



COSTA RICA
GOBIERNO DEL BICENTENARIO
2018 - 2022



Documento de evaluación ambiental D1 Secretaría Técnica Nacional (SETENA), Costa Rica.

| | |
|--|---|
| Número de expediente | D1-0409-2020 |
| Tipo de trámite | D1 |
| Nombre Proyecto | Módulo de alojamiento en el CAI M Arcus Garvey - Limón |
| Fecha de recepción | 21-07-2020 15:50:17 |
| Documento identidad del desarrollador | 2-100-042006 |
| Nombre del desarrollador | ESTADO-MINISTERIO DE JUSTICIA Y PAZ |
| Instrumento utilizado | Declaración Jurada de Compromisos Ambientales |
| Código y actividad desarrollada | 4520 - Construcción y operación de edificaciones. Zona Rural. Excepto las viviendas uni-Familiares y edificaciones de 500m ² de construcción en dos pisos o menos. (1) La calificación final de la actividad, obra o proyecto, será la de la categoría de IAP más alta. (**) |





ESTADO-MINISTERIO DE
AMBIENTE ENERGIA Y
TELECOMUNICACIONES

Cédula Jurídica: 2100042014
Sucursal: 003-SETENA
Terminal: 00001
Dirección: Barrio Gonzalez Lhaman, Aranjuez,
Carmen, San José, San José
Teléfono: 22343420
Email: facturaelectronica@setena.go.cr
Sitio Web: www.imn.ac.cr

Comprobante Electrónico V. 4.3

Factura Electrónica:
0030000101000000889

Fecha y hora de emisión: 14-07-2020 12:31:20 pm
Fecha de vencimiento: 14-07-2020
Actividad económica: 751102
Clave:
50614072000210004201400300001010000000889154158151

Cliente: PABLO MORALES JIMENEZ

Número de identificación: 110310460
Dirección: Sabana oeste, Mata Redonda, San
José, San José
Teléfono: 88150356
E-mail: pmoralesj12@gmail.com

**Contacto: PABLO MORALES
JIMENEZ**

Teléfono: 88150356
E-mail: pmoralesj12@gmail.com

Información financiera

Condición de Venta: Contado
Código de Moneda: CRC
Tipo de Cambio: CRC 1.00
Medio de pago: Efectivo

| No | COD | PRODUCTO | CANT | UNI | PRECIO | DESCUENTO | IMPUESTO | TOTAL DE LÍNEA |
|----|--------|---|------|-----|----------------|-----------|-----------------------------|----------------|
| 1 | SET-02 | D1+DJCA (DECLARACIÓN JURADA DE COMPROMISOS AMBIENTALES) | 1.00 | Os | CRC 116,910.00 | CRC 0.00 | IVA 13.00% CRC 15,198.30 | CRC 132,108.30 |
| | | TRAMITE DE VIABILIDAD CON DJCA EN SETENA | | | | | | |
| 2 | SET-08 | GUÍA DE BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES | 1.00 | Os | CRC 29,227.50 | CRC 0.00 | IVA 13.00% CRC 3,799.58 | CRC 33,027.075 |
| | | GUÍA DE BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES CON CRITERIO DE PONDERACIÓN APLICADAS EN LA SETENA | | | | | | |

Comentario:

COMPROBANTE NÚMERO 13864541

| | |
|---------------------|-----------------------|
| Servicios gravados: | CRC 146,137.50 |
| Monto Total: | CRC 146,137.50 |
| Descuento: | - CRC 0.00 |
| Subtotal: | CRC 146,137.50 |
| Total IVA: | + CRC 18,997.88 |
| Otros Impuestos: | + CRC 0.00 |
| Total: | CRC 165,135.38 |

