo general, los registros de sequías han sido relacionados con el Fenómeno de El Niño, éste indica un evento de la Variabilidad Climática que se produce por la interacción de las condiciones océano-atmosféricas en el Océano Pacífico.

El comportamiento de las precipitaciones varía en presencia del Fenómeno de El Niño – Oscilación Sur (ENOS) dependiendo de las regiones de Panamá se produce disminución de las lluvias en las regiones ubicadas en la vertiente del Pacífico y aumento en la vertiente del Caribe, es importante señalar que se presentan variaciones locales (espaciales y temporales) asociadas a la orografía del lugar y a la intensidad del evento.

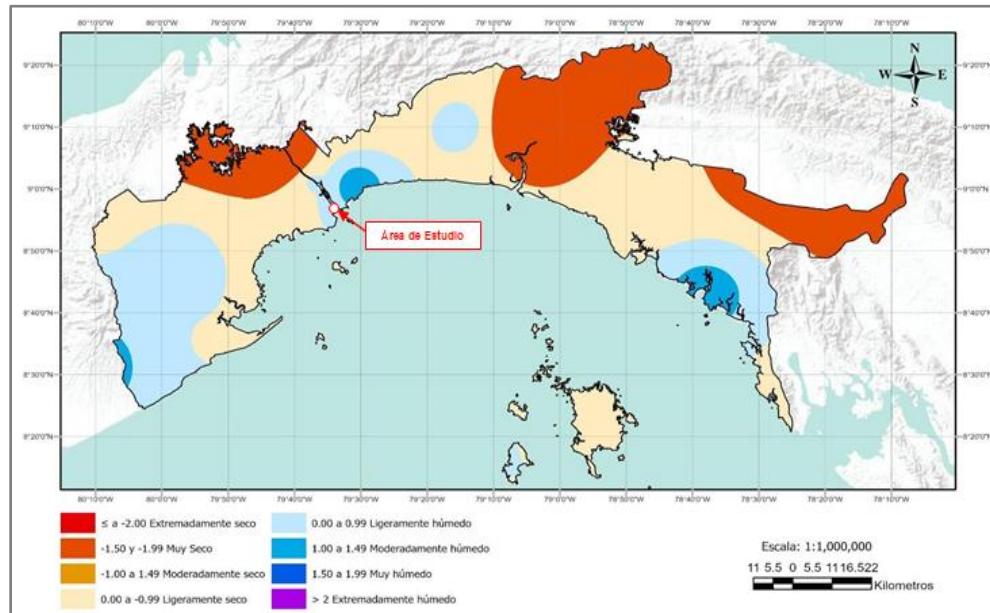
En Panamá, los años que han presentado mayor déficit de lluvias, han sido los períodos de año 1982-1983, 1987-1988, 1991-1992, 1997-1998, 2015-2016, los cuales han coincidido con el Fenómeno de El Niño, lo cual explica la persistencia anual de condiciones secas sobre todo en el Pacífico.

Para la región del Pacífico, en años declarados como Niños, en comparación al promedio histórico (entre los años 1981-2010), se observa que los años 1991-1992 presentan el mínimo de los valores en promedios; también, para los períodos de años 1982-1983 y 2015-2016 se reportaron escasez de lluvias significativas en la zona del arco seco del país, principalmente en los meses de la temporada lluviosa.

Para determinar si un área es húmeda o presenta un déficit de humedad, se puede aplicar el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), el cual está basado en la probabilidad de precipitación para cualquier escala de tiempo, y sólo es dependiente de series históricas de precipitación, lo que hace posible identificar los impactos de la sequía en períodos de corto, mediano y largo plazo, este SPI se aplicó para las Provincia de Panamá Oeste y Panamá, para caracterizar la humedad o déficit para un período de 24 y 36 meses pasados, desde enero 1991 a marzo 2021.

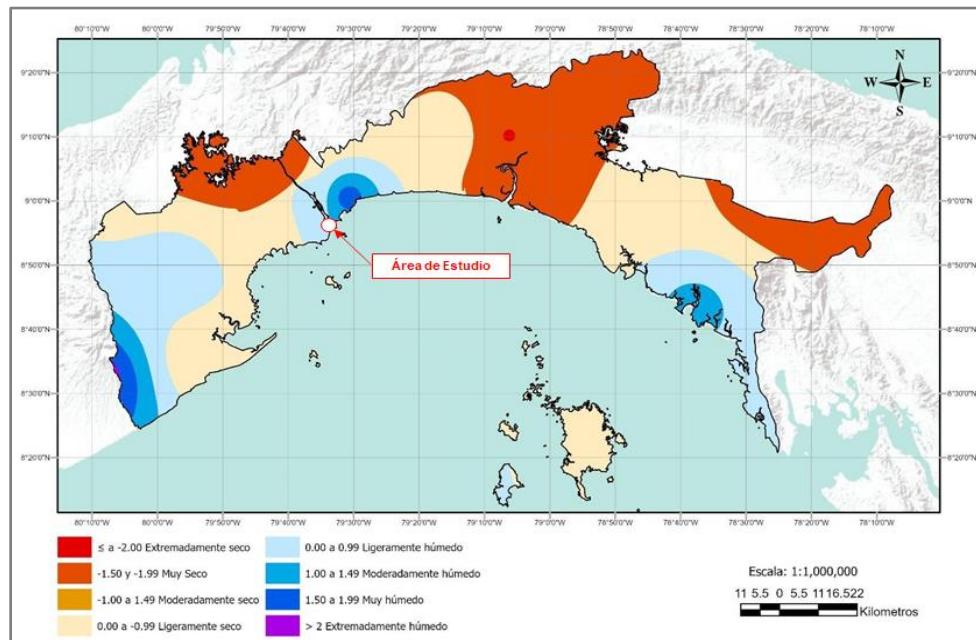
Para el análisis de 24 meses, se tomaron en cuenta los valores de precipitación acumulada de marzo 2021 y los 23 meses previos desde marzo 2019 y la distribución estadística de las precipitaciones históricas, este análisis se muestra en la Figura N° 6-39; y para el análisis de los 36 meses, igualmente se tomaron los valores de precipitación acumulada, desde marzo del 2021 y los 35 meses previos, desde marzo 2018, este análisis se ve reflejado en la Figura N° 6-40.

