



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



PROYECTO: "Nuevo edificio de la Policía Penitenciaria y Construcción de espacios de alojamiento para la población privada de libertad por delitos por crimen organizado en el CAI Jorge Arturo Montero Castro"

Ministra de Justicia y Paz Fiorella María Salazar Rojas
Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes
Departamento de Infraestructura Penitenciaria
San Rafael, Alajuela
Noviembre, 2020
DGS-20-110



Código de Acceso Rápido

El código de acceso rápido (QR) es un método para acceder a este estudio de manera digital.

Para poder acceder a los contenidos del código debe disponer de un teléfono móvil con cámara y de un programa que sea capaz de descodificarlo.



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



San José, 10 de noviembre del 2020

Señores
Fiorella Salazar Rojas
Ministra de Justicia y Paz
Ing. Diego Venegas Sandí
Ing. Carlos Monge Galdamez
Ing. Diego Solano Leandro
Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes
Departamento de Infraestructura Penitenciaria
Presentes

DGG-20-110

Estimados señores:

Por medio de la presente, se atiende la solicitud realizada por el Departamento de Infraestructura Penitenciaria del Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes del Ministerio de Justicia y Paz, para la elaboración del estudio de geología del proyecto, que integra los apartados de geología básica del terreno, hidrogeología ambiental local y el estudio de amenazas y riesgos de la zona circundante, efectuadas para el lote con plano de catastro número A- 151437- 1993, ubicado en el distrito 08° San Rafael, del cantón 01° Alajuela, de la provincia 02° Alajuela.

En este sitio se desarrollará la construcción de espacios de alojamiento para población privada de libertad por delitos por crimen organizado en el CAI Jorge Arturo Montero Castro y el nuevo edificio de la Policía Penitenciaria en el CAI Jorge Arturo Montero Castro ambos proyectos dentro de la propiedad registral del Estado bajo el nombre Carcel La Reforma, todo de acuerdo con las especificaciones indicadas en el pliego de condiciones, dentro del proceso de compra directa número 2020CD-000009-0012600001 **“Servicios profesionales para la elaboración de dos estudios ambientales para la obtención de viabilidad ambiental y un estudio de suelos”**

En este informe se describe la investigación efectuada en el campo, lo que permitió obtener la información básica para dar las recomendaciones que, desde el punto de vista de geología, hidrogeología y evaluación de amenazas, deberán considerarse en los diseños y construcción de estructuras en el sitio de interés.



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



En espera de continuar colaborando con ustedes en el desarrollo de sus proyectos y quedando a sus órdenes para cualquier consulta del informe.

Atentamente,

Geól. José Fabio Chavarría Castillo
Consultor en Geología
CGCR-456

cc. Archivo



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



San José, 10 de noviembre del 2020

**SEÑORES
SECRETARÍA TÉCNICA AMBIENTAL
PRESENTE**

Estimados señores:

Se presenta el informe correspondiente al protocolo para el estudio de geología del terreno, que integra los apartados de geología básica del terreno, hidrogeología ambiental local y el estudio de amenazas y riesgos de la zona circundante, efectuadas para el lote con plano de catastro número A-151437- 1993, ubicado en el distrito 08° San Rafael, del cantón 01° Alajuela, de la provincia 02° Alajuela. En este sitio se desarrollará la construcción de espacios de alojamiento para población privada de libertad por delitos por crimen organizado en el CAI Jorge Arturo Montero Castro y el nuevo edificio de la Policía Penitenciaria en el CAI Jorge Arturo Montero Castro ambos proyectos dentro de la propiedad registral del Estado bajo el nombre Carcel La Reforma.

El informe se ajusta al contenido temático de la Sección II, apartado 7 del Documento de Evaluación Ambiental D1 (decreto N°32712- MINAE). Son conocidas y aceptadas las condiciones, términos y requisitos establecidos por el numeral 9 “Responsabilidad profesional por la información aportada”, del anexo 6, sección II del “Manual de instrumentos técnicos para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental”, Parte II, publicado en el alcance N°43 de la Gaceta N° 223 del 18 de noviembre del 2005.

Se da fe de que todos los datos aquí aportados son ciertos y verídicos, ajustados a la fase de investigación correspondiente.

Sin más por el momento,

Geól. José Fabio Chavarría Castillo
Consultor en Geología
CI-250-18



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



DOCUMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL

El suscrito, Jose Fabio Chavarría Castillo, portador de la cédula de identidad número 1-1585-0359, profesional en Geología, incorporado al Colegio de Geólogos de Costa Rica, número de colegiado CGCR-456, consultor inscrito en la Secretaría Técnica Nacional Ambiental, según registro CI-250-18-SETENA, cuya vigencia se encuentra hasta el día 30 de enero de 2021 manifiesto ser responsable directo de la información técnica científica que se aporta en el presente documento, la cual se elaboró para el proyecto denominado: “2020CD-000009-0012600001 Servicios profesionales para la elaboración de dos estudios ambientales para la obtención de viabilidad ambiental y un estudio de suelos”, el cual se desarrollará en el plano catastrado número: A- 151437- 1993, finca 2-38105-000.

En virtud de ello, someto los datos geológicos, hidrogeológicos y de gestión de riesgo, al conocimiento de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), como autoridad en materia de evaluación de impacto ambiental del Estado costarricense, con el objetivo que sean analizados y se constate que los mismos han cumplido con los lineamientos técnicos y normativos establecidos.

Tengo presente que en apego al artículo 5 del Decreto Ejecutivo 32712-MINAE, la información contenida de estos datos, se presenta bajo el concepto de Declaración Jurada y a conocimiento y conciencia de que dicha información es actual y verdadera, y que en caso de contrario pueden derivarse consecuencias penales de hecho.

Por lo cual, manifiesto que, de encontrarse alguna irregularidad en la información será responsable no sólo por esta falta, sino también por las consecuencias de decisión que a partir de la información suministrada pudiera incurrir la SETENA y el desarrollador.

Geól. José Fabio Chavarría Castillo
CI-250-18



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



Tabla de Contenido

I. RESUMEN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES GEOLÓGICAS	1
II. INTRODUCCIÓN	4
III. OBJETIVOS DEL TRABAJO	6
III.I. Objetivo del Estudio de Suelos	6
III.II. Objetivos Específicos	6
IV. TRABAJO REALIZADO	8
V. GEOLOGÍA BÁSICA DEL TERRENO	10
V.I. Unidades geológicas superficiales y del subsuelo superior	10
V.I.I. Contexto Geológico Regional	10
V.I.II. Contexto Geológico Local del Área del Proyecto	11
V.I.III. Características texturales, composicionales y físico-mecánicas	12
V.I.IV. Subsuelo del Área del Proyecto	13
V.II. Geomorfología	14
V.II.I. Formas de Origen Denudacional (D)	14
V.II.I.I. Laderas denudacionales de pendiente baja (3 - 8°) [D1]	14
V.II.I.II. Laderas denudacionales de pendiente moderada (9 - 30°) [D2]	15
V.II.II. Formas de Origen Fluvial (F)	15
V.II.II.I. Cárcavas y cañones fluviales [F1]	15
V.II.II.II. Abanicos aluviales activos [F2]	16
V.II.III. Cauces dentro del Área del Proyecto	16
V.III. Procesos asociados a la Geodinámica Externa	17
VI. HIDROGEOLOGÍA BÁSICA DEL TERRENO	19
VI.I. Datos hidrogeológicos del entorno inmediato	19
VI.I.I. Levantamiento de manantiales y captaciones en el campo	19
VI.II. Condiciones hidrogeológicas	19
VI.II.I. Propiedades básicas del acuífero subyacente	20
VI.II.II. Análisis de vulnerabilidad a la contaminación	21
VI.II.III. Cálculo del tránsito de contaminantes	22
VI.II.IV. Modelado hidrogeológico local	23



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



VII.AMENAZAS Y RIESGOS NATURALES DEL ÁREA DEL PROYECTO	24
VII.I.Marco tectónico regional	24
VII.II.Potencial de licuefacción	24
VII.III.Sismicidad histórica	25
VII.IV.Amenaza volcánica	25
VII.V.Amenaza por inundación	25
VII.VI.Amenaza por inestabilidad de laderas	25
VIII.Conclusiones Geológicas	26
IX. DISCUSIÓN SOBRE LOS GRADOS DE INCERTIDUMBRE Y ALCANCE DEL ESTUDIO	29
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
XI. ANEXOS DEL ESTUDIO DE GEOLOGÍA INTEGRADA	31
A.- MAPA GEOLÓGICO REGIONAL	31
B.- MAPA GEOMORFOLÓGICO Y MAPA DE PENDIENTES	33
C.- MAPA HIDROGEOLÓGICO Y REGISTRO DE POZOS UTILIZADO	37
D.- MAPA DE SISMICIDAD HISTÓRICA	45
E.- PLANO APORTADO POR EL CLIENTE	47



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



I. RESUMEN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES GEOLÓGICAS

Se describe a continuación el detalle de la investigación geológica integrada del terreno para la caracterización de varios índoles para el proyecto “2020CD-000009-0012600001 Servicios profesionales para la elaboración de dos estudios ambientales para la obtención de viabilidad ambiental y un estudio de suelos”, ubicado en el distrito 08° San Rafael, del cantón 01° Alajuela, de la provincia 02° Alajuela, según la División Territorial Administrativa de la República de Costa Rica. En este sitio se desarrollará la construcción de espacios de alojamiento para población privada de libertad por delitos por crimen organizado en el CAI Jorge Arturo Montero Castro y el nuevo edificio de la Policía Penitenciaria en el CAI Jorge Arturo Montero Castro ambos proyectos dentro de la propiedad registral del Estado bajo el nombre Carcel La Reforma.

De la investigación realizada, se pueden concluir los siguientes aspectos:

No es posible identificar afloramientos en el área del proyecto debido a los espesores elevados de suelos presentes. Entre las características importantes de mencionar es la presencia de pendientes muy bajas que permiten el acceso y la constante modificación del terreno por efectos antrópicos debido a su localización en una zona con uso de suelo definido con base al Plan Regulador del cantón de Alajuela.

Se delimita una única unidad geológica que corresponde a los depósitos de ceniza provenientes de los volcanes Barva y Poás los cuales, junto con la meteorización de la **Formación Tiribí** determinada en el área por Protti (1986), Denyer & Arias (1991), Ramírez & Alfaro (2002) y demás autores, producen espesores de suelo considerables con altos índices de plasticidad asociado a la hidratación de las arcillas minerales.

Geomorfológicamente, se detectan unidades de génesis denudacional y fluvial. Se realiza una reclasificación del mapa de pendientes en las cuales se agrupan en función del uso del Suelo respecto a su porcentaje proporcional a la inclinación, basado en el artículo 59, 71 y 72 de la ley Orgánica del Ambiente y de los votos de la Sala IV N° 3705-93, 4423-93, 2002- 6515, y 2003- 06324. El AP yace sobre laderas denudacionales de pendiente baja (3 - 8° de inclinación).

Debida a la localización del proyecto en una zona de pendientes planas y la lejanía de valles de inundación, no se identifica la presencia de factores asociados a la inestabilidad que puedan comprometer el área del proyecto o la vida de los usuarios.

Se utilizaron 255 registros de pozos para la evaluación de la hidrogeología ambiental del presente informe técnico. Asimismo, se detecta la presencia de 7 nacientes en la proximidad del área del proyecto.



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



En el recorrido del AP no fueron detectados captaciones o manantiales, dado que los registros detectados en la proximidad se encuentran resguardados por las políticas asociadas a la Carcel La Reforma. Sin embargo, se evidencia la presencia de los registros AB-319, AB-564, AB-686, AB-642, AB-1165, AB-1340 y AB-2319 dentro del predio A- 151437- 1993. La base de datos indica la naciente más próxima a 1,491 km de distancia,

Se identifican depósitos volcánicos y epi-volcanoclasticos superiores de una colada de lava fluidal, así como depósitos de caída de ceniza y descomposición de la roca madre, que componen lo que sería un acuífero poroso semiconfinado, cubierto por materiales arcillosos. Dados los registros de pozos, el gradiente hidráulico crítico es de **0,113** para el área del proyecto, tomando en cuenta la distancia entre las isofreáticas locales y la diferencia de altura entre ellas. Asimismo, es clave identificar que la profundidad del nivel freático respecto al nivel de elevación del AP, corresponde a un promedio de 86,0 m

De acuerdo al mapa hidrogeológico regional de Fernández (1968) y Pérez (2000), así como la interpretación respecto a la continuidad lateral de las unidades y su correlación con el mapa de Denyer & Arias (1991), se identifican las unidades acuíferas Formación Colima y la Formación Tiribí.

Por tanto, se asocia el nombre de estas unidades a los acuíferos detectados en la cartografía hidrogeológica según BGS & SENARA (2002), cuya unidad acuífera son las lavas fracturadas cuyo potencial hídrico es elevado y se asocia su capacidad de transmisividad a fracturamiento secundario, así como a su grado elevado de porosidad. El potencial de explotación de agua ronda entre los 1,0 l/s hasta los 15,0 l/s y una profundidad del nivel estático entre los 5,0 m hasta los 73,3 m dependiendo de la zona.

La definición de los parámetros da como resultado que la vulnerabilidad del acuífero no confinado se sitúa en valores de 0,06. Dicho valor dicta que la vulnerabilidad del acuífero es despreciable debido a la poca trasmisividad del suelo suprayacente y la elevada profundidad del nivel freático en la zona de estudio

El tiempo de tránsito de contaminantes cumple con la norma de los 70 días como mínimo para la degradación total de la bacteria *Escherichia Coli* y similares, por lo que para un espesor M de la zona no saturada inferior al espesor de la zona no saturada detectada en campo a partir del modelo hidrogeológico local con la superficie equipotencial del agua, no existe amenaza de contaminación al acuífero por tránsito de contaminante

Para el caso analizado, se descarta el fenómeno de licuefacción, debido a la presencia de suelos cohesivos y presencia de roca meteorizada con matriz arcillosa (lahares meteorizados).



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



Asimismo, la magnitud mayor evidenciada para el sitio de interés corresponde a la de un sismo de 3,8 Mw en los últimos 50 años, por lo que no corresponde con una zona sísmicamente activa. Se descarta el efecto de amenaza por licuefacción del suelo, inundación, efectos volcánicos e inestabilidad de taludes y laderas regionalmente hablando.

Por la aglomeración de los factores anteriormente mencionados, la fragilidad ambiental del terreno o geoptitud, es catalogada como de fragilidad ambiental **baja a muy baja**, siempre y cuando se tomen en cuenta las medidas correctivas al respecto, para ello, es necesario la integración desde un punto de vista ingenieril que contemple en sus soluciones un equilibrio sostenible conforme a impactos sociales y biológicos se refiere.