El monto total es equivalente a USD 282.50 con un tipo de cambio de CRC 584.55



LA UNIDAD DE GESTIÓN JURÍDICO CONTRACTUAL
ASESORÍA JURÍDICA
MINISTERIO DE JUSTICIA Y PAZ
CERTIFICA

Que de conformidad con el Acuerdo Ejecutivo número 473-P del catorce de febrero del dos mil veinte, la señora Fiorella María Salazar Rojas, mayor, soltera, economista, portadora de la cédula de identidad número uno-novecientos treinta y ocho-seiscientos cuarenta y seis, vecina de San Rafael de Escazú, es la Ministra de Justicia y Paz, órgano jerárquico superior del Ministerio de Justicia y Paz¹, cédula de persona jurídica número dos-cien-cero cuarenta y dos mil seis, a partir del catorce de febrero del dos mil veinte, a quien corresponde ejecutar las funciones descritas en el artículo veintiocho de la Ley General de la Administración Pública y ejercer la representación extrajudicial de la Institución de acuerdo al numeral ciento tres de la Ley supra citada.

Que la representación legal del Estado corresponde a la Procuraduría General de la República, según lo establecen los artículos uno y tres de la Ley número seis mil ochocientos quince de fecha veintisiete de setiembre de mil novecientos ochenta y dos (Ley Orgánica de la Procuraduría General de la República).*****

Es todo. Se extiende la presente a las nueve horas con cuatro minutos del tres de julio del dos mil veinte, a solicitud del señor Arnoldo Mora Sequeira, director ejecutivo del Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes, para realizar el proceso de cierre del proyecto denominado "*Construcción de Taller de Formación en CAI Vilma Curling*" expediente D1-20512-2017-SETENA ante la Secretaría Técnica Nacional.

¹ Mediante la ley número 8771, del catorce de septiembre de dos mil nueve, se modificó la denominación "Ministerio de Justicia" o "Justicia y Gracia" por Ministerio de Justicia y Paz, mediante una serie de reformas a la ley Nº 6739, de 28 de abril de 1982, Ley Orgánica del Ministerio de Justicia, por lo que el cambio de denominación no afecta el número de cédula de persona jurídica de este Ministerio (2-100-042006).

REPUBLICA DE COSTA RICA
REGISTRO NACIONAL
CERTIFICACION LITERAL
NUMERO DE CERTIFICACION: RNPDIGITAL-1215152-2020

MATRICULA: 8769---000

NATURALEZA: UNIDAD DE ADMISION DE LIMON
SITUADA EN EL DISTRITO 1-LIMON CANTON 1-LIMON DE LA PROVINCIA DE LIMON
LINDEROS:

NORTE CARRETERA Y OTROS
SUR CATALINA OTAYA
ESTE JUAN ACU/A
OESTE EL ESTADO Y OTRO

MIDE: CIENTO SESENTA Y DOS MIL QUINIENTOS NOVENTA Y NUEVE METROS CON CUARENTA Y DOS DECIMETROS CUADRADOS
PLANO:NO SE INDICA

LOS ANTECEDENTES DE ESTA FINCA DEBEN CONSULTARSE EN EL FOLIO MICROFILMADO DE LA PROVINCIA DE LIMON NUMERO 8769 Y ADEMAS PROVIENE DE 1787 485 002

PROPIETARIO:

ESTADO-MINISTERIO DE JUSTICIA Y PAZ
CEDULA JURIDICA 2-100-042006
DUEÑO DEL DOMINIO
PRESENTACIÓN: 0396-00008062-01
FECHA DE INSCRIPCIÓN: 14-OCT-1992

OTROS:

ANOTACIONES SOBRE LA FINCA: NO HAY
GRAVAMENES o AFECTACIONES: SI HAY

RESERVAS Y RESTRICCIONES
CITAS: 310-17767-01-0901-001

REFERENCIAS: 1787 485 001
AFECTA A FINCA: 7-00008769 -000
CANCELACIONES PARCIALES: NO HAY
ANOTACIONES DEL GRAVAMEN: NO HAY