Figura N°6-39: Índice de Precipitación Estandarizado (SPI 24 meses) marzo 2019 a marzo 2021 para el período 1991-2020 en la Provincia de Panamá Oeste y Panamá



Fuente: ETESA

Figura N°6-40: Índice de Precipitación Estandarizado (SPI 36 meses) marzo 2019 a marzo 2021 para el periodo 1991-2020 en la Provincia de Panamá Oeste y Panamá



Fuente: ETESA

Se puede concluir que la probabilidad de ocurrencia dada las categorías del SPI para los 24 y 36 meses son las siguientes:

- Un comportamiento considerado normal, ya que gran parte de ambas provincias presentan valores ligeramente secos o húmedos.
- Existen algunas zonas con las categorías entre moderadamente húmedo a muy húmedo, una en Panamá Centro (área de Hato Pintado), otra en Panamá Este (área de Chimán) y la última al extremo límite entre las provincias de Panamá Oeste y Coclé.
- Se observan algunos valores con categorías entre muy seco a extremadamente seco, en Panamá Este (áreas de la cuenca de Bayano, en Río Maje y Chepo, además dentro de esta zona se encuentra el área de Loma Bonita con la máxima categoría) y al Norte de las provincias de Panamá y Panamá Oeste (área de la cuenca del río Chagres y Canal de Panamá, que están dentro de los límites de ambas provincias).

Tomando en cuenta los valores de SPI y la ubicación del proyecto, podemos concluir que se encuentra en una zona entre ligeramente húmeda a moderadamente húmeda, lo que indica que hay presencia de precipitación en la zona.

6.11. Cambio Climático

Actualmente, el Ministerio de Ambiente (MIAMBIENTE) se encuentra en el desarrollo y confección del Plan Nacional de Acción por el Clima, el cual será la hoja de ruta para la implementación técnica y financiera de acciones, que harán de Panamá un país más fuerte y resiliente ante el Cambio Climático. También, está en elaboración de la Ley de Cambio Climático de Panamá, así como en la actualización de la Política Nacional de Cambio Climático y de las normativas de Estudios de Impacto Ambiental (EsIA) y Planes de Manejo Ambiental. Cabe señalar que el Cambio Climático no está incluido en el contenido mínimo de los EsIA; no obstante, el Metro de Panamá, S.A. reconoce la importancia de la incorporación de la variable de cambio climático en los EsIA, por ello, en los siguientes puntos se considera de forma general los temas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y la vulnerabilidad y adaptación al Cambio Climático para el proyecto. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el Cambio Climático como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y se suma a la variabilidad natural del clima, esto último ha sido observado durante períodos de tiempo comparables. Por otra parte, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), lo define como cualquier cambio en el clima con el tiempo debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas.⁵⁰

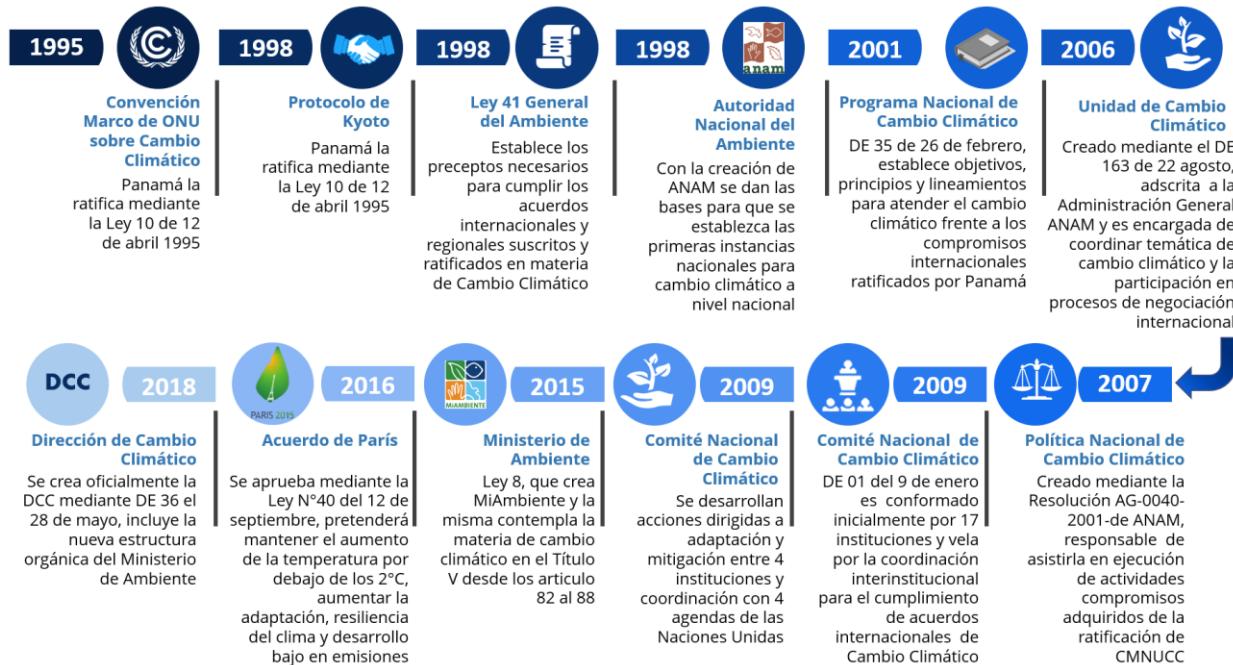
Desde el día 12 de abril de 1995, Panamá forma parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la cual fue ratificada mediante la Ley No. 10 de 1995, comprometiéndose con los esfuerzos globales para alcanzar el objetivo de la Convención, el cual consiste en: “*Lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático*”. De igual manera desde el día 22 de abril de 2016, se encuentra comprometida con el Acuerdo de París, cuyo objetivo es: “*Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar*