El área del proyecto perteneciente al centro Penitenciario La Reforma corresponde a una zona ya impactada, por lo que esto correspondió a una variable considerable para asignar su índice de fragilidad ambiental. Empero, la zona donde se desarrollará el proyecto constructivo, evidencia la predominancia de un uso de suelo agropecuario en su mayoría.

Cualquier condición no indicada en este informe se deberá consultar.



II. INTRODUCCIÓN

D'GEO fue contratada por el Departamento de Infraestructura Penitenciaria del Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes del Ministerio de Justicia y Paz, para la elaboración del estudio de geología del proyecto, que integra los apartados de geología básica del terreno, hidrogeología ambiental local, así como el estudio de amenazas y riesgos de la zona circundante, efectuadas para el lote con plano de catastro número A-151437- 1993, ubicado en el distrito 08° San Rafael, del cantón 01° Alajuela, de la provincia 02° Alajuela.

En este sitio se desarrollará la construcción de espacios de alojamiento para población privada de libertad por delitos por crimen organizado en el CAI Jorge Arturo Montero Castro y el nuevo edificio de la Policía Penitenciaria en el CAI Jorge Arturo Montero Castro ambos proyectos dentro de la propiedad registral del Estado bajo el nombre Cárcel La Reforma, todo de acuerdo con las especificaciones indicadas en el pliego de condiciones, dentro del proceso de compra directa número 2020CD-000009-0012600001 “**Servicios profesionales para la elaboración de dos estudios ambientales para la obtención de viabilidad ambiental y un estudio de suelos**”



*Figura #II.1: Ubicación del Proyecto
Tomado de ubicación con Google Earth y Apple Maps.



El sitio en estudio se puede ubicar aproximadamente cercano al cuadrante con coordenadas 474000-476500 Oeste y 1099500-1102000 Norte según las proyecciones CRTM05. Estas coordenadas se encuentran en la hoja cartográfica Abra, número 3345-I escala 1:50000 y localmente en la hoja cartográfica Lindora, número 3345-I-6, del Instituto Geográfico Nacional.

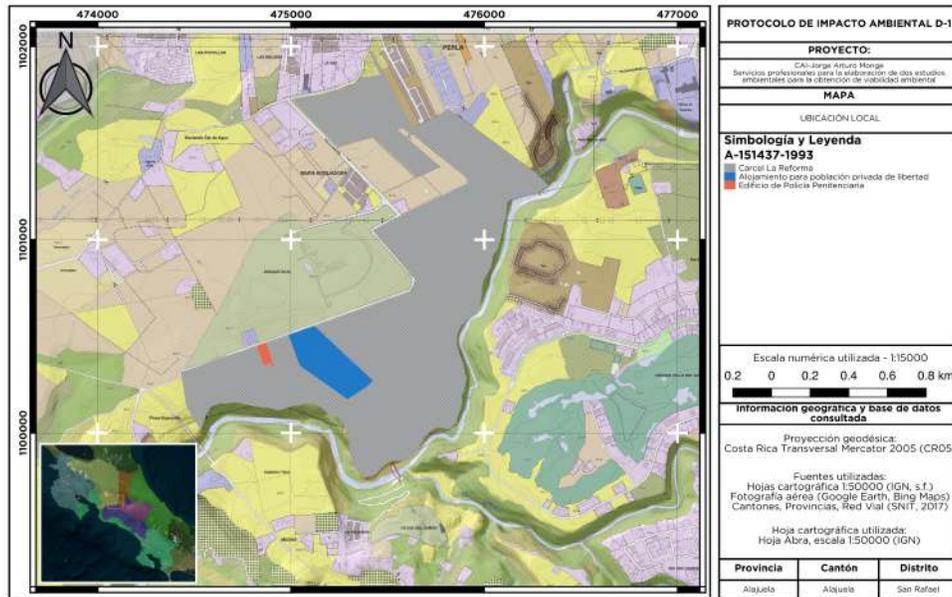


Figura #II.II: Ubicación del Proyecto. Hoja cartográfica Lindora.

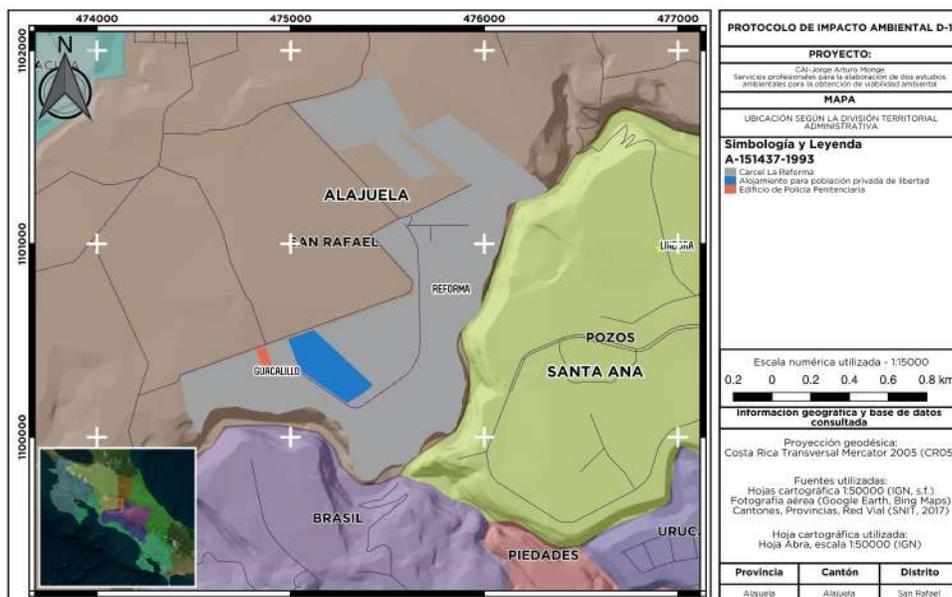


Figura #II.III: Ubicación del Proyecto según la División Territorial de Costa Rica (QGIS).



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



III. OBJETIVOS DEL TRABAJO

El objetivo general del estudio fue delimitar las unidades geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas existentes en el sitio, que desde el punto de vista de geoptitud brindan parámetros básicos para determinar la fragilidad del sitio, dando como punto de inicio un análisis regional de las condiciones existentes en el subsuelo, aunado a los factores generadores de amenazas ligados a la geodinámica externa.

III.I. Objetivo del Estudio de Suelos

Determinar las unidades geológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas del área del proyecto, así como los posibles factores asociados a amenazas geológicas, tomando en cuenta consideraciones tanto locales como regionales que sintetizen todas las características de los materiales superficiales respecto a su geoptitud.

III.II. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos son los pasos realizados con el objetivo de cumplir el objetivo general, estos son:

- Identificar a partir de una visita al sitio, las condiciones de geodinámica externa presentes.
- Indicar el contexto geológico de la región analizada, a una escala 1:10000.
- Realizar un levantamiento geológico de campo de las unidades aflorantes en sitio.
- Sintetizar las características texturales, composicionales y físico-mecánicas observadas en las unidades aflorantes de roca.
- Analizar a escala menor a 1:10000 la geomorfología y predominancia de pendientes en la zona.
- Elaborar mapas a escalas óptimas según sus distintos ejes geológicos de análisis.
- Definir el modelo teórico de flujo de aguas subterráneas del terreno, a partir de los datos hidrogeológicos disponibles, con el fin de determinar vulnerabilidad de los acuíferos.
- Identificar las amenazas geológicas relacionadas con la geodinámica externa en el sitio del proyecto.



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



-
- Determinar la geaptitud del terreno desde un punto geológico, ambiental y de gestión de riesgos.
 - Brindar recomendaciones y factores a tomar en cuenta para que el proyecto presente viabilidad.



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEO TÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



IV. TRABAJO REALIZADO

El trabajo realizado consistió en una visita de reconocimiento al sitio de interés. Mediante una investigación bibliográfica a detalle, se generó la interpretación del contexto geológico regional, así como la geomorfología de la zona con el sistema de información geográfica QGIS y la implementación de las Hojas del proyecto Terra 2002.

Posteriormente se procede a generar un mapa de pendientes para analizar las zonas comprometidas a una escala menor (1:15000), lo cual indicaría posibles zonas en las cuales un deslizamiento puede activarse, para posteriormente reclasificarlas y agruparlas en función del uso del Suelo respecto a su porcentaje proporcional a la inclinación, basado en el artículo 59, 71 y 72 de la ley Orgánica del Ambiente y de los votos de la Sala IV N° 3705-93, 4423-93, 2002- 6515, y 2003- 06324.

Para la definición de unidades geomorfológicas, se siguió la nomenclatura propuesta por ITC (2009), así como la descripción enfocada en determinar la mayoría de parámetros morfométricos de cada geoforma determinada alrededor del proyecto en estudio.

Se realizó un levantamiento geológico de campo y la descripción visual del subsuelo superficial. Se definieron unidades geológicas y a parte de observaciones visuales se obtuvieron las características texturales, composicionales y físico-mecánicas correlacionadas de las rocas presente en sitio, en correlación con el estudio de suelos.

Posteriormente, con la información descrita anteriormente, se procedió elaborar un modelo geológico para que la mayor cantidad de información fuera integrada en el mismo y se pudiera representar adecuadamente las condiciones generalizadas de la zona de estudio.

A partir de la base de datos del SENARA y MINAE, se procede a obtener la mayor cantidad de registros de pozos representativos y con informe litológico e hidrogeológico, para la definición del modelo conceptual de vulnerabilidad de la zona respecto a la contaminación de acuíferos.



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



Finalmente, se lleva a cabo el análisis estructural y geotectónico del AP, con el fin de identificar amenazas geológicas ligadas a deslizamientos, actividad neotectónica o potencial de riesgo a la licuefacción del terreno, basado en observaciones tanto de campo como consultas bibliográficas. Para ello, se acoplan los registros obtenidos del catálogo de sismos de la RSN (2018) indicando la magnitud de los mismos registrados en la cercanía del proyecto.

Con base en esta información, el gabinete integrado por el geólogo José Fabio Chavarría Castillo en ejecución y la Ing. Stephanie Hernández Montero en proceso de revisión, procedieron a ejecutar el análisis geológico correspondiente desde los distintos puntos de vista técnicos, que permitieron dar las recomendaciones asociadas con las obras proyectadas para el sitio.



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



V. GEOLOGÍA BÁSICA DEL TERRENO

V.I. Unidades geológicas superficiales y del subsuelo superior

El presente apartado describe las unidades geológicas que conforman el subsuelo superior y la superficie del terreno, de manera que es buscada una definición tanto bibliográfica regional, como local de los materiales percibidos a partir de la visita al área del proyecto.

Con base a los parámetros texturales y composicionales, se aportan propiedades geomecánicas que deben ser integradas en el estudio de mecánica de suelos básico y consideradas en el diseño propuesto para el sitio.

En este apartado se analiza específicamente:

V.I.I- Contexto Geológico Regional

V.I.II- Contexto Geológico Local del Área del Proyecto

V.I.III- Características texturales, composicionales y físico-mecánicas

V.I.IV- Subsuelo del área del proyecto

V.I.I. Contexto Geológico Regional

El proyecto estudiado, se sitúa en un terreno con pendientes muy bajas y una topografía altamente plana, cercano a las terminaciones de las faldas de uno de los volcanes activos de la era Neógena, el volcán Barva. Estas características, hacen referencia a la interpretación de un basamento descrito por varios autores a lo que se le conoce actualmente como la **Formación Tiribí**.

La cartografía a detalle más cercano al proyecto es realizado por Denyer & Arias (1991), en el cual ubican a la Formación Tiribí en el cuadrante NW de la hoja Abra, adyacente al sur de la hoja Barva en la cual se localiza el presente estudio. Denyer & Alvarado (2007) cartografiando a escala 1:450000 determinan que las unidades que se encontrarían aflorando corresponderían con depósitos volcánicos del Pleistoceno (lavas, tefras, *debris avalanches* y *debris flows* de una edad según dataciones radiométricas menor a 0,2 Ma), así como una pequeña parte de las ignimbritas y tobas del Pleistoceno descritas anteriormente.

Seguidamente, Ruiz (2010; 2012) cartografía a detalle las faldas del volcán Poás y coincide con el nombramiento por los autores anteriores al catalogar como unidades del volcán Barva, a los depósitos que se encuentren al oeste del poblado de San Pedro de Alajuela, correspondiendo con la Formación Tiribí en las zonas planas y con la Formación Colima en los cañones.



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



Williams (1952), le asigna el nombre de Avalancha Ardiente y la describe como una capa inferior pumícea sobreyacida por ignimbritas, consolidadas e inconsolidadas, Echandi (1981) la define hidrogeológicamente como Miembro la Caja y la caracteriza como materiales de muy baja permeabilidad, que sin embargo permiten una recarga lenta hacia los acuíferos inferiores y a su vez funcionan como una protección natural de los acuíferos inferiores contra los agentes contaminantes.

Según Kussmaul (1988) las formaciones Tiribí y Colima presentan geomorfologías muy similares ya que se cree que ninguna es producto de la actividad de los volcanes de la Cordillera Volcánica Central.

Pérez(2000) la describe con un mayor detalle, siendo formación compuesta de ignimbritas soldadas con facies no consolidadas, encontrando fiammes de obsidiana, lítoclastos lávicos en una matriz vítrea gris clara rica en cristales de plagioclasa, piroxenos y magnetita, con shards, asimismo le asigna su génesis al colapso de la caldera del Paleo- Barva. Pérez et al.(2006) mediante dataciones radiométricas se le asigna una edad de 324 ka.

V.I.II. Contexto Geológico Local del Área del Proyecto

No es posible identificar afloramientos en el área del proyecto debido a los espesores elevados de suelos presentes. Entre las características importantes de mencionar es la presencia de pendientes muy bajas que permiten el acceso y la constante modificación del terreno por efectos antrópicos debido a su localización en una zona con uso de suelo definido con base al Plan Regulador del cantón de Alajuela.

Se delimita una única unidad geológica que corresponde a los depósitos de ceniza provenientes de los volcanes Barva y Poás los cuales, junto con la meteorización de la **Formación Tiribí** determinada en el área por Protti (1986), Denyer & Arias (1991), Ramírez & Alfaro (2002) y demás autores, producen espesores de suelo considerables con altos índices de plasticidad asociado a la hidratación de las arcillas minerales.

Estos materiales poseen características texturales una vez que se meteorizan similares a los de los geomateriales detectados en el estudio de ingeniería básica del terreno.



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



V.I.III. Características texturales, composicionales y físico-mecánicas

Se resumen e integran las características texturales y composicionales determinadas en campo. Las mismas siguen las estipulaciones según el La Resolución RES-840-2018 de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental, con respecto al mínimo de propiedades que deben mencionarse para los cuerpos rocosos observados.

Unidad Geológica 1: Espesor variable aproximado determinado entre 3,0 m hasta 5,0 m (No buzante).

Unidad depósitos de ceniza

Textura: No determinable.

Granulometría: Grano fino por su transición a suelo y matriz limo-arcillosa

Fábrica: Anisotrópica.