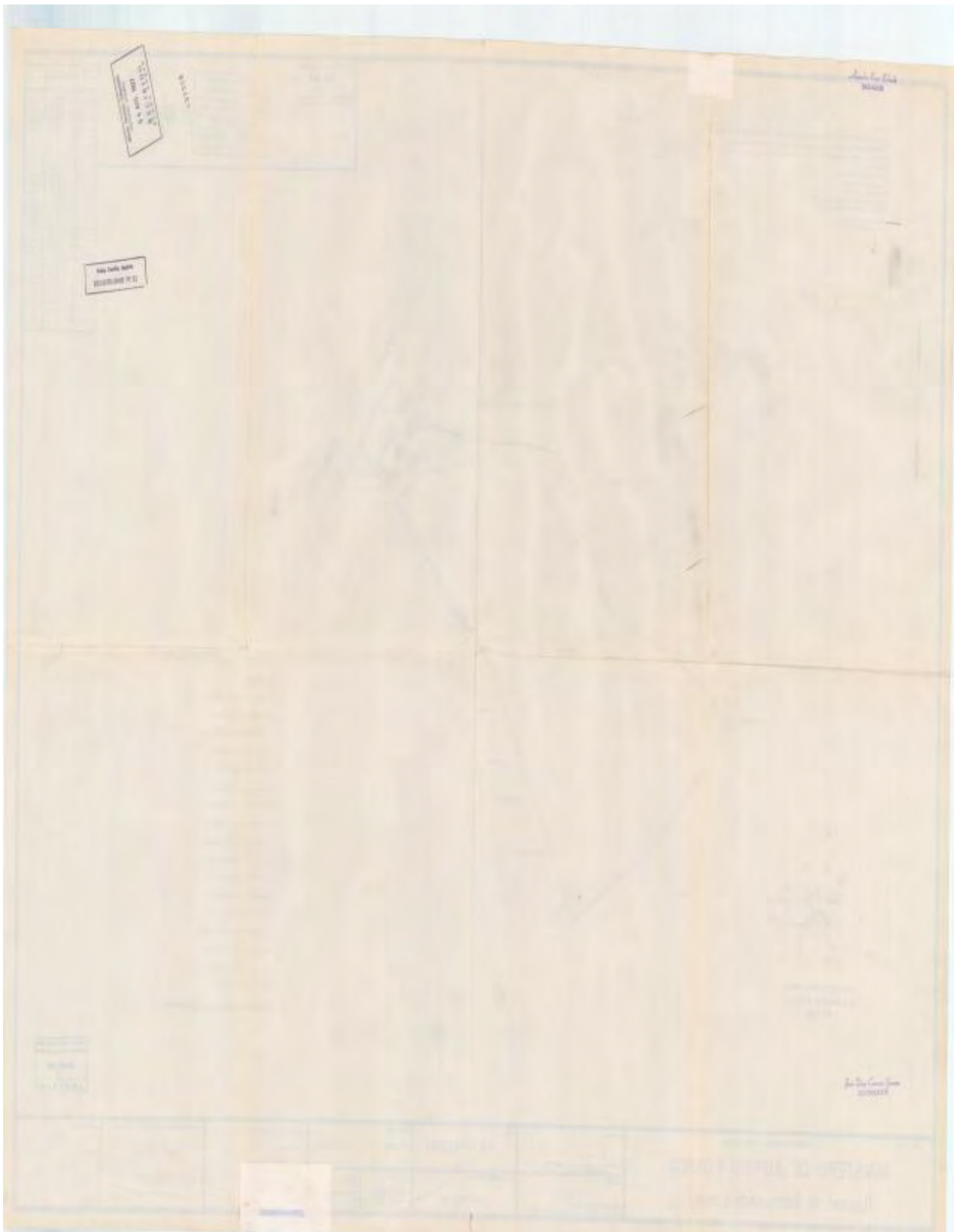
RESERVAS Y RESTRICCIONES
CITAS: 310-17767-01-0902-001

REFERENCIAS: 1787 485 001
AFECTA A FINCA: 7-00008769 -000
CANCELACIONES PARCIALES: NO HAY
ANOTACIONES DEL GRAVAMEN: NO HAY