⁵⁰ El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2018: Anexo I: Glosario [Matthews J.B.R. (ed.)].

ese aumento de la temperatura a 1.5°C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático".⁵¹

En este contexto, Panamá ha ido tomando mayor interés nacional con avances significativos en la implementación de distintos instrumentos políticos que han servido como herramienta para incluir el cambio climático en el diseño de políticas públicas, en la Figura N° 6-41 se puede observar los hitos más relevantes de estos instrumentos.

Figura N°6-41: Evolución de Instrumentos de Políticas Públicas y gestión del cambio climático en Panamá



Fuente: Segundo Informe Bienal de Actualización, Ministerio de Ambiente, marzo 2021.

6.11.1. Gases de efecto invernadero

Panamá constituyó a los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) Bajo el Decreto No.100 de 20 de octubre 2020, como la herramienta base para ser costoeficientes a la hora de formular iniciativas nacionales que mitiguen el cambio climático y

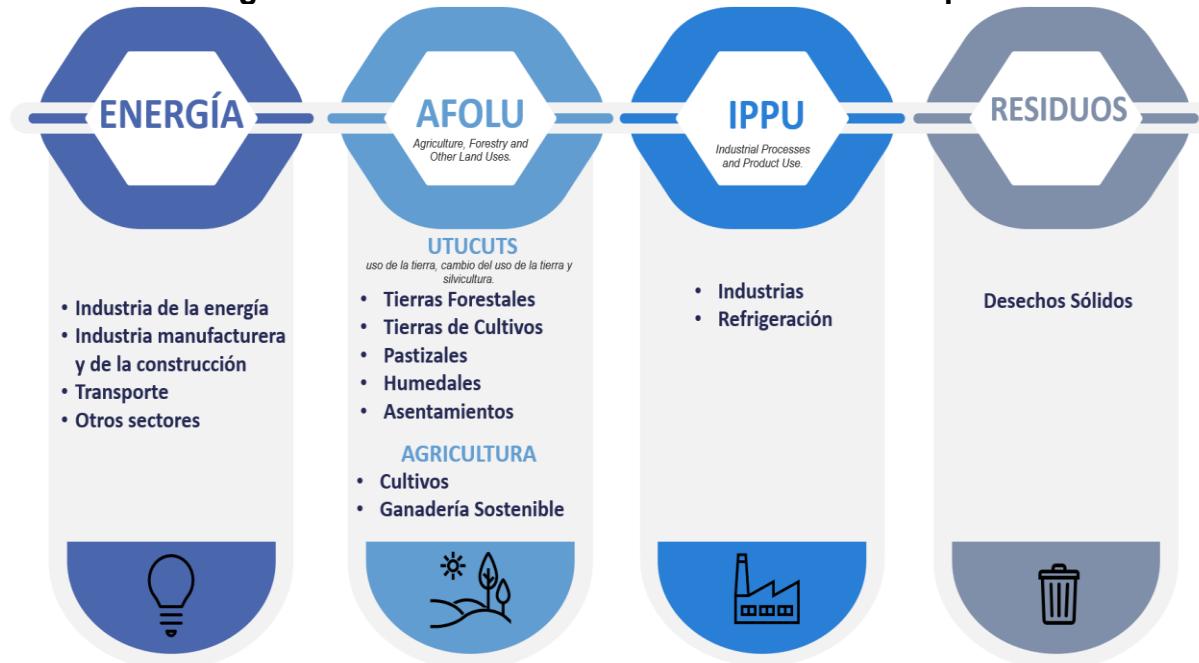
⁵¹ Segundo Informe Bienal de actualización de Panamá, Ministerio de Ambiente de Panamá

aseguren como mínimo la neutralidad del carbono al 2050, especialmente basadas en las necesidades reales del país mediante la formulación de políticas, estrategias, planes, programas y proyectos nacionales que contribuyan a la reducción de gases de efecto invernadero (GEI).

El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) es una rendición de cuentas a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) para el seguimiento y reporte de emisiones a la atmósfera de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por fuentes antropogénicas y su absorción por sumideros en un período de tiempo específico.

La información de Gases de Efecto Invernadero (GEI), presentada en la Tabla N° 6-65, está desarrollada en base al Primer Informe del Inventario Nacional 2020⁵², que incluye los Inventarios Nacionales de Gases de efecto Invernadero de Panamá, dentro del período de años 1994-2017, el cual está dividido en cuatro (4) principales sectores emisores de GEI, tal como se muestran en la Figura N° 6-42.

Figura N°6-42: Sectores emisores de GEI en el país



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

⁵² Ministerio de Ambiente, 2021, Informe de Inventario Nacional 2020.