Selección: Buena selección.

Composición: No determinable, presencia de arcillas volcánicas en el suelo

Tipo de alteración: Arcillítica y oxidación.

Grado de alteración: Muy alto.

Grado de meteorización: Muy Alto.

Grado de fracturamiento: No se determinan fracturas debido a su predominancia matricial de suelo.

Porcentaje de arcillas: 75 %

Estratificación: Masiva

Porosidad: Alta, materiales arcillosos (superior a 45%).

Permeabilidad: Moderada ($K=6,89 \times 10^{-7}$ m/s).



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



V.I.IV. Subsuelo del Área del Proyecto

De manera paralela al estudio de geología básica, se ejecutó el estudio básico de mecánica de suelos por parte de la empresa D'GEO, para lo cual se ejecutaron un total de trece sondeos exploratorios utilizando la metodología SPT (Standard Penetration Test), donde se logró identificar una profundidad exploratorio máxima de 6,0 m. No se determinó la presencia del nivel freático en ninguna de las perforaciones realizadas.

Según la descripción visual de los suelos, se enuncia la estratigrafía físico-mecánica de los materiales en el subsuelo respecto a su textura aparente.

Estrato 1: Espesor variable aproximado entre 1,0 m hasta 5,0 m (-5,0 m de profundidad)

Limo arcilloso de plasticidad alta color café, con vetas arcillosas color gris y negro de consistencia blanda a dura. (Nspt = 4 - RM)

Sub-Estrato 1.A: Espesor variable aproximado entre entre 0,5 m hasta 1,5 m (Profundidad interdigitada entre el Estrato 1 y el Estrato 2)

Arcilla limosa de plasticidad alta color café oscuro con vetas limosas color café y presencia de partículas negras, de consistencia compacta a dura. (Nspt = 10 - 30)

Estrato 2: Espesor variable aproximado entre 1,0 m hasta 2,0 m (-5,0 m de profundidad).

Limo arenoso de plasticidad baja a media color café grisáceo con vetas gravosas color negro (roca meteorizada) y presencia de matriz limosa, de consistencia compacta a dura. (Nspt = 9 - RM)



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEO TÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



V.II. Geomorfología

Generando un mapa de sombras mediante el software QGIS, es posible delimitar las diferentes morfologías presentes en las cercanías de la zona de estudio. Entre ellas se clasifican formas asociadas a una morfogénesis denudacional y fluvial.

Finalmente se procede a generar un mapa de pendientes para analizar las zonas comprometidas a una escala menor (1:15000), lo cual indicaría posibles zonas en las cuales un deslizamiento pueden activarse, para posteriormente reclasificarlas.

Las pendientes se agrupan en función del uso del Suelo respecto a su porcentaje proporcional a la inclinación, basado en el artículo 59, 71 y 72 de la ley Orgánica del Ambiente y de los votos de la Sala IV N° 3705-93, 4423-93, 2002- 6515, y 2003- 06324.

V.II.I. Formas de Origen Denudacional (D)

Corresponde con aquellas laderas que han sido generadas por constantes procesos erosivos, son los que poseen una mayor área en la zona de estudio.

V.II.I.I. Laderas denudacionales de pendiente baja (3 - 8°) [D1]

Las laderas denudacionales de pendiente baja se encuentran delimitadas para el área de interés en el sector sur de la zona de estudio, concentrándose en una dirección preferencial de E-W, disminuyendo conforme avanzan hacia el sur y aumentando en área conforme se extienden al noroeste, por lo que se puede intuir junto a la interpretación geológica regional la existencia de una morfogénesis ocasionada por la depositación de flujos piroclásticos estilo lavina, perteneciente a los antiguos estratovolcanes de la actual Cordillera Volcánica Central. Se encuentran delimitadas por geformas de origen denudacional relictas así como morfologías fluviales, que quiebran abruptamente y marcan contactos litológicos entre una capa superficial.

Las pendientes de las laderas denudacionales D1 alcanzan inclinación máxima de 8°, así como una disección muy baja. No se observa la presencia de divisorias de aguas debido a que se encuentran en la parte de menor elevación de la zona de estudio. Poseen una topografía variable entre plana y ligeramente ondulada. Litológicamente se asocia tanto a la Formación Tiribí como a la Formación Barva, predominando superficialmente la segunda.



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEO TÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



V.II.I.II. Laderas denudacionales de pendiente moderada (9 - 30°) [D2]

La morfogénesis de las laderas denudacionales de pendiente moderada, se debe a los procesos pluviales y fluviales presentes que meteorizan las formaciones sedimentarias e ígneas en el subsuelo ubicadas en áreas a lo largo del sitio de interés, posteriormente los materiales son transportados y desgastados, de manera que la pendiente y topografía de los materiales se verá reflejado en función de la resistencia que ejerza a esfuerzos que actúen como cortante. Los procesos de meteorización serán cíclicos para formaciones rocosas que han sido expuestas durante un largo periodo, así como a aquellas que se vean sometidas a procesos donde el dominio estructural y tectónico tienda a regir, casos como la existencia de cuerpos plutónicos, fallamiento local o bien cambios composicionales en las rocas ocasionados por metamorfismo. Posteriormente, serán afectados por las condiciones climatológicas variables, los cuales transportarán a una mayor velocidad los materiales, generando pendientes relativamente elevadas, para finalmente verse afectados por agentes disparadores como sismos o bien efectos antrópicos en la época actual.

V.II.II. Formas de Origen Fluvial (F)

Las geoformas de origen fluvial, como su nombre lo dicta, son morfología generadas por la acción erosiva de los ríos únicamente y corresponden con lo que se podría tratar como la fase final de las laderas denudacionales de pendiente baja que coinciden ocasionalmente con agentes tectónicos o de una roca con características menos competentes. Acarrear constantemente material y su profundidad y ancho están directamente asociados al tiempo que han sido expuestos a un flujo constante de canales fluviales.

V.II.II.I. Cárcavas y cañones fluviales [F1]

Se determinan al menos 4 cárcavas fluviales y al menos dos cañones fluviales subyugados dentro de las laderas denudacionales. Corresponden con zonas de mayor competencia litológica que al oponerse a los flujos de aguas superficiales, estos actúan con más energía generando un desgaste externo y generando zonas de debilidad donde los persistentes flujos comenzarán a profundizar, generando cárcavas o en un futuro cañones fluviales dependiendo de la resistencia del material y el total de precipitación caída en tiempos prolongados. El cañón fluvial de más importancia corresponde al del río Uruca y su afluente, el río Virilla

El patrón de drenaje de los ríos en las geoformas fluviales es dendrítico a subdendrítico en las regiones montañosas. Poseen pendientes que rondan los 20° hasta los 50°.



V.II.II.II. Abanicos aluviales activos [F2]

Corresponden con las desembocaduras abruptas de los ríos o cañones en sectores planos o de pendientes bajas, que para el caso del área de estudio se determina un valle fluvial. Depositán sus sedimentos más finos a mayor distancia del lobulo y a menor distancia se depositan aquellos con mayor granulometría. Poseen formas elipsoidales y sus pendientes varían desde 40° para las zonas más proximales y 6° para las zonas más distales. El único abanico aluvial detectado tiene sus terminación en la llanura aluvial del río Uruca, aportando los sedimentos acumulados que con su alta energía desgastarán las márgenes del canal móvil.

V.II.III. Cauces dentro del Área del Proyecto

Se identifican canalizaciones de aguas artificiales excavadas para su debida conexión al afluente del río Virilla en la zona Sur del área del proyecto. Asimismo, anotaciones importantes son indicadas en el protocolo de hidrología básica del terreno, debido a que al poseer el proyecto un área tributaria considerable y pendientes relativamente homogéneas, pueden llegar a fungir como pseudo-cauces en temporada de tormentas.



Figura #V.I. Canalizaciones artificiales dentro del área del proyecto



Figura #V.II. Canalizaciones artificiales dentro del área del proyecto

V.III. Procesos asociados a la Geodinámica Externa

Los procesos asociados a la geodinámica externa corresponden con los agentes que actúan sobre la corteza terrestre, la capa más superficial del planeta, como agente modelador del relieve. Estos procesos, se ven influenciados de manera proporcional al predominio de pendientes de la zona y qué, en función de la aceleración gravitacional, moviliza los materiales en condición suelta; es decir, hace referencia a los procesos ligados a la meteorización y la posterior erosión de los materiales meteorizados. Entre los principales agentes a mencionar, ligados a la geodinámica externa, se pueden mencionar:

- **Agentes atmosféricos:** tormentas, depresiones climáticas, altas temperaturas, fuertes vientos y altas concentraciones de humedad
- **Agentes hidrológicos:** energía hidráulica de cauces, presiones en embalses de agua, aguas marinas y fuerzas mareales, aguas fluviales.
- **Agentes biológicos y antrópicos:** desgaste de las propiedades físicas por la vegetación, modificación del relieve por medio del hombre.



Debido a la localización del proyecto en una zona de pendientes planas y la lejanía de valles de inundación, no se identifica la presencia de factores asociados a la inestabilidad que puedan comprometer el área del proyecto o la vida de los usuarios.

Por la aglomeración de los factores anteriormente mencionados, la fragilidad ambiental del terreno o geopotencial, es catalogada como de fragilidad ambiental **baja a muy baja**, siempre y cuando se tomen en cuenta las medidas correctivas al respecto, para ello, es necesario la integración desde un punto de vista ingenieril que contemple en sus soluciones un equilibrio sostenible conforme a impactos sociales y biológicos se refiere.

El área del proyecto perteneciente al centro Penitenciario La Reforma corresponde a una zona ya impactada, por lo que esto correspondió a una variable considerable para asignar su índice de fragilidad ambiental. Empero, la zona donde se desarrollará el proyecto constructivo, evidencia la predominancia de un uso de suelo agropecuario en su mayoría.



Figura #V.III. Área del proyecto CAI Jorge Arturo Monge impactada por procesos antrópicos.



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



VI. HIDROGEOLOGÍA BÁSICA DEL TERRENO

VI.I. Datos hidrogeológicos del entorno inmediato

Para el área de estudio, se cuenta con diversos estudios hidrogeológicos regionales, entre los cuales se puede mencionar los elaborados por Fernández (1968), BGS & SENARA (1985), PEREZ (2001), SENARA (2002) y Ramírez (2002). Estos mismos detallan profundidades, conductividad y espesores del acuífero. Asimismo, se utilizan los registros de pozos enumerados en la tabla adjunta, obtenida de la base de datos del SENARA (Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento). Se utilizaron 255 registros de pozos para la evaluación de la hidrogeología ambiental del presente informe técnico. Asimismo, se detecta la presencia de 7 nacientes en la proximidad del área del proyecto.

VI.I.I. Levantamiento de manantiales y captaciones en el campo

En el recorrido del AP no fueron detectados captaciones o manantiales, dado que los registros detectados en la proximidad se encuentran resguardados por las políticas asociadas a la Carcel La Reforma. Sin embargo, se evidencia la presencia de los registros AB-319, AB-564, AB-686, AB-642, AB-1165, AB-1340 y AB-2319 dentro del predio A- 151437- 1993. La base de datos indica la naciente más próxima a 1,491 km de distancia, desde el punto de análisis, por lo que se considera fuera del área de influencia del proyecto constructivo (esto corresponde a 100 m de radio, respecto al manantial más cercano), más no así del Área de Influencia Directa del proyecto.

VI.II. Condiciones hidrogeológicas

Se identifican depósitos volcánicos y epi-volcanoclásticos superiores de una colada de lava fluidal, así como depósitos de caída de ceniza y descomposición de la roca madre, que componen lo que sería un acuífero poroso semiconfinado, cubierto por materiales arcillosos.

Dados los registros de pozos, el gradiente hidráulico crítico es de **0,113** para el área del proyecto, tomando en cuenta la distancia entre las isofreáticas locales y la diferencia de altura entre ellas. Asimismo, es clave identificar que la profundidad del nivel freático respecto al nivel de elevación del AP, corresponde a un promedio de 86,0 m.



VI.II.I. Propiedades básicas del acuífero subyacente

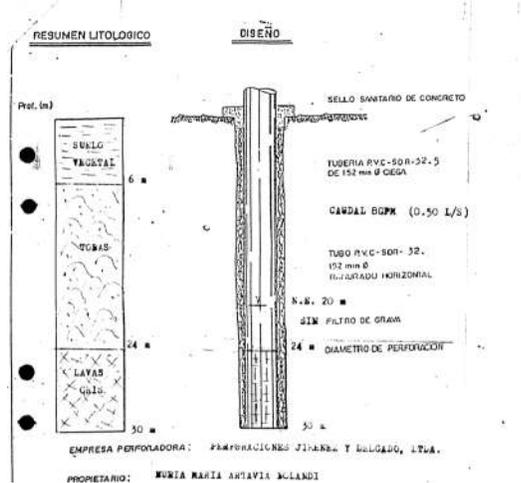
De acuerdo al mapa hidrogeológico regional de Fernández (1968) y Perez (2000), así como la interpretación respecto a la continuidad lateral de las unidades y su correlación con el mapa de Denyer & Arias (1991), se identifican las unidades acuíferas Formación Colima y la Formación Tiribí.

Por tanto, se asocia el nombre de estas unidades a los acuíferos detectados en la cartografía hidrogeológica según BGS & SENARA (2002), cuya unidad acuífera son las lavas fracturadas cuyo potencial hídrico es elevado y se asocia su capacidad de transmisividad a fracturamiento secundario, así como a su grado elevado de porosidad. El potencial de explotación de agua ronda entre los 1,0 l/s hasta los 15,0 l/s y una profundidad del nivel estático entre los 5,0 m hasta los 73,3 m dependiendo de la zona.

La hidrogeoestratigrafía que describe el acuífero aprovechable, se encuentra compuesta a como lo describe el pozo AB-1998 perteneciente a TAJO LINDORA S.A., el cual corresponde al que se encuentra a una distancia más cerca (655,59 m), sin embargo se utilizará el registro del pozo AB-1734 debido a la incorporación gráfica del armado del pozo y la detección del nivel freático más somero en cercanía.

Tabla VI.II. Columna hidrogeoestratigráfica del área aledaña al proyecto

Prof. (m)	Litología	Armado
0,0 - 6,0	Suelo vegetal, permeabilidad aparenta baja	Tubería ciega de PVC de 152 mm de diámetro
6,0 - 24,0	Tobas color café con cantos rodados, permeabilidad aparenta baja	
24,0 - 30,0	Lavas escoriáceas color gris, porosas ligeramente fracturadas. Permeabilidad aparente regular	Tubería ranurada de PVC de 152 mm de diámetro





VI.II.II. Análisis de vulnerabilidad a la contaminación

Para el cálculo de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero volcánico superior, se implementa el método G.O.D, el cual considera el grado de inaccesibilidad a los estratos subyacentes a la zona saturada del acuífero y la capacidad de atenuación de los estratos suprayacentes a la zona saturada del acuífero. Las siglas de la metodología de evaluación a la vulnerabilidad, hace referencia a:

- G: Grado de confinamiento hidráulico
- O: Ocurrencia del sustrato suprayacente
- D: Distancia al nivel piezométrico

Para el índice de vulnerabilidad se utilizó los factores del acuífero explotable y los datos de las perforaciones más cercanas, así como las observaciones de campo y los sondeos exploratorios realizados en el estudio de suelos. La figura adjunta, resume el cálculo de vulnerabilidad del acuífero poroso definido como lavas andesítico-basálticas fracturadas, que hace referencia según los autores a la parte superior del la Formación Colima.