ESTA CERTIFICACION, CUYOS DERECHOS ARANCELARIOS FUERON DEBIDAMENTE CANCELADOS, CONSTITUYE DOCUMENTO PUBLICO CONFORME LO ESTABLECEN LOS ARTICULOS 45.2 DEL CODIGO PROCESAL CIVIL, 5 INCISO D) DE LA LEY DE CERTIFICADOS, FIRMAS DIGITALES Y DOCUMENTOS ELECTRONICOS N° 8454, Y EL DECRETO EJECUTIVO N° 35488-J, PUBLICADO EN LA GACETA N° 196, DEL 8 DE OCTUBRE DE 2009. EN DICHO MARCO LEGAL SE ESTABLECE LA OBLIGATORIEDAD DE RECIBIR ESTE DOCUMENTO POR PARTE DE LOS ENTES PÚBLICOS Y PRIVADOS, ASÍ COMO PARA LOS PARTICULARES, EN CASO DE QUE SE LE PRESENTEN PROBLEMAS PARA LA RECEPCIÓN DE ESTE DOCUMENTO Y APLICACIÓN DE SUS EFECTOS LEGALES, SIRVASE COMUNICARLO AL CENTRO DE ASISTENCIA AL USUARIO, TELEFONO. 2202-0888.

ESTIMADO USUARIO, EL REGISTRO NACIONAL LE INDICA QUE EL VALOR DE LA PRESENTE CERTIFICACION FUE ESTABLECIDO POR LA JUNTA ADMINISTRATIVA EN LA SUMA DE DOS MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y DOS COLONES CON CINCUENTA CENTIMOS MAS LOS TIMBRES RESPECTIVOS; NINGUNA PERSONA FISICA O JURIDICA PUEDE VARIAR ESE VALOR.

EMITIDA A TRAVES DEL PORTAL DE SERVICIOS DIGITALES Y CON DATOS CONSULTADOS A UNA REPLICA OFICIAL DE LA BASE DE DATOS DEL REGISTRO NACIONAL, A LAS 13 HORAS 56 MINUTOS Y 18 SEGUNDOS, DEL 14 DE JULIO DE 2020.
PODRA SER VERIFICADA EN EL SITIO www.rnpdigital.com DENTRO DE LOS SIGUIENTES 15 DIAS NATURALES.
SI LA CERTIFICACIÓN CONTIENE ALGUNA INCONSISTENCIA EN LA INFORMACIÓN, FAVOR DE CONTACTAR A rnpdigital@rnp.go.cr, PARA DETERMINAR EL ORIGEN DE LA INCONSISTENCIA Y COMPETENCIA DE LA RESOLUCIÓN.



Anotaciones: Inexistente(s) No tiene movimientos en Bienes Inmuebles

El Registro Nacional advierte que las anotaciones registrales antes del 25 de mayo del 2011 no están disponibles para ser consultadas por este medio.

En caso existir anotaciones anteriores al 30 de Junio del 2003 se encuentran en la imagen del plano.