Tabla N°6-65: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero: Gases, Gas Precursor y Sectores por (kt CO₂ eq), 1996 -2017, Panamá.
INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR GASES

GASES DE EFECTO INVERNADERO	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
CO ₂ : sin el CO ₂ neto de UTCUTS	4,303.3	4,839.2	4,808.1	5,803.0	5,290.8	5,364.8	6,292.4	5,467.7	5,971.5	5,711.8	5,751.5	6,343.3	7,160.3	7,108.5	8,704.7	9,629.4	10,770.6	10,828.6	10,788.2	10,816.8	11,988.9	12,114.2	11,844.0
CO ₂ : con el CO ₂ neto de UTCUTS	-19,318.4	-18,729.9	-18,708.5	-17,661.1	-18,120.7	-17,994.1	-17,976.6	-19,711.4	-20,117.7	-21,287.5	-22,157.9	-21,634.8	-20,886.6	-21,007.1	-19,479.6	-18,623.7	-17,552.8	-17,565.1	-17,675.7	-17,459.1	-16,099.0	-15,785.6	-15,867.8
CH ₄ : sin el CH ₄ de UTCUTS	3,469.5	3,501.7	3,404.2	3,481.9	3,513.0	3,521.6	3,865.0	3,938.9	3,930.0	3,951.1	4,120.1	4,137.6	4,136.3	4,306.7	4,386.9	4,491.8	4,695.9	4,741.4	4,792.4	4,688.7	4,609.2	4,702.0	4,680.3
CH ₄ : con el CH ₄ de UTCUTS	3,573.1	3,603.7	3,504.7	3,580.9	3,610.4	3,617.4	3,954.2	4,021.4	4,005.8	4,020.3	4,182.6	4,197.0	4,192.5	4,359.6	4,436.7	4,538.4	4,742.6	4,788.2	4,839.3	4,739.0	4,662.9	4,759.1	4,740.8
N ₂ O: sin el N ₂ O de UTCUTS	732.3	738.3	697.5	703.0	681.2	693.6	727.1	767.2	764.8	743.8	767.3	764.3	782.8	820.4	829.3	854.6	907.9	904.3	922.9	870.3	850.0	891.6	892.4
N ₂ O: con el N ₂ O de UTCUTS	762.5	768.2	727.2	732.4	710.4	722.6	754.4	792.8	788.8	766.1	787.9	783.8	801.2	837.8	845.6	869.9	924.7	922.6	942.7	890.7	871.0	913.2	914.6
HFC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.4	116.3	207.9	318.9	386.8	454.1
PFC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SF ₆	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NF ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total (sin UTCUTS)	8,505.1	9,079.1	8,909.8	9,987.9	9,484.9	9,580.0	10,884.6	10,173.8	10,666.3	10,406.7	10,638.9	11,245.2	12,079.4	12,235.6	13,920.9	14,975.9	16,374.5	16,514.7	16,619.8	16,583.7	17,767.0	18,094.7	17,870.9
Balance (con UTCUTS)	-14,982.8	-14,358.1	-14,476.6	-13,347.7	-13,799.9	-13,654.1	-13,267.9	-14,897.1	-15,323.1	-16,501.1	-17,187.4	-16,654.1	-15,892.9	-15,809.6	-14,197.4	-13,215.4	-11,885.4	-11,813.9	-11,777.4	-11,621.5	-10,246.1	-9,726.5	-9,758.3

INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR GAS PRECURSOR

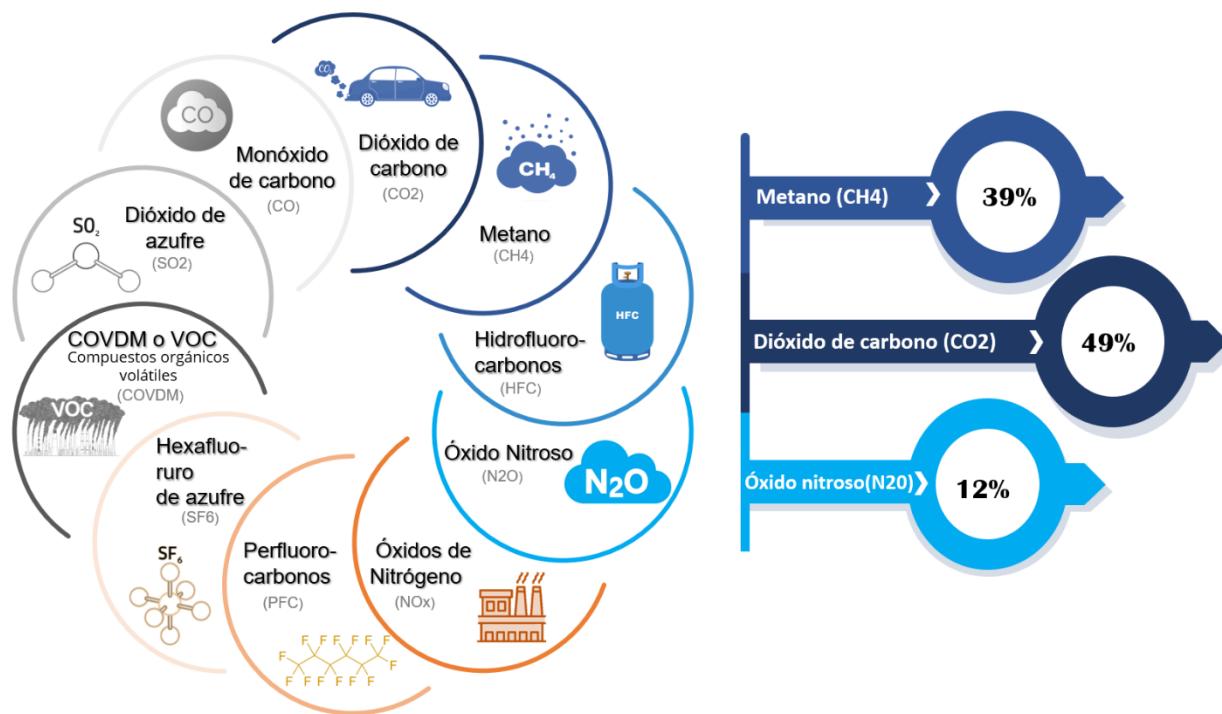
GAS PRECURSOR	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
NO _x	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1	1.3	1.4	1.5	1.5	1.3	1.3
CO	25.3	25.9	25.6	25.9	24.6	69.2	66.5	70.8	70.5	73.9	51.8	50.0	48.5	46.7	44.0	42.6	42.9	44.7	47.4	50.1	52.3	47.6	48.0
COVDM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR SECTORES