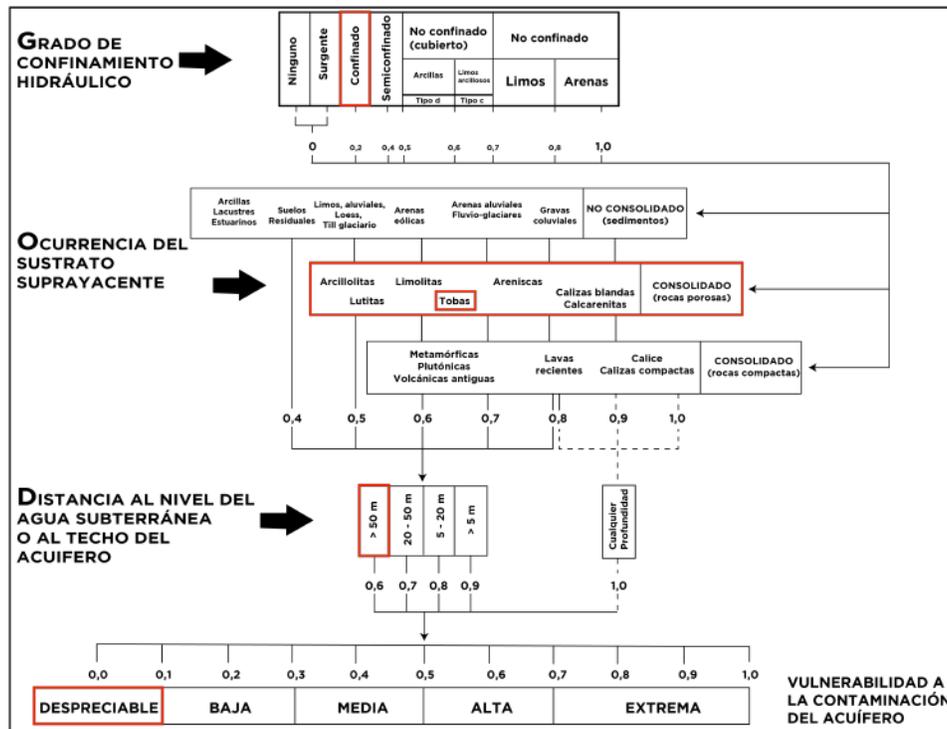


Figura #VI.I. Evaluación a la vulnerabilidad siguiendo el método G.O.D.



El nivel freático a partir de la interpolación del nivel estático, otorga que para la zona de estudio, el mismo se encuentra a una profundidad de 738,013 m.s.n.m., que para el proyecto localizado a una elevación de 823,0 m.s.n.m. otorga una caracterización de **vulnerabilidad despreciable** ante la contaminación del acuífero subyacente (GOD: 0,06).

VI.II.III. Cálculo del tránsito de contaminantes

Las principales fuentes potenciales de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales son los afluentes de aguas residuales sin un tratamiento adecuado tales como tanques sépticos, aguas servidas y lixiviados. En caso que el diseñador de la obra determine la posibilidad de establecer sistemas o pozos de absorción diferentes a plantas de tratamiento, el cálculo del tránsito de contaminantes brinda el radio de resguardo y la afectación en profundidad respecto a un tiempo de tránsito de los desechos líquidos que generarán dichas obras.

En referencia al proyecto analizado, debido a que se cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales y/o se diseñará, el cálculo del tránsito de contaminantes, será elaborado a manera de verificación en caso que no se decida implementar o existan derrames no controlados. Esta consideración se da debido a que estas aguas, se encuentran porcentualmente libres de estas sustancias perjudiciales.

$$T = \frac{b * n}{K * i}$$

Ecuación #1. Tiempo de infiltración natural del agua para el tránsito de sustancias.

Donde:

- b: Espesor de la zona no saturada (m)
- n: Porosidad del material suprayacente.
- K: Permeabilidad en campo del material no saturado (m/día)
- i: Gradiente hidráulico unitario.
- M: Espesor crítico de la zona no saturada

Tabla VI.III. Datos obtenidos en el cálculo del tránsito de contaminantes

Propiedad	Valor
b (m)	73.0
n	0.5
K (m/día)	0.1
M (m)	14.0



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



A partir de los valores de permeabilidad reportados en el estudio de suelos se procede a realizar el cálculo del espesor M. El tiempo de tránsito de contaminantes cumple con la norma de los 70 días como mínimo para la degradación total de la bacteria *Escherichia Coli* y similares, por lo que para un espesor M de la zona no saturada inferior al espesor de la zona no saturada detectada en campo a partir del modelo hidrogeológico local con la superficie equipotencial del agua, no existe amenaza de contaminación al acuífero por tránsito de contaminantes.

VI.II.IV. Modelado hidrogeológico local

La determinación de unidades hidrogeológicas locales se puede observar en el mapa hidrogeológico, que muestra la mayoría de pozos en el área circundante y con ello, el posible flujo de aguas subterráneas según las curvas isofreáticas obtenidas a partir de los niveles freáticos reportados en los registros de pozos del SENARA, las cuales fueron interpoladas a partir del modelo geoestadístico de Krigging. Para el sitio estudiado, el nivel estático promedio se encuentra a una elevación de entre 706,0 - 740,0 m.s.n.m.



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



VII. AMENAZAS Y RIESGOS NATURALES DEL ÁREA DEL PROYECTO

VII.I. Marco tectónico regional

Para el sector analizado, es importante hacer mención del Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica, el cual es definido como el sistema de fallas corticales, que actúa como el límite oeste de la microplaca de Panamá con la placa Caribe y que atraviesa la región central del país, para el sector Pacífico se aprecian fallas predominantemente de desplazamiento de rumbo, mientras que para el sector del antearco (Caribe), corresponden a fallas inversas y sinestrales, que generan pliegues.

Diversas estructuras tectónicas se pueden evidenciar en la cercanía del área de estudio, no obstante, según los códigos establecidos y las leyes presentes, la estructura más cercana que corresponde con la Falla Escazú mencionada por Montero (2001), Montero & Fernández (2002) y Montero et al. (2005), cuya componente principal es inversa y por su geometría se le debería prestar vital importancia previo a la realización del diseño. Esta geo-estructura se localiza a aproximadamente 3,25 km del área del proyecto, por lo que se encuentra fuera de su influencia directa.

Descrito por Marshall et al.(2000), Montero(2001) y Montero et al. (2010) corresponde con un sistema de fallas neotectónicas que corresponden por lo general con estructuras tectónicas de desplazamiento de rumbo dextrales con dirección NW y sinestrales con dirección NE, con componentes verticales para ambas.

VII.II. Potencial de licuefacción

Para que suceda el fenómeno de licuación deben presentarse las siguientes condiciones simultáneamente:

- Arenas finas con granulometría específica.
- Que las arenas estén sumergidas bajo el nivel freático.
- Que los finos sean no plásticos.
- Que estén en condición suelta

Para el caso analizado se descarta que se presente dicho fenómeno debido a la presencia de suelos cohesivos y ausencia de nivel freático.



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



VII.III. Sismicidad histórica

Montero, Linkimer & Rojas (2016) evidencian la cartografía neotectónica más reciente para el Gran Área Metropolitana, determinando a 400 m de distancia la falla más cercana, no obstante no se evidencia ningún rasgo morfotectónico regional para que fundamente la cercanía de esta estructura.

Asimismo, la magnitud mayor evidenciada para el sitio de interés corresponde a la de un sismo de 3,8 Mw en los últimos 50 años, por lo que no corresponde con una zona sísmicamente activa. Dado que se poseen las suficientes evidencias que la falla no afecta el proyecto, no es necesario detallar el mismo mediante un estudio neotectónico. Más detalle puede evidenciarse en el mapa de sismicidad histórica. No se evidencian indicadores de fallamiento activo en los proyectos, ni evidencias de alteración por falla en los sondeos realizados para el sitio de interés.

VII.IV. Amenaza volcánica

La zona del AP no evidencia amenazas volcánicas directas a corto plazo debido a la lejanía de los estratovolcanes. No obstante, evidencia histórica ha denotado que la columna máxima del volcán Turrialba e Irazú puede extenderse hasta el Gran Área Metropolitana.

Es claro que no traerá afectación al proyecto a menos que se de una movilización de un flujo de escombros de alta densidad, un colapso de una caldera volcánica, no obstante estos poseen una amenaza muy baja o cercana a despreciable debido a que el cauce del río no se encuentra conectado con las laderas de los volcanes activos.

VII.V. Amenaza por inundación

Según los mapas de la CNE (2000), no se evidencia una zona de inundación para el área del proyecto. El cauce del río no presenta la suficiente energía para extenderse lateralmente hasta el sitio de interés.

VII.VI. Amenaza por inestabilidad de laderas

Debido a la topografía plana en la que se encuentra el AP, la amenaza ante inestabilidad de laderas es despreciable a nivel regional, no obstante, por las variaciones de energía del cauce y sus puntos de flujo críticos, localmente no se desprecian estos eventos. El estudio de suelos y estabilidad de taludes verifican de forma efectiva lo anteriormente anotado y en caso que sea contrario, recomienda la opción óptima para confinar los taludes



CONSULTORIA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOLOGICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



VIII. Conclusiones Geológicas

Se describe a continuación el detalle de la investigación geológica integrada del terreno para la caracterización de varios índoles para el proyecto “2020CD-000009-0012600001 Servicios profesionales para la elaboración de dos estudios ambientales para la obtención de viabilidad ambiental y un estudio de suelos”, ubicado en el distrito 08° San Rafael, del cantón 01° Alajuela, de la provincia 02° Alajuela, según la División Territorial Administrativa de la República de Costa Rica. En este sitio se desarrollará la construcción de espacios de alojamiento para población privada de libertad por delitos por crimen organizado en el CAI Jorge Arturo Montero Castro y el nuevo edificio de la Policía Penitenciaria en el CAI Jorge Arturo Montero Castro ambos proyectos dentro de la propiedad registral del Estado bajo el nombre Carcel La Reforma.

De la investigación realizada, se pueden concluir los siguientes aspectos:

No es posible identificar afloramientos en el área del proyecto debido a los espesores elevados de suelos presentes. Entre las características importantes de mencionar es la presencia de pendientes muy bajas que permiten el acceso y la constante modificación del terreno por efectos antrópicos debido a su localización en una zona con uso de suelo definido con base al Plan Regulador del cantón de Alajuela.

Se delimita una única unidad geológica que corresponde a los depósitos de ceniza provenientes de los volcanes Barva y Poás los cuales, junto con la meteorización de la **Formación Tiribí** determinada en el área por Protti (1986), Denyer & Arias (1991), Ramírez & Alfaro (2002) y demás autores, producen espesores de suelo considerables con altos índices de plasticidad asociado a la hidratación de las arcillas minerales.

Geomorfológicamente, se detectan unidades de génesis denudacional y fluvial. Se realiza una reclasificación del mapa de pendientes en las cuales se agrupan en función del uso del Suelo respecto a su porcentaje proporcional a la inclinación, basado en el artículo 59, 71 y 72 de la ley Orgánica del Ambiente y de los votos de la Sala IV N° 3705-93, 4423-93, 2002- 6515, y 2003- 06324. El AP yace sobre laderas denudacionales de pendiente baja (3 - 8° de inclinación).

Debida a la localización del proyecto en una zona de pendientes planas y la lejanía de valles de inundación, no se identifica la presencia de factores asociados a la inestabilidad que puedan comprometer el área del proyecto o la vida de los usuarios.

Se utilizaron 255 registros de pozos para la evaluación de la hidrogeología ambiental del presente informe técnico. Asimismo, se detecta la presencia de 7 nacientes en la proximidad del área del proyecto.



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



En el recorrido del AP no fueron detectados captaciones o manantiales, dado que los registros detectados en la proximidad se encuentran resguardados por las políticas asociadas a la Carcel La Reforma. Sin embargo, se evidencia la presencia de los registros AB-319, AB-564, AB-686, AB-642, AB-1165, AB-1340 y AB-2319 dentro del predio A- 151437- 1993. La base de datos indica la naciente más próxima a 1,491 km de distancia,

Se identifican depósitos volcánicos y epi-volcanoclasticos superiores de una colada de lava fluidal, así como depósitos de caída de ceniza y descomposición de la roca madre, que componen lo que sería un acuífero poroso semiconfinado, cubierto por materiales arcillosos. Dados los registros de pozos, el gradiente hidráulico crítico es de **0,113** para el área del proyecto, tomando en cuenta la distancia entre las isofreáticas locales y la diferencia de altura entre ellas. Asimismo, es clave identificar que la profundidad del nivel freático respecto al nivel de elevación del AP, corresponde a un promedio de 86,0 m

De acuerdo al mapa hidrogeológico regional de Fernández (1968) y Perez (2000), así como la interpretación respecto a la continuidad lateral de las unidades y su correlación con el mapa de Denyer & Arias (1991), se identifican las unidades acuíferas Formación Colima y la Formación Tiribí.

Por tanto, se asocia el nombre de estas unidades a los acuíferos detectados en la cartografía hidrogeológica según BGS & SENARA (2002), cuya unidad acuífera son las lavas fracturadas cuyo potencial hídrico es elevado y se asocia su capacidad de transmisividad a fracturamiento secundario, así como a su grado elevado de porosidad. El potencial de explotación de agua ronda entre los 1,0 l/s hasta los 15,0 l/s y una profundidad del nivel estático entre los 5,0 m hasta los 73,3 m dependiendo de la zona.

La definición de los parámetros da como resultado que la vulnerabilidad del acuífero no confinado se sitúa en valores de 0,06. Dicho valor dicta que la vulnerabilidad del acuífero es despreciable debido a la poca trasmisividad del suelo suprayacente y la elevada profundidad del nivel freático en la zona de estudio

El tiempo de tránsito de contaminantes cumple con la norma de los 70 días como mínimo para la degradación total de la bacteria *Escherichia Coli* y similares, por lo que para un espesor M de la zona no saturada inferior al espesor de la zona no saturada detectada en campo a partir del modelo hidrogeológico local con la superficie equipotencial del agua, no existe amenaza de contaminación al acuífero por tránsito de contaminante

Para el caso analizado, se descarta el fenómeno de licuefacción, debido a la presencia de suelos cohesivos y presencia de roca meteorizada con matriz arcillosa (lahares meteorizados).