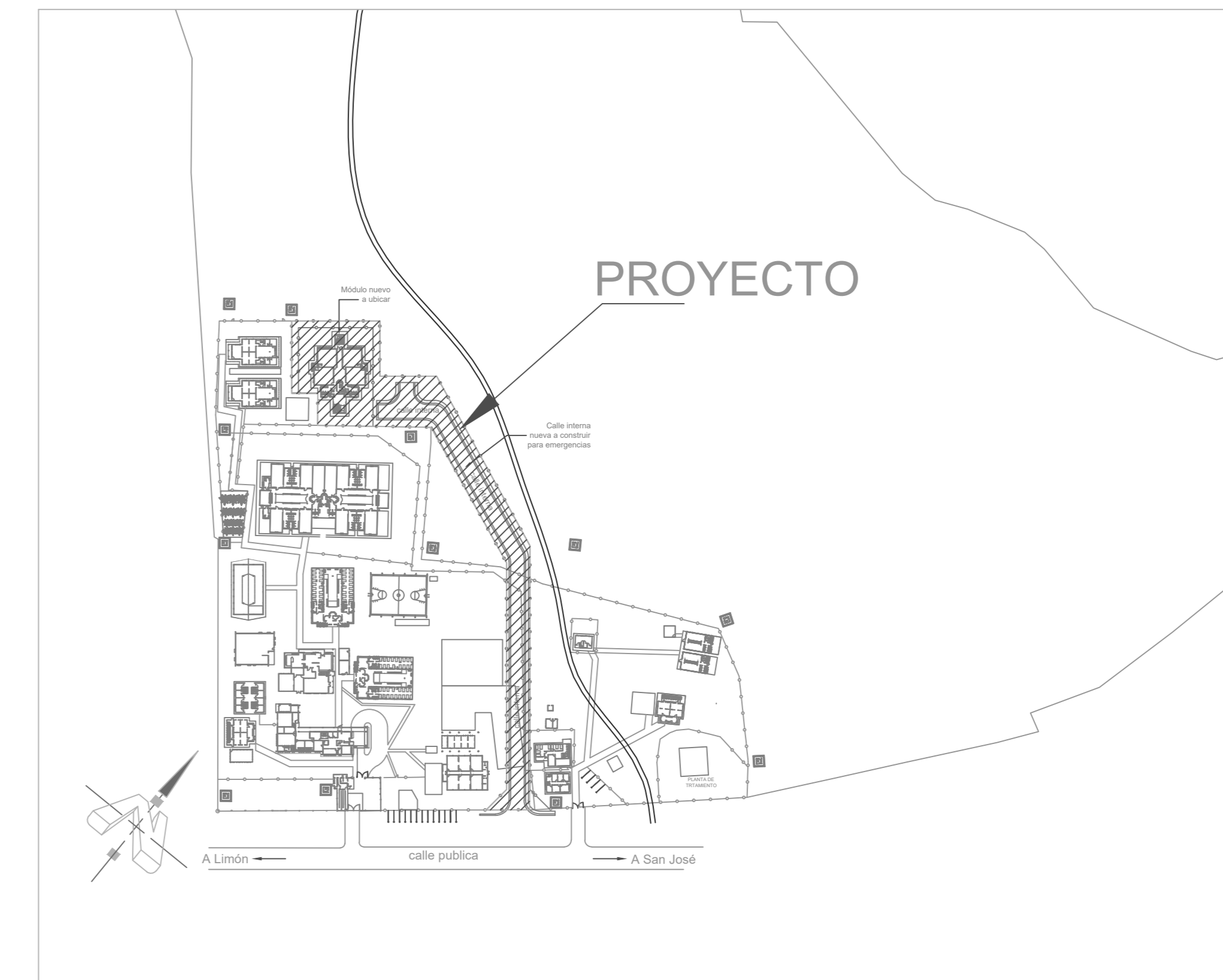
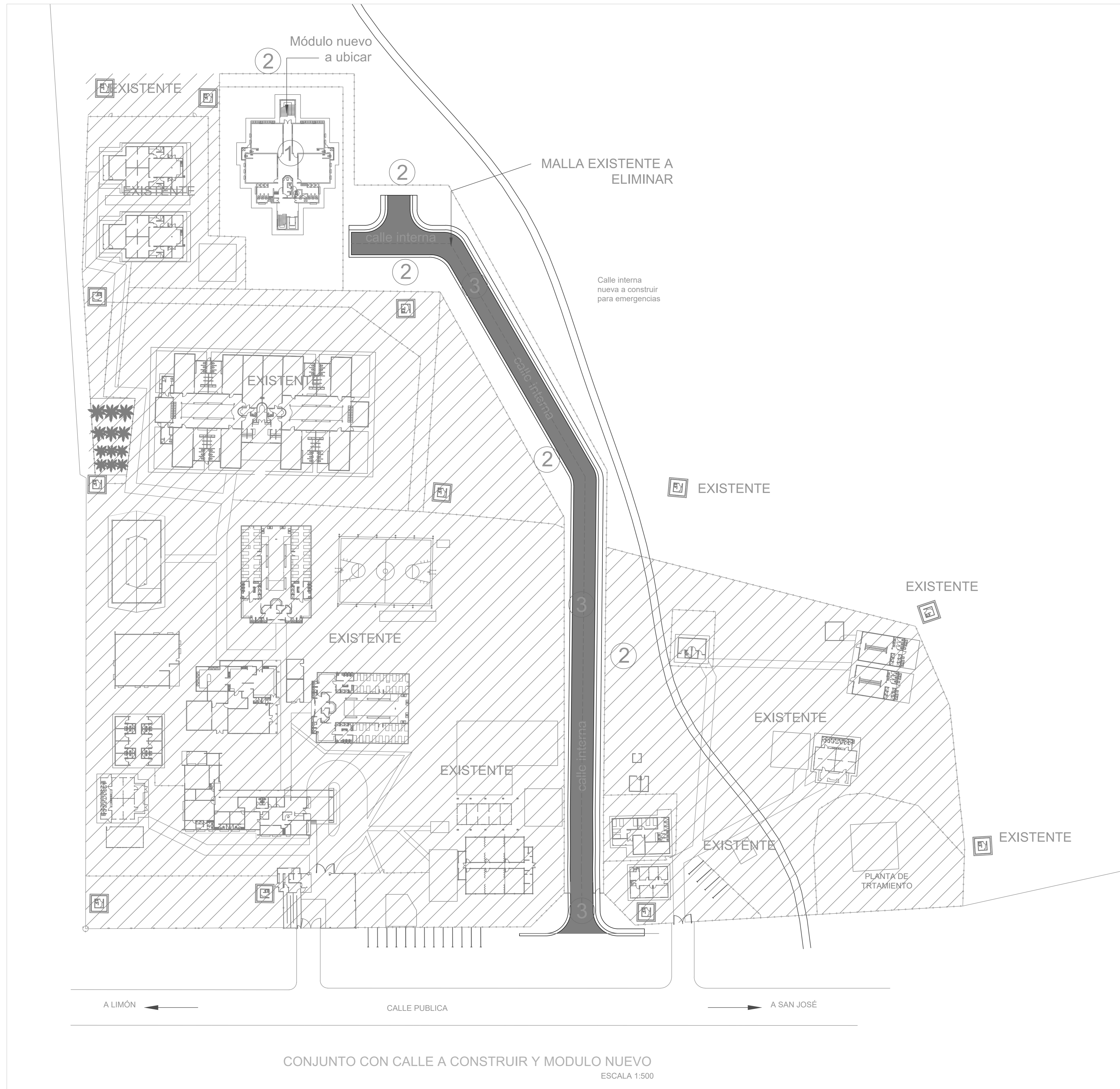
De acuerdo al artículo 71 del reglamento a la Ley del Catastro Nacional, esta certificación no indica si el plano está caduco.