SECTORES	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1. Energia	4,256.2	4,814.2	4,721.8	5,713.2	5,114.8	5,191.1	6,137.9	5,402.0	5,887.8	5,612.7	5,674.5	6,274.0	7,076.3	7,026.0	8,582.7	9,195.4	10,191.4	10,193.5	10,149.8	10,178.9	11,415.9	11,548.5	11,245.9
2. IPPU	174.7	161.9	223.5	235.2	321.1	312.5	303.4	209.1	226.9	242.6	219.7	217.4	238.5	238.4	288.6	605.9	756.8	855.9	936.2	1,033.9	1,092.1	1,156.6	1,256.8
3. Agricultura	3,303.9	3,282.5	3,097.0	3,122.9	3,087.9	3,065.5	3,388.9	3,462.5	3,406.7	3,366.7	3,511.6	3,474.6	3,435.5	3,589.5	3,621.2	3,677.0	3,863.4	3,841.5	3,852.9	3,627.3	3,448.1	3,513.2	3,463.2
4. UTCUTS	-23,487.9	-23,437.2	-23,386.4	-23,335.6	-23,284.9	-23,234.1	-24,152.5	-25,071.0	-25,989.4	-26,907.8	-27,826.3	-27,899.3	-27,972.3	-28,045.3	-28,118.3	-28,191.3	-28,259.9	-28					

En la Tabla N° 6-65, se observa que los tres gases de efecto invernadero que más se emiten es el CO₂ con un 49%, seguido del metano CH₄ con un 39% y el Óxido Nitroso N₂O con un 12%, tal como se muestra en la Figura N° 6-43. Cabe señalar, que a medida que transcurren los años, la proporción del CO₂ en las emisiones totales se está incrementando. En la Gráfica N° 6-22 se observa que el sector que muestra el 100% de las absorciones, es el sector de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS).⁵³

Figura N°6-43: Gases de efecto invernadero



Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Tal como se aprecia en la Grafica N° 6-22, en el país, el sector con mayor emisión de GEI es el sector Energía; siendo el sector transporte, el que genera la mayoría de las emisiones de GEI, para este sector se analizaron las actividades de quema de combustibles, emisiones fugitivas de combustibles, transporte y almacenamiento de CO₂ reflejando un aumento del 65% en el período de años 2005 al 2013, aportando para el año 2013 un 45.7% de emisiones.

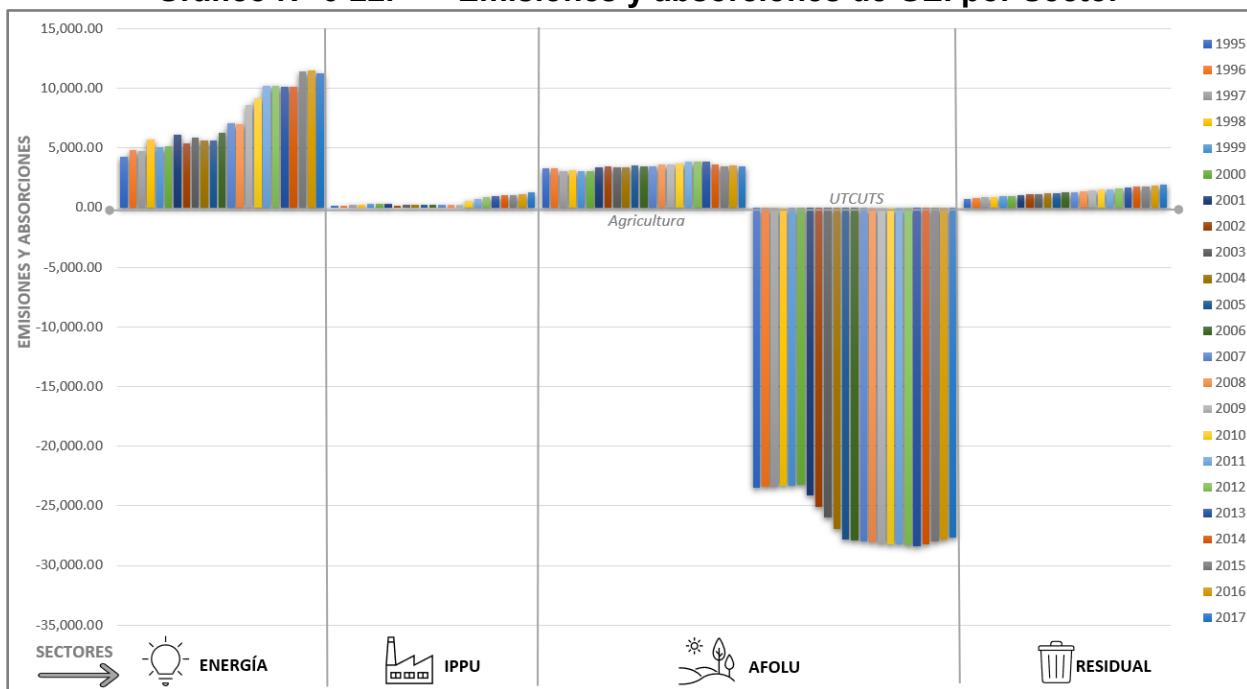
⁵³ Ministerio de Ambiente, 2020, Estrategia Nacional de Cambio Climático 2050.