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



Asimismo, la magnitud mayor evidenciada para el sitio de interés corresponde a la de un sismo de 3,8 Mw en los últimos 50 años, por lo que no corresponde con una zona sísmicamente activa. Se descarta el efecto de amenaza por licuefacción del suelo, inundación, efectos volcánicos e inestabilidad de taludes y laderas regionalmente hablando.

Por la aglomeración de los factores anteriormente mencionados, la fragilidad ambiental del terreno o geoptitud, es catalogada como de fragilidad ambiental **baja a muy baja**, siempre y cuando se tomen en cuenta las medidas correctivas al respecto, para ello, es necesario la integración desde un punto de vista ingenieril que contemple en sus soluciones un equilibrio sostenible conforme a impactos sociales y biológicos se refiere.

El área del proyecto perteneciente al centro Penitenciario La Reforma corresponde a una zona ya impactada, por lo que esto correspondió a una variable considerable para asignar su índice de fragilidad ambiental. Empero, la zona donde se desarrollará el proyecto constructivo, evidencia la predominancia de un uso de suelo agropecuario en su mayoría.

Cualquier condición no indicada en este informe se deberá consultar.



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



IX. DISCUSIÓN SOBRE LOS GRADOS DE INCERTIDUMBRE Y ALCANCE DEL ESTUDIO

El estudio geológico básico del terreno presenta como principal limitante su metodología empleada, ya que en función de los materiales aflorantes o no aflorantes, las propiedades aplicables variarán en cantidad para los futuros estudios técnicos a realizar. Al corresponder con observaciones de campo realizadas durante la gira, las propiedades aportables dependen del tipo de roca o suelo presente y el enfoque del estudio de mecánica de suelos o hidrológico posterior.

La asignación de la estratigrafía del subsuelo es meramente descriptiva en función de la textura, ningún dato obtenido de pruebas de laboratorio fue analizado para la elaboración del modelo geológico, únicamente una aproximación visual de la clasificación unificada de suelos.

Respecto a todos los resultados aportados, se hace referencia a las condiciones de geopotencial del terreno, sin embargo este análisis corresponde a un estudio regional, por lo cual la fragilidad propia del terreno depende de las condiciones actuales en las que fue realizada la visita al sitio. El alcance del estudio geológico básico llega hasta la definición de unidades litológicas y geomorfológicas.

Como principal grado de incertidumbre para el estudio hidrogeológico, se presenta la variante de la cantidad de información respecto a los registros de pozos utilizados y las bases de datos consultadas, por lo que para variables relacionadas a las propiedades de conductividad, capacidad de almacenamiento y transmisividad de los acuíferos, se requiere la realización de pruebas puntuales.

La zonificación de curvas isofreáticas, en base al krigging ordinario varía en función de las condiciones identificadas y el número de datos procesados, por ello, para los sectores insuficientemente prospectados, la incertidumbre de estos sectores debe de ser contemplada. El alcance del estudio hidrogeológico corresponde a la elaboración del mapa hidrogeológico y la definición de zonas para definir la viabilidad ambiental del proyecto.

Las amenazas evaluadas son principalmente comparadas a partir de investigaciones bibliográficas de diversos autores con distintos enfoques, para la elaboración de un mapa de amenazas, se requiere realizar un análisis estadístico más detallado, así como abarcar un área mayor a la de la contratación del presente proyecto. El alcance del protocolo de amenaza y riesgo es local, por lo que se ve condicionado a agentes que actúen fuera del AP.



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



En caso que el terreno se sitúe en una zona de alta fragilidad, se recomienda la correcta elaboración de una solución ante el agente de geodinámica externa que más lo afecta, para poder asegurar la viabilidad del mismo desde un punto de vista geológico y geomorfológico. Caso contrario, al poseer una disminuida fragilidad ambiental, se concluirá que el proyecto tiene viabilidad para construir la obra que se pretende.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARADO, G.E & LINKIMER, L., 2004: La Lavina del Valle Central (Costa Rica) ¿Lahar o debris avalanche?.- Rev. Geol. de Amér. Central, 30: 101 - 109.

DENYER, P. & ARIAS, O., 1991: Estratigrafía de la región Central de Costa Rica.- Rev. Geol. Amér. Central, 12: 1-59.

DENYER, P. & ALVARADO, G.E., 2007: Mapa Geológico de Costa Rica 2007.- Escala 1: 400 000, Librería Francesa S.A.

DENYER, P., ARIAS, O., SOTO, G., OBANDO, L. & SALAZAR, G. 1993: Mapa geológico de la Gran Area Metropolitana. Escala 1:200000.- Escuela de Geología, Universidad de Costa Rica.

ECHANDI, E., 1981: Unidades volcánicas de la vertiente norte de la cuenca del Río Virilla.- 123 págs. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica [Tesis Lic.].

KUSSMAUL, S., 1988: Comparación petrológica entre el piso volcánico del Valle Central y la Cordillera Central de Costa Rica.- Rev. Cienc. Tec. 12 (1-2): 109-116.

MADRIGAL, R., 1966: La lavina. - 6 págs. Dir. Geol. Min. y Petróleo, Inf. Técnico y Notas Geol. San José.

MONTERO, W., 2001: Neotectónica de la región central de Costa Rica: Frontera oeste de la microplaca de Panamá. Rev. Geol. Amér. Central., 24:29-56.

MONTERO, W., FERNANDEZ, M., 2002: Fallamiento y sismicidad del área entre Cartago y San José, valle central de Costa Rica. Rev. Geol. Amér. Central., 26: 25-37.

MONTERO, W., BARAHONA, M., ROJAS, W., TAYLOR, M., 2005: Los sistemas de fallas Agua Caliente y Río Azul y rellenos compresivos asociados, valle central de Costa Rica. Rev. Geol. Amér. Central., 33:7-27.



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



XI. ANEXOS DEL ESTUDIO DE GEOLOGÍA INTEGRADA

A.- MAPA GEOLÓGICO REGIONAL



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO

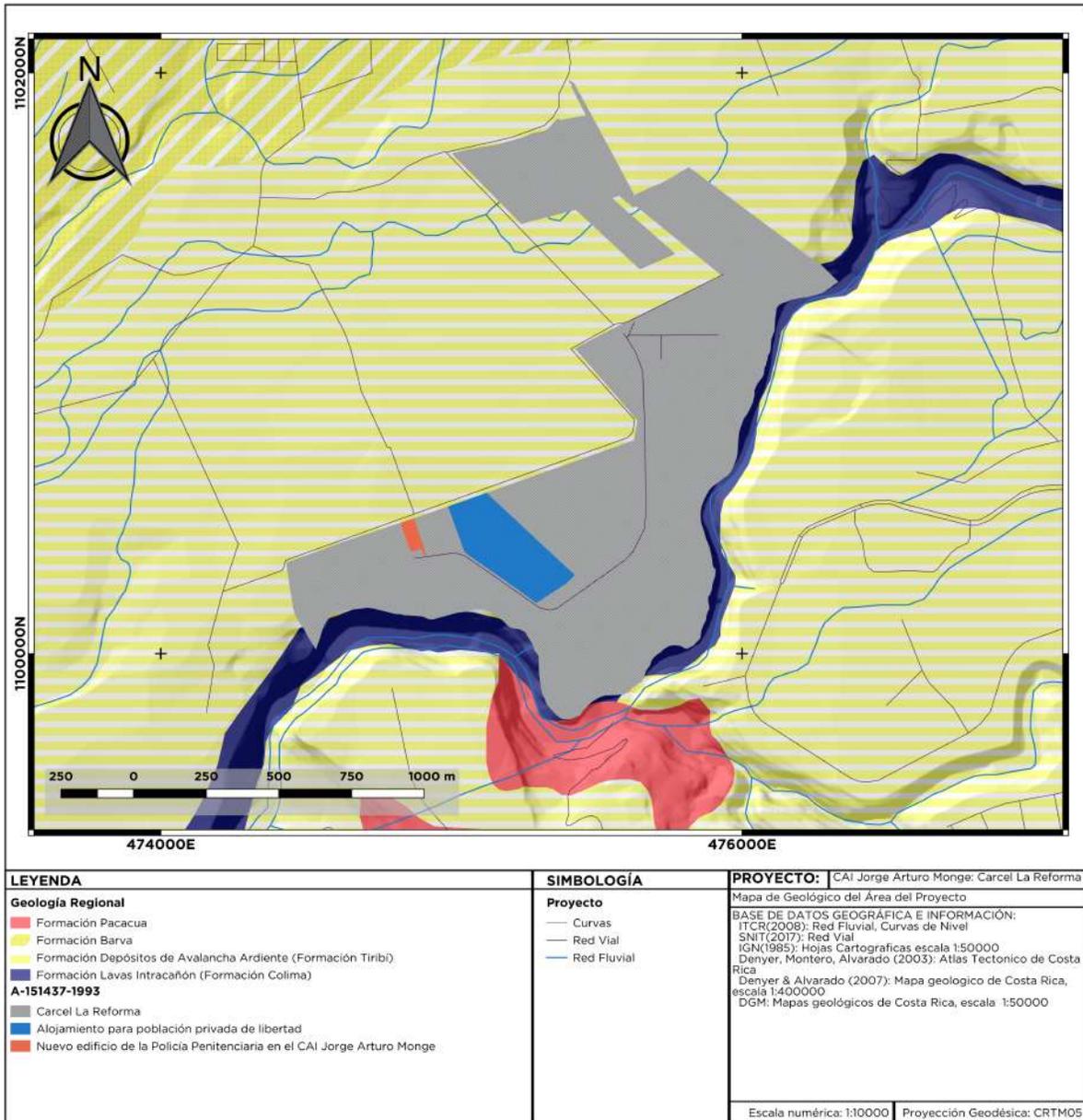


Figura #A. Mapa geológico regional del área del proyecto (Tomado y Modificado de Denyer & Arias, 1991)



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



B.- MAPA GEOMORFOLÓGICO Y MAPA DE PENDIENTES



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO

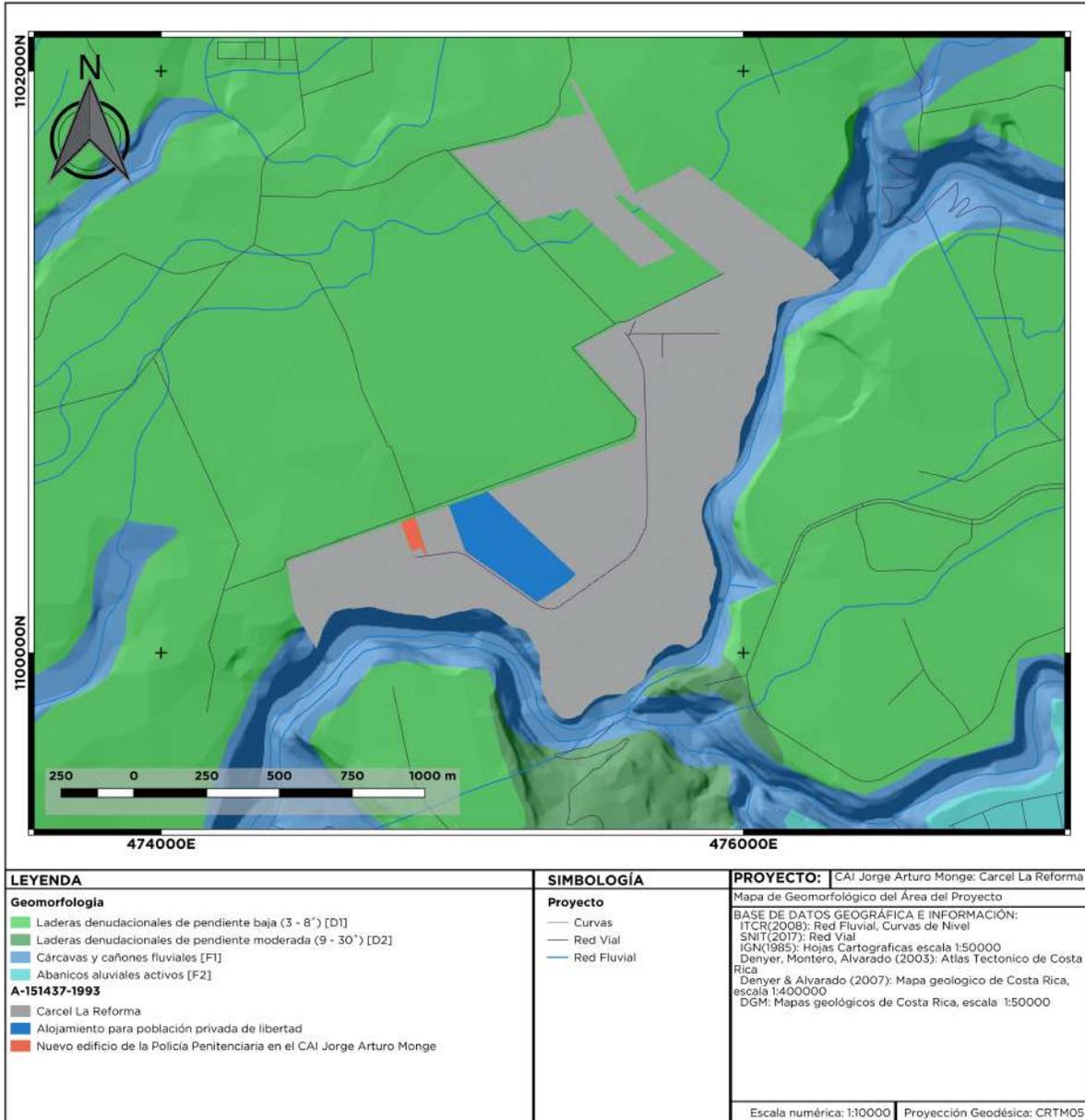


Figura #B.1. Mapa geomorfológico del área del proyecto.



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOGRÁFICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO

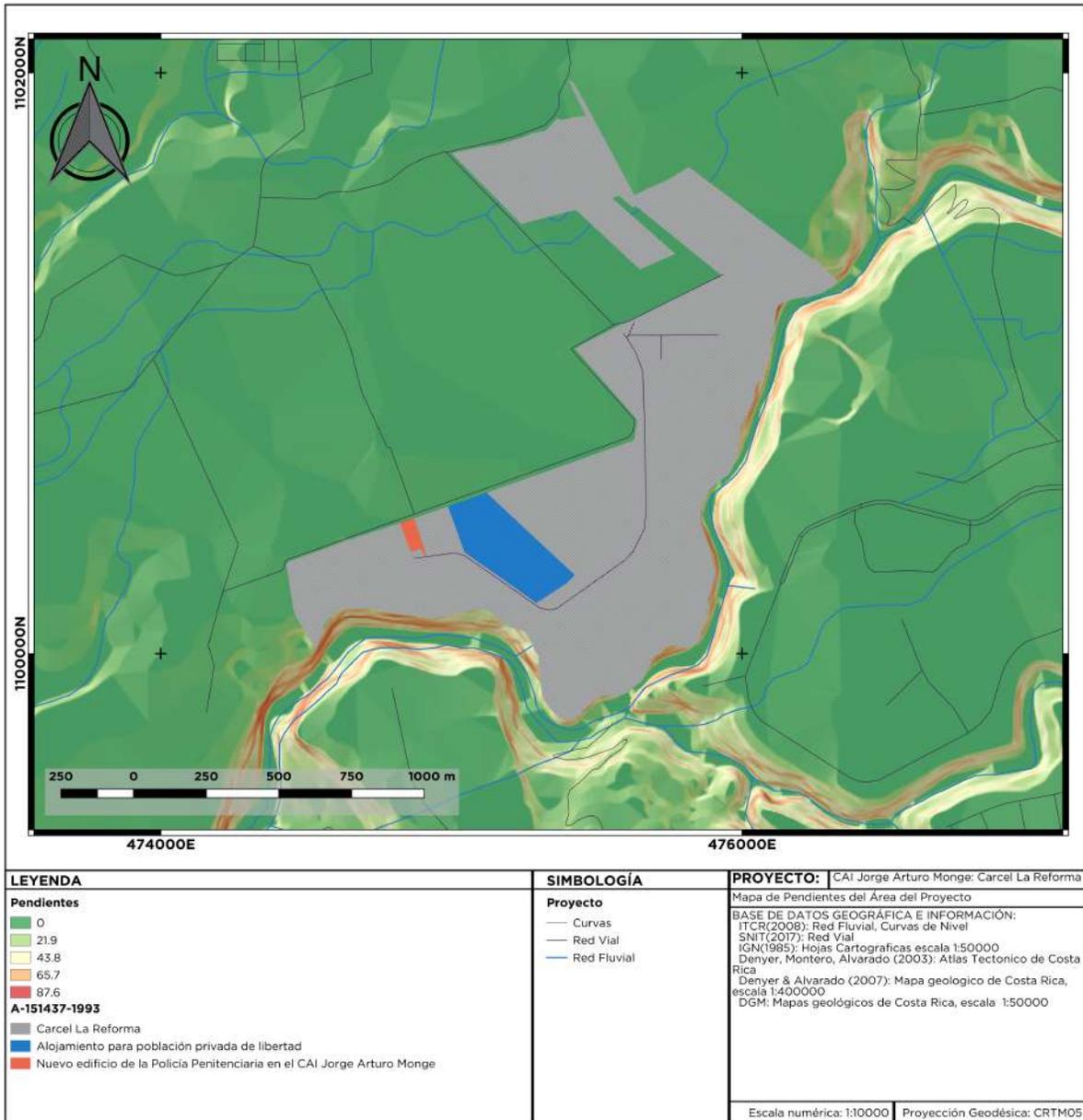


Figura #B.2. Mapa de densidad de pendientes del área del proyecto.



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEO TÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO

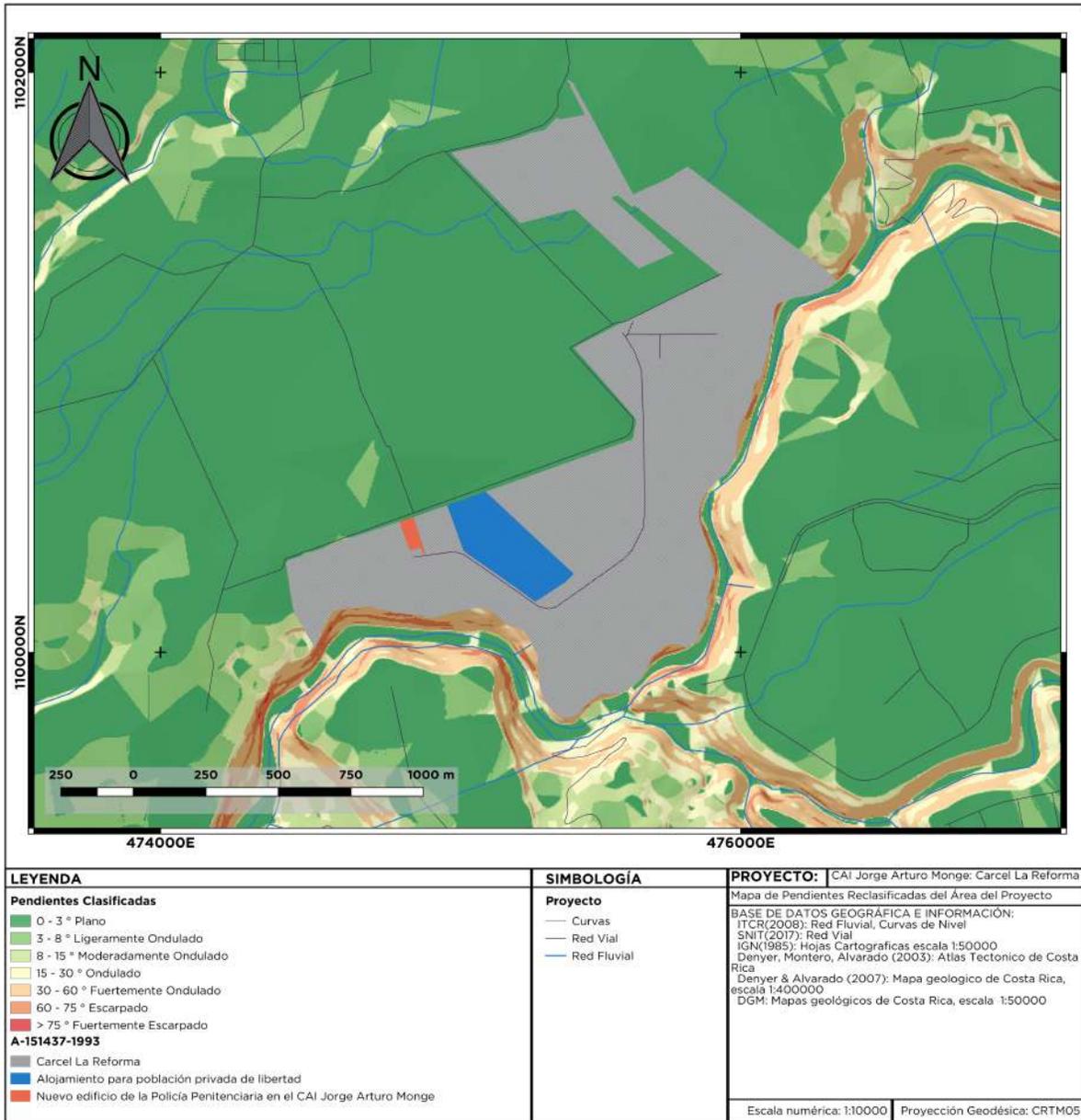


Figura #B.2. Mapa de pendientes clasificadas del área del proyecto.



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



C.- MAPA HIDROGEOLÓGICO Y REGISTRO DE POZOS UTILIZADO



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO

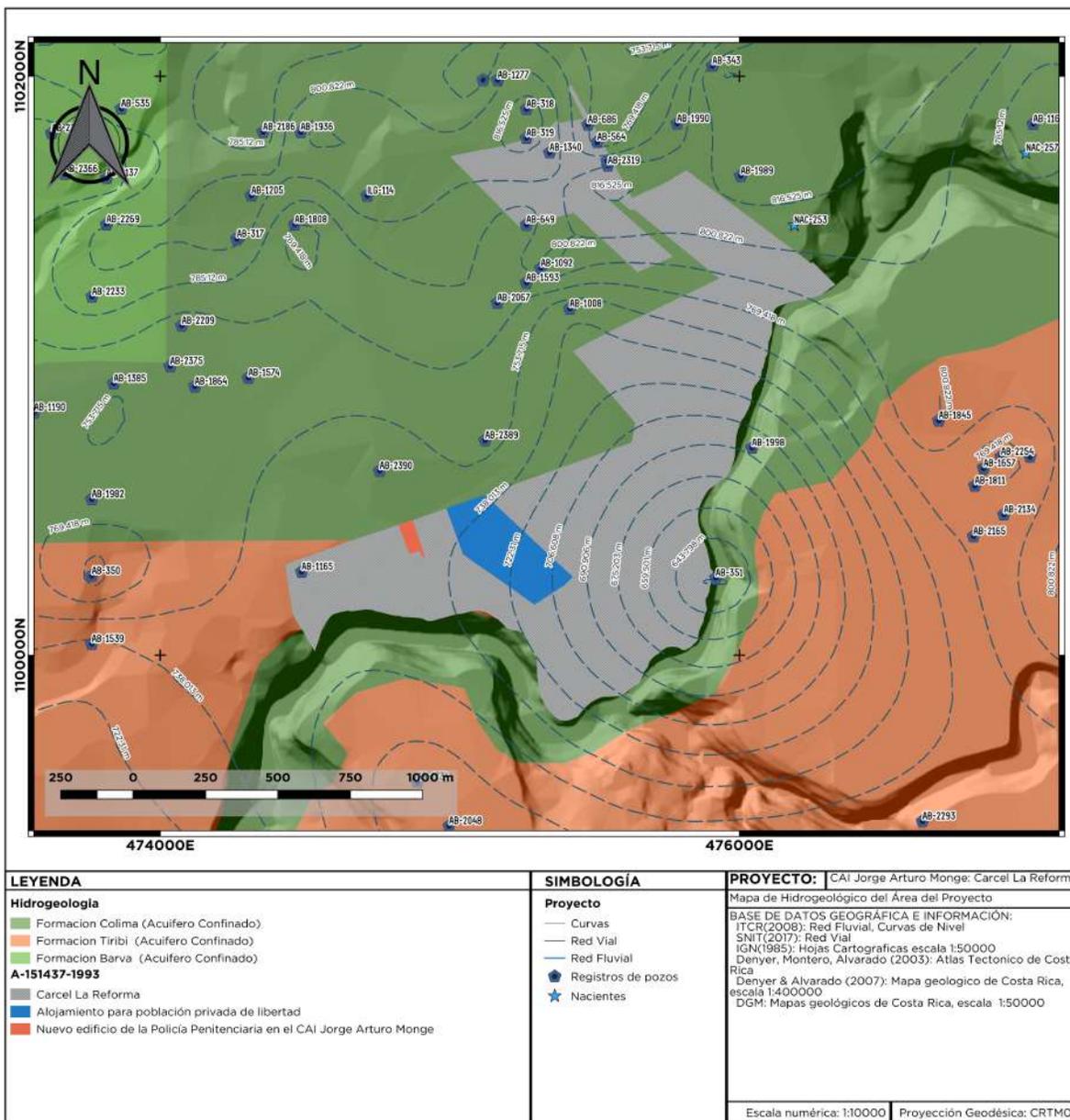


Figura #C.1. Mapa hidrogeológico regional del área del proyecto (Tomado y Modificado de SENARA & BGS, 2002)



CONSULTORIA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTECNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



Tabla C.1. Datos de pozos y captaciones con informe alrededor del Área del proyecto

No. Pozo	X	Y	Distancia	Propietario	No. Pozo	X	Y	Distancia	Propietario
AB-1000	510100	217100	217100	JACK MELVIN LISTON GOODINE	AB-1214	512250	217800	2972.21	ASOC.NAC. EMPLEADOS JUD..
AB-1008	511750	215810	215810	INVERSIONES PALMETO LTDA	AB-1233	510730	213270	1985.34	GRANJA LA MARGARITA
AB-1012	511300	216850	216850	LA MELISA DE OJO DE AGUA	AB-1272	510825	212200	2869.49	ROBERTWESLEY ANDREWS
AB-1042	511475	213400	213400	ELI FERNANDEZ	AB-1277	511500	216600	1810.29	MARCELINO LOSILLA GARCIA*
AB-1043	511300	213200	213200	SALOMON AIZEMAN PINCHANSKI	AB-1278	513600	213800	1961	ALFREDO MOISO GRE?AS
AB-1046	514390	213160	213160	MARIO BRENES CORTES	AB-1291	511900	213600	1244.64	MARIO SIBAJA PORRAS
AB-1055	512100	212500	212500	COOPETICO	AB-1302	514000	213000	2764.77	EDUARDO YAMUNI TABUSH
AB-1064	511450	213180	213180	ALBERTO DELGADO SOTO	AB-1313	511040	213320	1769.91	ASOC.4000 CIEN
AB-1074	513310	212450	212450	BERNAL VARGAS (VARGAS MATAMORO	AB-1340	511680	216350	1528.28	COOPE-SAN RAFAEL
AB-1092	511650	215950	215950	ASOC.DESARROLLO INTEGRAL	AB-1341	510900	216900	2304.07	ASOC.SOL. EMPL. AKRON
AB-1099	513550	216750	216750	LOS LAJONOS S.A	AB-1342	514620	215050	2687.91	GUILLERMO GOMEZ MENDEZ
AB-1113	511320	213100	213100	CHEN YUANG WANG	AB-1343	512500	212250	2653.76	TOM LUDLOW JOHNSTOM
AB-1125	514200	214150	214150	MESALLES HNOS, LTDA.	AB-1350	510350	217250	2883.91	KARLA ORLICH AGUILAR
AB-1146	514050	214720	214720	PARAISO ORNAMENTAL, S.A.	AB-1358	513870	212900	2739.35	INDUSTRIAS DE LA CASA,S.A
AB-1157	513800	217000	217000	RAFAEL CARRILLO LARA	AB-1369	512620	212600	2344.77	MILAFER, S.A.
AB-1159	512820	216870	216870	PIPASA	AB-1385	510175	215550	1900.96	RUCUS DE COSTA RICA, S.A.
AB-1160	511800	217790	217790	ARROCERA EL PATIO, S.A.	AB-1386	513900	216560	2605.04	LIGIA QUICE?O SALAZAR
AB-1165	510825	214900	214900	ESCUELA NACIONAL POLICIA	AB-1398	513350	212680	2582.83	EFRAIN SALAZAR HERRERA
AB-1167	513350	216450	216450	BRUNO Y ALBERTO DONATY	AB-1404	513750	213750	2114.93	EUGENIO ALVARES UBEDA
AB-1175	512050	213350	213350	MUNIC. SANTA ANA	AB-1405	512650	212350	2593.09	MAXIMILIANO ALPIZAR
AB-1184	513580	216480	216480	ITALCONAM, S.A.	AB-1414	512650	212350	2593.09	MOISES ALPIZAR MORALES
AB-1190	509900	215450	215450	JAMES EDWARD SHANK D. *	AB-1415	512200	212450	2408.08	VICENTE ALPIZAR MORALES
AB-1197	512750	212320	212320	HOGAR DE ANCIANOS	AB-1420	514750	215100	2821.64	LAGOS DE KENDALL, S.A.
AB-1205	510650	216200	216200	ASOC.SOLID. HDA.OJO AGUA	AB-1421	512250	212150	2711.78	MIGUEL PERRIOL MORALES
AB-1208	511450	216600	216600	LOS TRILLIZOS, S.A.	AB-1422	512050	212400	2446.47	MARCOS MORA MORALES