El segundo sector con mayor emisión de GEI es el sector Agricultura, dentro del sector AFOLU (por sus siglas en inglés), para lo cual se analizaron las actividades de fermentación entérica, gestión de estiércol, cultivo de arroz, suelo agrícola, quema prescrita de sabanas, quema de residuos agrícolas en el campo, encalado, aplicación de urea, otros fertilizantes que contienen carbono, dando como resultado un aporte de 44.3% en el año 2013.

Desde el año 2004, el país ha establecido políticas para fomentar sistemas de generación eléctrica a partir de fuentes renovables y limpias como la Ley No. 45 de 2004; e incentivos específicos para tecnologías eólicas y solares por medio de Ley No. 44 de 2011 y Ley No. 37 de 2013, respectivamente. Adicionalmente, entre los años 2018 y 2020, se han desarrollado dos (2) proyectos piloto con buses eléctricos BYD de 9 y 12m, liderados por MiBus y operando en más de doce (12) rutas.

El Sector de Uso de La Tierra, Cambio de Uso de La Tierra y Silvicultura (UTCUTS) es el sector con mayor potencial para aportar a las acciones de mitigación, debido a capacidad de remover CO₂ de la atmósfera, para este sector se analizaron las tierras forestales, de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos, otras tierras, productos de madera recolectada.

En Panamá se han desarrollado diversas iniciativas para mantener y aumentar la cobertura boscosa del país, tales como: la gestión sostenible de bosques secundarios en tierras que estaban bajo uso agropecuario, la implementación de políticas y programas incluyendo la ley de delito ecológico y los programas de sensibilización ambiental, la creación de comarcas y territorios colectivos indígenas de áreas protegidas, el programa público-privado Alianza por el Millón de hectáreas reforestadas y la aprobación de la Ley 69 de 30 de octubre de 2017, que promueve la gestión forestal sostenible y el incremento de la cobertura forestal del país.

Gráfico N° 6-22. Emisiones y absorciones de GEI por Sector


Fuente: Elaborado por CSA Group Panamá, Inc. en base a los datos del Anexo digital del Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, Ministerio de Ambiente, 2020

Los resultados arrojados por el Informe de Inventarios Nacionales 2020 categorizan a Panamá como un país sumidero de carbono, resaltando el servicio nacional que presta el país a la crisis climática global. Es decir, se concluye que las tierras forestales panameñas capturan más carbono que el total de las emisiones de gases de efecto invernadero liberadas como resultado de la producción de bienes y servicios a nivel nacional. Estas emisiones nacionales están siendo compensadas por la cobertura forestal presente en el territorio nacional, debido al incremento anual de las existencias de carbono de sus bosques secundarios.

Ante este escenario el Metro de Panamá S.A. se suma a las acciones para mitigar la emisión de CO₂, mejorando la movilidad urbana en nuestro país mediante el Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable (PIMUS) desde el año 2015, el cual tiene como objetivo plantear la política de transporte y movilidad urbana para el área metropolitana de Panamá, con estrategias y planes de acción a corto, mediano y largo plazo, considerando todos los componentes del sistema de movilidad urbana, en estrecha vinculación con las

políticas de ordenamiento territorial y medioambientales, en coordinación con los distintos organismos involucrados en dichas políticas.

El Metro de Panamá, S.A. comprometido con la protección y preservación del medio ambiente de nuestro país, en conjunto con el Ministerio de Ambiente (MIAMBIENTE) y el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), participó como ejecutor de la Medida de Mitigación de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Nacionalmente Apropiada (NAMA por sus siglas en inglés) de Movilidad Urbana, con la finalidad de lograr obtener el financiamiento del Fondo Verde del Clima para desarrollar proyectos que sirvan de componente al Sistema Integrado de Transporte (SIT), contemplado dentro del PIMUS.

Según la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Panamá (CDN1), al año 2030, el escenario alternativo del Sector de Energía en términos de movilidad eléctrica incluye metas conservadoras de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME) y la evolución de transporte público según PIMUS, MIBUS y METRO. Específicamente, vehículos eléctricos en 10% de flotas privadas, 25% en vehículos particulares, 20% en transporte público y 30% en flotas oficiales, incluye incentivos no fiscales.

Las áreas que comprende el plan de acción del NAMA de Movilidad Urbana Sostenible, son: Panamá, San Miguelito, Arraiján, La Chorrera y Chepo, con este plan de acción no solo se reducirá las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también abrirá el compás para la transformación de la movilidad actual hacia una más sostenible.