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



Tabla C.1. Datos de pozos y captaciones con informe alrededor del Área del proyecto

No. Pozo	X	Y	Distancia	Propietario	No. Pozo	X	Y	Distancia	Propietario
AB-1423	511800	212900	1949.03	CORPORACION EBI, S.A.	AB-1641	510060	217050	2898.42	XINIA RIVAS MEZA
AB-1424	514050	213950	2291.58	AGRICOLA HORTEX, S.A.	AB-1657	513180	215260	1307.92	VIVEROS DEL VALLE S.A.
AB-1425	513450	214120	1674.6	CARLOS CASTILLO MATAMOR	AB-1673	510950	212125	2893.62	JAMES MOHURG ROBBINGSON
AB-1438	514350	213710	2663.47	ESTEFANO SILVESTRE	AB-1691	511500	213700	1225.7	RANCHO TICO S.A.
AB-1441	513370	212550	2703.21	RODRIGO ORTIZ SALAZAR	AB-1702	512800	213200	1855.35	BROCUKON INVESTMENTS
AB-1461	513650	213960	1924.98	OPERACIONES ECONOMICAS	AB-1703	510850	212800	2316.47	LOGUIVAR DEL OESTE S.A.
AB-1466	511150	213025	1983.14	MARCOS F. JIMENEZ J.	AB-1704	511250	212000	2926.51	INMOVILIARIA SERPE
AB-1468	510350	212420	2898.94	ASOC.INTEGRAL DE BRASIL	AB-1712	510600	212250	2919.66	VICTOR LICHTENSTEIGER
AB-1474	512250	216825	2005.11	ZU?IGA Y GUEVARA	AB-1724	511640	213020	1848.51	SWISS TRAVEL SERVICE S.A.
AB-1481	513000	213500	1711.71	CONDOPARC, S.A.	AB-1725	510850	212150	2906.15	WALTER LUEDIN
AB-1485	510200	212600	2839.57	FERVILLA, S.A.	AB-1734	511225	214175	979.18	NURIA ARTAVIA BOLANDI
AB-1504	511250	212300	2635.91	ROLANDO ANGULO ESQUIVEL	AB-1737	513200	217200	2671.77	PRODUCTOS DE CONCRETO S.A
AB-1517	511680	212450	2408.08	MAROMI REALTY CORP.	AB-1765	510220	216850	2642.43	HUMBERTO ARIAS QUESADA
AB-1518	511680	212450	2408.08	LAMERS S.A.	AB-1776	512375	213300	1604.11	DEBORAH NELZIL WALDRON
AB-1528	512550	213500	1475.95	MAUCO INTERNATIONAL S.A.	AB-1779	514400	213550	2779.57	ROBERTO CERDAS RAMIREZ
AB-1539	510100	214650	1850.2	FLORIA HERRERO	AB-1808	510800	216100	1696.21	JULIETA PINTO GONZALEZ
AB-1550	512900	213175	1925.4	ZUZUCA S.A.	AB-1811	513150	215200	1261.28	ROY MAYNARD FERNANDEZ
AB-1557	511900	213000	1844.43	CORPORACION CARIB. EBISA	AB-1843	511450	213050	1859.71	ANTONIO CHAVARRIA BADILLA
AB-1561	512750	216750	2070.97	GRANJA SAN MARTIN S.A.	AB-1845	513025	215425	1230.77	TISA S.A.
AB-1566	514600	214650	2667.07	LAURA PACHECO DE LEVI	AB-1853	513080	217350	2753.11	RICARDO HERNANDEZ ZUMBADO
AB-1572	513800	217060	2893.14	MEGATRON S.A.	AB-1856	512900	217375	2706.95	PARROQUIA S.RAFAEL OJO DE AGUA
AB-1574	510640	215570	1488.98	AGROINDUSTRIAL EMUS S.A.	AB-1857	514550	214850	2610.01	INV.LAMON B Y L S.A.
AB-1593	511600	215900	1109.39	CLUB ROTARIO S.J.Y ASOC.	AB-1860	512000	212000	2844.63	ROBERTO DURAN UMA?A
AB-1613	512250	212750	2116.82	CANAL GRANDE S.A.	AB-1864	510455	215540	1640.01	VILLA CAPULIN S.A.
AB-1627	511200	213200	1802.87	INMOBILIARIA SOL S.A.	AB-1874	511960	212270	2574.08	ENRICO BERNARDI



CONSULTERÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



Tabla C.1. Datos de pozos y captaciones con informe alrededor del Área del proyecto

No. Pozo	X	Y	Distancia	Propietario	No. Pozo	X	Y	Distancia	Propietario
AB-1876	512080	212800	2048.79	PALMANOVA S.A.	AB-2029	511100	213170	1872.93	AMANCIO MELENDEZ JIMENEZ
AB-1884	513030	213325	1869.62	CONSORCIO KIARDS S.A.	AB-2038	511450	212400	2492.64	ACUEDUCTO BARRIO LA TRINIDAD
AB-1894	514500	214650	2567.34	CORPORACION LA CIMARRONA S.A.	AB-2048	511335	214022	1020.64	INVERSIONES NANREH,S.A.
AB-1897	511800	212400	2448.01	ALAMO BLANCO S.A.	AB-2067	511500	215830	1079.72	EMPACADORA BELEN S.A.
AB-1900	513820	212680	2866.58	ALCAMI S.A.	AB-2073	513325	212810	2460.77	ZU?IGA Y GUEVARA S.A.
AB-1905	512400	212150	2732.99	JOMATECA S.A.	AB-2077	509540	216045	2683.73	BOTELLITA DE GUACIMO BG S.A.
AB-1907	512360	217580	2768.05	COOPESA	AB-2084	513340	215300	1472.39	PAOLA COMANDINI AVILA
AB-1910	513450	216650	2354.09	MARCO PACHECO	AB-2105	512050	213030	1817.33	PALMANOVA S.A,
AB-1919	511075	212165	2815.18	ACUEDUCTO BARRIO LA TRINIDAD	AB-2108	511175	217070	2353.78	IRIS RODRIGUEZ CASTILLO
AB-1923	511680	213170	1694.07	CAMACHO Y DE PASS	AB-2112	514100	214850	2160.01	ESCUELA CATOLICA ACTIVA S.A.
AB-1936	510820	216420	1933.44	HACIENDA OJO DE AGUA S.A.	AB-2114	511150	211975	2975.78	WERNER WALTER KUSTER
AB-1951	510830	213520	1727.74	NADA DE CARITAS S.A.	AB-2119	510545	212520	2710.54	ASOC.ADM.ACUED. BRASIL MORA
AB-1953	511660	212480	2380.52	THOMAS JANSEN	AB-2134	513250	215100	1334.78	CONDOMINIOS DEL SUR S.A.
AB-1957	511622	212816	2052.78	PUENTE RIALTO S.A.	AB-2136	511850	212275	2570.58	COBE S.A.
AB-1970	512740	213445	1611.58	PARQUE INDUSTRIAL DEL OESTE	AB-2137	510150	216260	2282.36	HOTEL Y REST.EL RODEO S.A.
AB-1982	510100	215150	1865.27	GRACIELA HERRERO PINTO	AB-2138	512820	213750	1404.01	CONDOPARC S.A.
AB-1988	511400	212150	2747.59	TEODORO PRESTINARY BERCHR	AB-2146	514325	214890	2385.44	VAPE S.A.
AB-1989	512340	216270	1481.04	GRANJA AVICOLA SANTA MARTA	AB-2156	512145	213120	1736.15	INV.LAS DOCE TABLAS PIEDADES
AB-1990	512120	216450	1616.06	GRANJA AVICOLA SANTA MARTA	AB-2165	513145	215025	1218.52	CONDOMINIOS DEL SUR S.A.
AB-1998	512380	215330	655.59	TAJO LINDORA S.A.	AB-2173	511910	212410	2434.18	CORPORACION PIAVE S.A.
AB-2005	510546	213234	2129.63	PMT EXPORTACIONES	AB-2186	510690	216420	2011.54	ROLACO S.A.
AB-2012	511575	211950	2916.93	CASA MAYA S.A.	AB-2188	513650	216750	2560.65	RODOLFO ALFARO MURILLO
AB-2013	511400	211900	2993.11	LAS CUMBRES O.J.H.S.A.	AB-2209	510410	215750	1778.13	TERNERINA S.A.
AB-2020	511712	212945	1912.64	PALMANOVA S.A.	AB-2212	514710	215000	2774.39	JOAQUIN VARGAS CASTAGNARO
AB-2026	511875	217000	2156.98	PRODUCTOS PERECED.ALFAVILA S.A	AB-2216	510050	212985	2651.03	FORESTALES EL TABLAZO S.A.



CONSULTORIA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTECNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



Tabla C.1. Datos de pozos y captaciones con informe alrededor del Área del proyecto

No. Pozo	X	Y	Distancia	Propietario	No. Pozo	X	Y	Distancia	Propietario
AB-2219	513740	217150	2925.34	INV.ROMERO DEL ESTE S.A.	AB-2425	512039	212412	2434.01	AGROMATIC CRK S.A.
AB-2229	510225	212500	2904.4	CASTILLO Y PANGANELLO	AB-2451	513593	212743	2673.31	ALCAMI S.A
AB-2233	510100	215850	2097.05	FLORIA PINTO GONZALEZ	AB-2455	510636	213218	2084.3	EXPORTADORA PMT S.A.
AB-2234	512750	217250	2538.69	JUAN SANDOVAL VARGAS	AB-2484	509669	214250	2347.4	Hacienda Espinal, SA
AB-2249	513550	214100	1773.59	ELGEO S.A.	AB-304	511250	217640	2879.88	C. ADVENTISTA
AB-2254	513240	215300	1377.66	VIVEROS DEL VALLE S.A.	AB-309	510110	216950	2790.01	JUAN HERRERA M.
AB-2269	510150	216100	2186.7	HDA OJO DE AGUA S.A	AB-310	509890	216770	2812.82	BOLIVAR ARIAS
AB-2289	509860	216225	2496.71	VERMAL HERMANOS DE ALAJUELA	AB-311	509700	216630	2864.86	LEONARDO BOLEAT
AB-2293	512970	214040	1306.64	EDIFICIO ALEJOR S.A.	AB-312	509630	216600	2901.66	CARLOS CAMBRONERO
AB-2299	512900	212870	2195.06	GANADERA MORA Y JIMENEZ	AB-313	509600	216550	2895.87	JORGE ARAYA
AB-2305	512856	217170	2499.87	JESUS ZUMBADO BOLA?OS	AB-314	509550	216500	2907.65	DIMAS SALAS
AB-2311	513025	212900	2226.29	ALOMA DE HEREDIA S.A.	AB-315	509500	216470	2932.15	CANDELARIO ROJAS
AB-2319	511881	216305	1462.19	MINISTERIO JUSTICIA Y GRACIA	AB-316	509500	216530	2965.84	BERNARDO ROJAS
AB-2321	511573	217527	2707.98	MARIA VIALES CABALCETA	AB-317	510600	216050	1802.79	HACIENDA OJO DE AGUA
AB-2323	511700	212350	2505.52	GREENSTEAD SUR S.A.	AB-318	511600	216500	1690.54	BERNARDO ROJAS
AB-2324	511995	212865	1979.76	CORP.CARIBE?A EBI S.A.	AB-319	511600	216400	1592.71	HACIENDA OJO DE AGUA
AB-2362	512913	216750	2139.99	COMPA?IA CHARRUA CASING S.A.	AB-325	512770	217150	2450.82	SOFONIAS ROJAS
AB-2366	510005	216274	2406.06	OSCAR GUIDO CAMBRONERO MURILLO	AB-342	512125	216750	1914.96	ALFONZO FERNANDEZ
AB-2368	509830	216390	2615.76	CARLOS CAMBRONERO MURILLO	AB-343	512242	216650	1831.08	ALFONZO FERNANDEZ
AB-2373	509960	216415	2527.54	IDALI CAMBRONERO MURILLO	AB-349	509450	214060	2610.51	HERNAN GONZALEZ
AB-2375	510370	215610	1746.9	KIKOLO MA S.A.	AB-350	510100	214885	1840.46	HDA. ESPABEL S.A.
AB-2389	511458	215355	702.46	CONDOMINIO HORIZONTAL RESIDENCIAL	AB-351	512255	214880	317.05	PTIZER
AB-2390	511094	215249	937.95	CONDOMINIO HORIZONTAL RESIDENCIAL	AB-352	513600	214900	1660.94	HACIENDA LINDORA
AB-2395	511800	211850	2997.27	FERNANDEZ SANDOVAL LTDA.	AB-359	513800	213200	2482.41	CLUB HIBICOLA
AB-2401	510478	217100	2688.3	MARIELA HERRERA MADERA	AB-360	514220	213320	2742.44	FRACCIONAMIENTO RIO ORO



CONSULTORIA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTECNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



Tabla C.1. Datos de pozos y captaciones con informe alrededor del Área del proyecto

No. Pozo	X	Y	Distancia	Propietario	No. Pozo	X	Y	Distancia	Propietario
AB-367	512680	212370	2582.3	LUIS CORTES ROJAS	AB-710	513100	217050	2492.4	PIELES COSTARRICENSES
AB-368	512940	212330	2705.59	JORGE CAMPABADAL	AB-716	512250	212400	2463.58	ALBERTO MORA
AB-369	513130	212350	2763.36	F. SAENZ MEZA	AB-726	509900	212700	2959.45	PENSIONADOS EN EL EXTRANJERO
AB-413	513900	212720	2890.15	ARTURO GARCIA	AB-731	512800	216850	2182.58	PIPASA
AB-466	514530	215100	2602.62	KAHMAHDAH, LTDA.	AB-732	514370	213300	2879.03	PARQUES NACIONALES
AB-495	513600	212350	2995.94	CONDOMINIO AMERICANO S.A.	AB-741	510400	216950	2608.99	ELENCO S.A
AB-531	513100	216900	2360.66	CARLOS LUKE	AB-742	510200	217000	2770.55	YALENI S.A
AB-532	513150	216900	2385.63	CARLOS LUKE	AB-743	511800	213025	1824.38	ROXANA MOLESTINA GAVIRIA/ PIETRODONGHIA
AB-535	510200	216500	2402.07	RAMON GUERRERO	AB-762	513400	216950	2562.58	GOBNO
AB-538	513900	216500	2565.92	SOCIEDAD AKRON	AB-766	513800	216600	2557.96	HARRY ZURCHER
AB-558	509950	212900	2781.95	URBANIZACION EL PRADI	AB-787	511800	212600	2248.36	EDUARDO ESCALANTE
AB-564	511844	216386	1544.99	ADAPTACION SOCIAL	AB-803	514750	213800	2997.67	MINISTERIO AGRICULTURA Y GANAD
AB-571	512100	217700	2860.48	SALADORA EL COCO	AB-828	512150	212890	1965.25	REVADEE BATTAPENIT
AB-586	511800	217200	2360.16	ORLANDO SOTELA MONTA?E ++++	AB-829	513050	213200	1983.64	CIA DESARROLLO RIO DORADO
AB-594	511910	217770	2926.15	ARROCERA EL PATIO, S.A.	AB-830	512150	212700	2154.26	FERRUCCIO FERRUZZI BALBI
AB-602	511600	217700	2876.17	FRANCK WOODBROGE	AB-842	513500	216400	2203.35	PRODUCTOS DE CONCRETO
AB-615	511950	212500	2344.02	EDWIN MURILLO	AB-867	510460	213200	2212.04	VIRGIL C. KINGSLEY B.
AB-634	511700	217200	2368.19	CALIXTO CHAVEZ	AB-869	510500	213200	2185.48	VIRGIL C. KINGSLEY B.
AB-637	511600	217100	2281.48	ANTONIO ECHEVERRIA	AB-872	514000	212800	2901.99	VICTOR MESALLES CEBRIA
AB-642	511878	216320	1477.3	ADAPTACION SOCIAL	AB-875	513900	213350	2464.47	VICTOR MESALLES CEBRIO
AB-649	511600	216100	1301.21	LUIS ZAMORA	AB-876	514080	213000	2824.88	JOSE MESALLES CEBRIO
AB-662	511100	213200	1846.17	JORGE SALGADO	AB-877	514100	216800	2914.02	MAX FISHEL
AB-681	513200	212500	2661.19	URBANIZACION LA CARA?A	AB-883	511800	217100	2260.34	RODRIGO ROMERO SALAZAR
AB-686	511812	216446	1607.11	ADAPTACION SOCIAL	AB-884	514000	213700	2356.34	GERRT JAN DE WIJGERD
AB-708	514100	213050	2807.85	HACIENDA COLONIA VISTA AZUL	AB-886	510551	213189	2160.64	PARTE DE CHASIS S.A.



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



Tabla C.1. Datos de pozos y captaciones con informe alrededor del Área del proyecto

No. Pozo	X	Y	Distancia	Propietario
AB-889	510770	213110	2091.81	JUAN AGUILAR GUADAMUZ
AB-988	510250	217000	2739.42	JORGE MURILLO ROJAS
ILG-114	511050	216200	1621.99	FLORIA PINTO GONZALEZ
ILG-33	513830	212950	2675.69	FR CUATRO SEIS SIETE AZUL S.A
RG-484	509150	215870	2972.67	HORTICULTORES UNIDOS S.A.
No. Naciente	X	Y	Distancia	Propietario
NAC-250	511250	212000	2926.51	IFAM
NAC-252	512150	217550	2714.14	-
NAC-253	512525	216100	1385.55	-
NAC-257	513325	216350	2046.04	-
NAC-258	513700	216200	2221.79	-
NAC-262	514300	216675	2987	-
NAC-466	513600	216200	2143.44	-



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



D.- MAPA DE SISMICIDAD HISTÓRICA



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEO TÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO

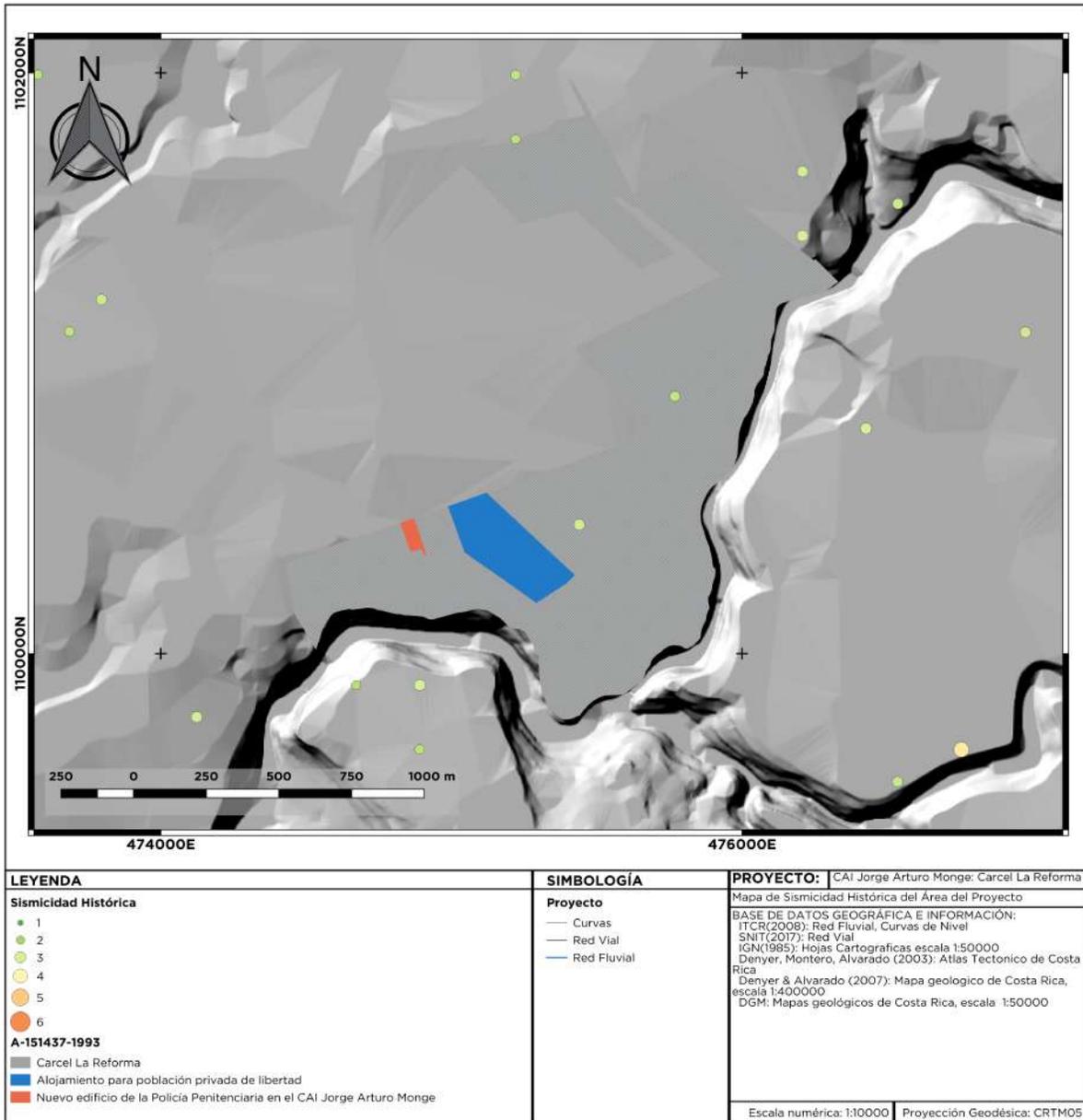


Figura #D.1. Mapa estructural y de sismicidad histórica del área del proyecto.



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO
DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



E.- PLANO APORTADO POR EL CLIENTE



CONSULTORÍA Y
DESARROLLO DE PROYECTOS
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO GEOLÓGICO



REPUBLICA DE COSTA RICA
REGISTRO NACIONAL
CERTIFICACION DE PLANOS CATASTRADOS
NUMERO DE CERTIFICACION: RNPDIGITAL-1797983-2020
2-151437-1993
TOTAL DE PAGINAS: 3

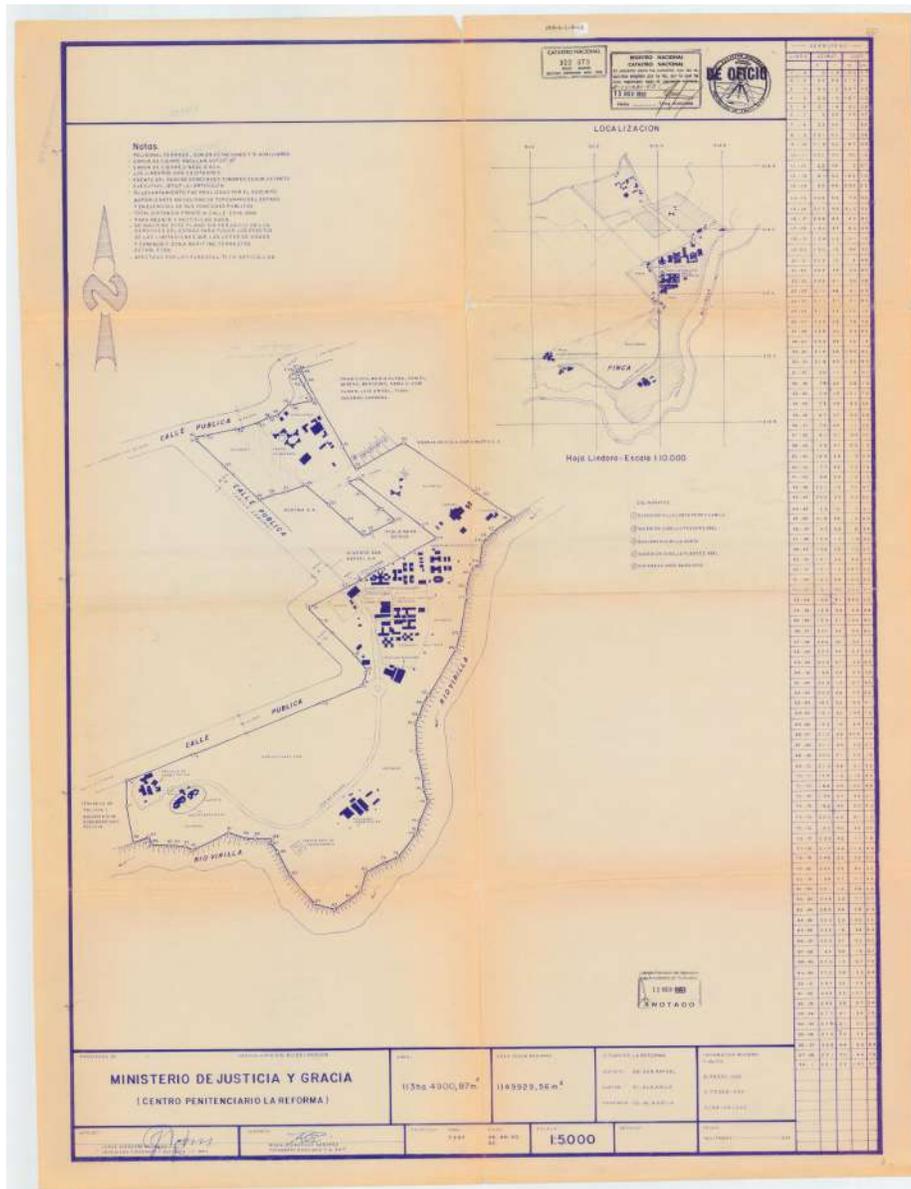
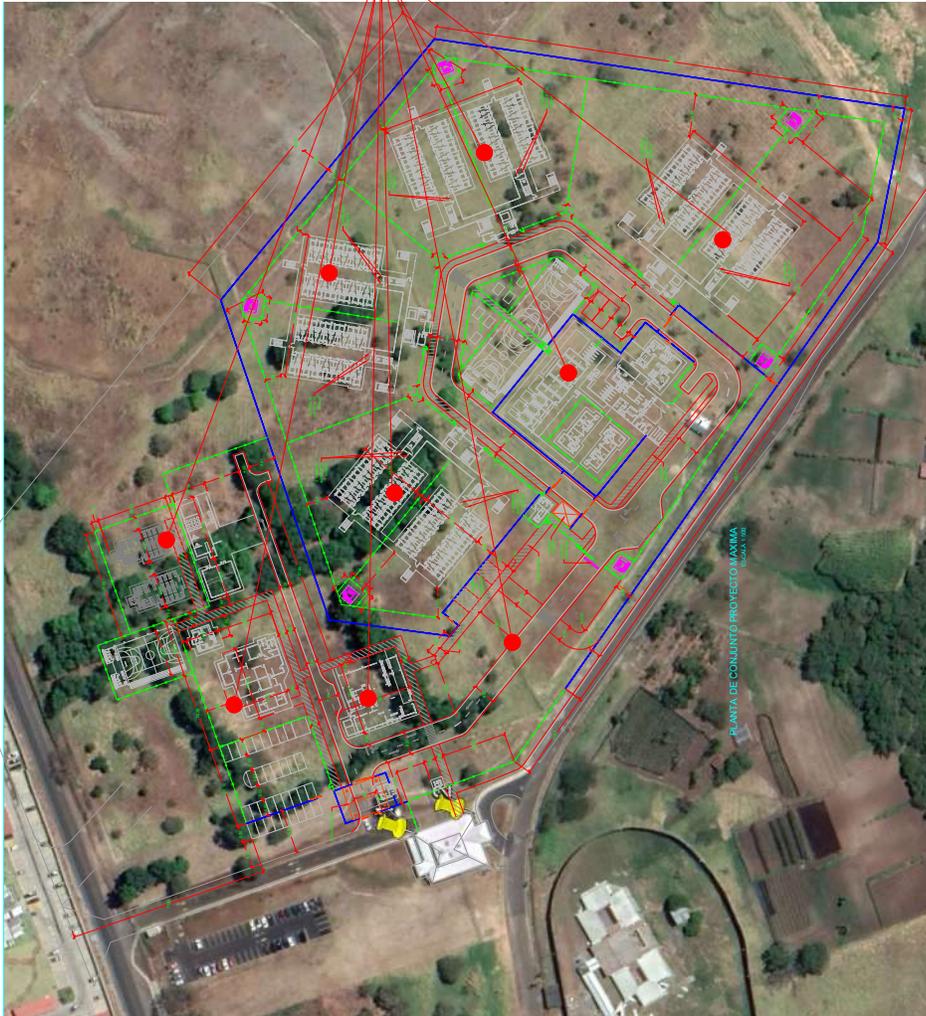




TABLA DE ÁREAS			
Zona	Cantidad	Área x Zona (m)	Área total (m)
Dormitorios policia	2	237.48	474.96
Gimnasio	3	407.91	1223.73
Ingreso	1	554.82	554.82
Recepción	1	110.9	110.9
Ingreso visita	1	1140.75	1140.75
Código	1	164.59	164.59
Calle	1	164.32	164.32
Caseta Ingreso	1	29.93	29.93
Ingreso PL	1	655.96	655.96
Ferri Ingreso	1	17.2	17.2
Ferri Módulos	6	26.24	157.44
Módulos alojamiento	4	2120.44	8481.76
Área técnica	1	2091.08	2091.08
Pasillo techado	1	1707.38	1707.38
Calle internas	1	3421.87	3421.87
SUMA			20826.59

PUNTOS DE PERFORACIÓN



INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
 DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO: CONJUNTO PROYECTO MAXIMA
 FECHA: 08-05-2022