- **Líneas de acción para el Programa Nacional de Movilidad Urbana, son:**
 - Integrar los sistemas de transporte multimodal;
 - Diversificar el uso de suelo que facilite la accesibilidad a centros de actividad;
 - Facilitar conectividad en la malla vial;
 - Incremento de densidad de población y empleo por km²;
 - Reducción de distancia al Transporte Público cercana a las áreas donde se necesita el servicio;

- Diseño y construcción de infraestructuras para usuarios no motorizados (diseño orientado al peatón);
 - Desarrollar destinos accesibles a centros de actividad;
 - Establecer controles de emisiones vehiculares más estrictos;
 - Promover el uso de vehículos que utilicen fuente de energía alternativa;
 - Promover el uso de materiales alternativos en la construcción de carreteras.
-
- **Beneficios Ambientales y Sociales son:**
 - Mejora en la calidad del aire.
 - Disminución de la contaminación por ruido.
 - Incremento de la equidad social.
 - Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.
 - Disminución de la Vulnerabilidad climática del sector.
-
- **Beneficios de un desarrollo orientado al transporte masivo sostenible**
 - Generación de crecimiento y desarrollo económico: atrae la inversión, genera empleos y a su vez aumenta las ventas de los negocios en la zona.
 - Incremento de pasajeros en los medios de transporte: Una gran población vivirá y trabajará cerca de estaciones de transporte público. Lo que traerá mayores ingresos por pasaje a los sistemas de transporte público.
 - Oportunidad de desarrollo conjunto entre el gobierno y la iniciativa privada: los desarrolladores privados cubran parte de la totalidad de la infraestructura y la operación del transporte público permitiendo generar ahorros a la administración pública.
 - Revitalización de Barrios: por medio de políticas públicas, referentes a empleos, vivienda y seguridad, se puede usar como catalizadores de cambio en una zona.
 - Incremento de viviendas asequibles: al permitir la verticalidad y aumentar la densidad, se reduce la huella urbana.

El Metro de Panamá, S.A. con el Proyecto del Cruce de la Línea 3 por debajo del Canal de Panamá, continúa desarrollando proyectos amigables con el ambiente, realizando una sustitución al uso de combustibles (gasolina, diesel) por energía eléctrica, por lo cual no emite gases contaminantes y no afecta las condiciones ambientales de la ciudad.

6.11.2. Evaluación de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático

El Capítulo N° 5 del presente estudio contempla la descripción del proyecto y las actividades requeridas para la construcción; a continuación, se analizan algunas variables y amenazas climáticas que pudiesen ejercer alguna influencia sobre el proceso constructivo del proyecto (Ver Tabla N° 6-66).

Tabla N°6-66: Variables y amenazas climáticas durante el proceso constructivo

COMPONENTES DE PROYECTO	VARIABLES CLIMÁTICAS	AMENAZAS CLIMÁTICAS
Tramo Soterrado	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la Precipitación y lluvias extremas • Temperaturas Extremas, frecuencia y magnitud 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del Nivel del Mar • Erosión costera
Estación Balboa	Aumento de la Precipitación y lluvias extremas	<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones • Deslizamiento de tierra
<ul style="list-style-type: none"> • Trinchera Este y Oeste • Pozo de ventilación • Pozo de evacuación • Pozo de bombeo 	Aumento de la Precipitación y lluvias extremas	<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones • Deslizamiento de tierra
<ul style="list-style-type: none"> • Campamento • Áreas Auxiliares 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la Precipitación y lluvias extremas • Temperaturas Extremas, frecuencia y magnitud • Velocidad máxima del viento • Radiación Solar 	<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones • Deslizamientos de Tierra • Erosión de Suelos • Cambios en la composición de los suelos • Calidad de Aire

Fuente: CSA Group Panamá, Inc.

Algunas de las actividades de la fase de construcción del proyecto, como remoción de la vegetación, movimiento de tierra, movimiento y operación de equipo pesado y maquinarias, podrían incidir sobre el microclima, reflejando cambios en la

temperatura local, precipitación, radiación solar, velocidad del viento y la reducción de la humedad. A continuación, se describen algunas de las amenazas climáticas identificadas:

- **Inundaciones**

El aumento de la precipitación se considera como una sensibilidad climática alta ya que puede tener como efecto secundario las inundaciones y deslizamientos. En los Tramos 1 y 2 del lado Este se identificaron dos (2) zonas que presentan eventos de inundación pluvial, específicamente entre la Ave. Ascanio Arosemena a la altura del Edificio N° 69 de la ACP y la Avenida Emanuel Vergara frente a Panama Ports Company, dentro de esta área está contemplada construir la Estación Balboa. Se prevé que este evento de inundación puede ser producto de la obstrucción o saturación del sistema pluvial, las cuales resultan ineficaces para drenar y redireccionar el flujo de las aguas.

- **Deslizamiento de tierra**

En el Tramo 2, lado Oeste del proyecto, específicamente en el área circundante al Campamento PK 5+200 y PK 5+800 las pendientes son generalmente entre moderadamente empinadas y empinadas con superficies onduladas, siendo estas áreas potenciales a deslizamientos de tierra.

Actualmente la cubierta vegetal en esta área ejerce su función como protectora del suelo ante las amenazas de erosión y deslizamiento; sin embargo, al eliminar la capa vegetal se pierde el bloqueo de los rayos solares durante el día y contribuye a la aparición de cambios de temperatura más extremos, inundaciones, deslizamiento de tierra, erosión del suelo, cambios en la composición de los suelos y afectación a la calidad del aire, todo esto producido por el aumento de las lluvias, las temperaturas extremas, la velocidad máxima del viento y la radiación solar.

Los árboles desempeñan un papel crucial en la absorción de gases de efecto invernadero, responsables del calentamiento global. Tener menos bosques significa emitir más cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera y una mayor velocidad y gravedad del cambio climático.

- **Calidad de Aire**

Los principales impactos a la calidad del aire durante la fase de construcción están asociados a las emisiones de partículas debido a las áreas desprovistas de vegetación, almacenamiento de materiales (cemento, grava, arenas, otros) y el movimiento de tierra. También están las emisiones de gases provenientes de los escapes de la maquinaria y vehículos utilizados por el proyecto (CO, NO_x, SO₂, hidrocarburos no quemados).

- **Aumento del Nivel del Mar y Erosión Costera⁵⁴**

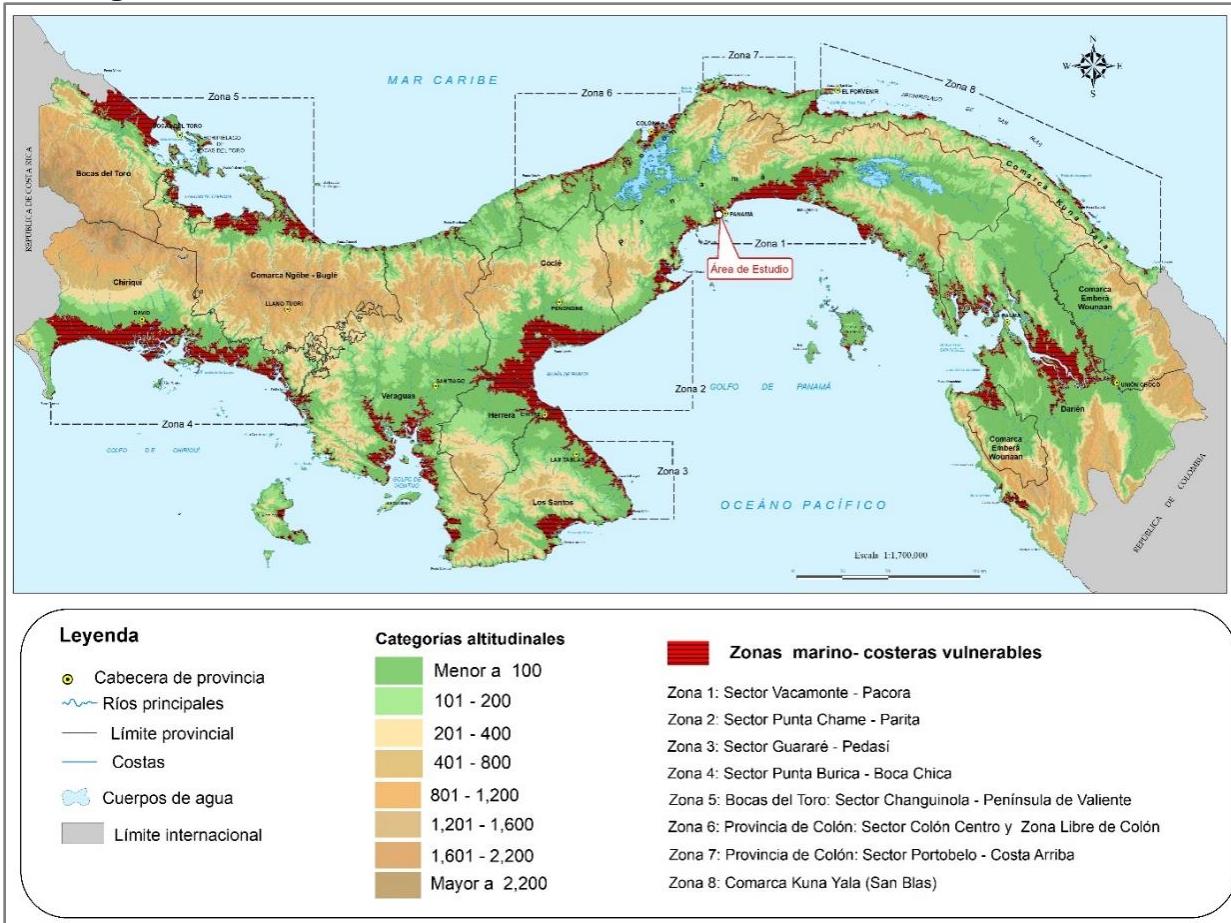
Con la ratificación de Panamá de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la UTCC realizó un estudio sobre la vulnerabilidad de las zonas costeras al cambio climático, de acuerdo con la metodología descrita por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés). El estudio se enfocó únicamente a los efectos del aumento acelerado del nivel del mar, el cual provocaría inundaciones, erosión, crecidas y marejadas, de acuerdo con los escenarios climáticos previstos para Panamá.

Producto de este estudio, se identificaron ocho zonas de exposición, tal como se observa en la Figura N° 6-44. Los resultados muestran que las principales consecuencias previstas para la variación en el nivel mar son la ocurrencia de inundaciones debido al desplazamiento de humedales y costas bajas; así como, la erosión de la línea costera. Otros de los impactos asociados fueron el aumento de la salinidad en los estuarios y la amenaza a los acuíferos de agua dulce; el incremento de las inundaciones por tormenta;

⁵⁴ Atlas Ambiental de la República de Panamá, 2010

la alteración de la amplitud de la marea en ríos y bahías; la alteración de los patrones de sedimentación y el decrecimiento de la cantidad de luz que reciben los fondos marinos.

Figura N°6-44: Zonas marino costeras vulnerables al cambio climático



Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá, 2010

Podemos concluir que las afectaciones del cambio climático tendrán un impacto significativo en las infraestructuras, por lo tanto, es primordial identificar los riesgos y desarrollar los sistemas de prevención acorde a las necesidades y el alcance de los impactos. La infraestructura es una prioridad en temas de adaptación dado que su rendimiento es sensible al clima, particularmente a eventos extremos por lo cual es importante promover criterios climáticos en el diseño de infraestructura y de esta manera liderar una cultura de infraestructura sostenible en Panamá.

En el Capítulo N° 10 del presente estudio se presenta el Plan de Manejo Ambiental el cual plantea medidas para minimizar, mitigar y/compensar los posibles impactos relacionados al cambio climático.