ESTA CERTIFICACION, CUYOS DERECHOS ARANCELARIOS FUERON DEBIDAMENTE CANCELADOS, CONSTITUYE DOCUMENTO PUBLICO CONFORME LO ESTABLECEN LOS ARTICULOS 45.2 DEL CODIGO PROCESAL CIVIL, 5 INCISO D) DE LA LEY DE

CERTIFICADOS, FIRMAS DIGITALES Y DOCUMENTOS ELECTRONICOS N.8454, Y EL DECRETO EJECUTIVO N. 35488-J, PUBLICADO EN LA GACETA N. 196, DEL 8 DE OCTUBRE DE 2009. EN DICHO MARCO LEGAL SE ESTABLECE LA OBLIGATORIEDAD DE RECIBIR ESTE DOCUMENTO POR PARTE DE LOS ENTES PUBLICOS Y PRIVADOS, ASI COMO PARA LOS PARTICULARES, EN CASO DE QUE SE LE PRESENTEN PROBLEMAS PARA LA RECEPCION DE ESTE DOCUMENTO Y APLICACION DE SUS EFECTOS LEGALES, SIRVASE COMUNICARLO AL CENTRO DE ASISTENCIA AL USUARIO, TELEFONO. 2202-0888.

ESTIMADO USUARIO, EL REGISTRO NACIONAL LE INDICA QUE EL VALOR DE LA PRESENTE CERTIFICACION FUE ESTABLECIDO POR LA JUNTA ADMINISTRATIVA EN LA SUMA DE DOS MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y DOS COLONES CON CINCUENTA CENTIMOS MAS LOS TIMBRES RESPECTIVOS; NINGUNA PERSONA FISICA O JURIDICA PUEDE VARIAR ESE VALOR.

EMITIDA A TRAVES DEL PORTAL DE SERVICIOS DIGITALES Y CON DATOS CONSULTADOS A UNA REPLICA OFICIAL DE LA BASE DE DATOS DEL REGISTRO NACIONAL, A LAS 13 HORAS 52 MINUTOS Y 58 SEGUNDOS, DEL 14 DE JULIO DE 2020. PODRA SER VERIFICADA EN EL SITIO www.rnpdigital.com DENTRO DE LOS SIGUIENTES 15 DIAS NATURALES. SI LA CERTIFICACION CONTIENE ALGUNA INCONSISTENCIA EN LA INFORMACION, FAVOR DE CONTACTAR A rnpdigital@rnp.go.cr, PARA DETERMINAR EL ORIGEN DE LA INCONSISTENCIA Y COMPETENCIA DE LA RESOLUCION.



UBICACION GEOGRAFICA
SIN ESCALA

| NOMENCLATURA | |
|--------------|---------------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| ① | MÓDULO NUEVO A UBICAR |
| ② | MALLA A CONSTRUIR |
| ③ | CALLE INTERNA A CONSTRUIR |
| | EXISTENTE |



INFORMACION REGISTRO PUBLICO
PROPIETARIO MINISTERIO DE JUSTICIA Y PAZ
N° CATASTRO A-151437-93
FINCA 7207 FOLIO REAL 46-48-50-52
CONTENIDO



| ESCALA | FECHA | LAMINA |
|----------|-------|--------|
| INDICADA | | C / 6 |

**PROTOCOLO PARA ESTUDIO GEOLÓGICO DEL TERRENO
(INTEGRADO)**

PROYECTO: Módulo de alojamiento en el CAI Marcus Garvey Limón

LOCALIZACIÓN: Provincia: Limón Cantón: Limón Distrito: Limón

PROFESIONAL QUE ELABORA EL ESTUDIO: Profesional Geología

Nombre del profesional: Ana Elena Vega Arce

Número de cédula: 1-1106-0648 **Número de colegiado:** CGCR-362

Registro SETENA: CI-0291-2012 Vigencia: 2020

DOCUMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL

El / La suscrito (a) **ANA ELENA VEGA ARCE**, portador(a) de la cédula de identidad número **1-1106-0648**, profesional en **GEOLOGÍA**, manifiesto ser responsable directo de la información técnica científica que se aporta en el presente documento, la cual se elaboró para el proyecto denominado: Módulo de alojamiento en el CAI Marcus Garvey Limón, Plano catastrado 7-419778-97.

En virtud de ello, someto el presente Estudio de Geología Básica del Terreno 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 sea analizado y se constate que el mismo ha cumplido con los lineamientos técnicos y normativos establecidos. Tengo presente que en apego al artículo 5 del Decreto Ejecutivo 32712-MINAE, la información contenida en este estudio se presenta bajo el concepto de Declaración Jurada, a conocimiento y conciencia de que dicha información es actual y verdadera y que, en caso contrario, pueden derivarse consecuencias penales del hecho. Por lo cual, manifiesto que, de encontrarse alguna irregularidad en la información, seré 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.

Atentamente.

Geól. Ana Elena Vega Arce
CRCG-362
CI-291-2012

Fecha de emisión: Junio 2020

1. TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| 1. Tabla de contenido..... | 2 |
| 1. Introducción | 3 |
| 2. Unidades geológicas superficiales y del subsuelo superior, descripción básica de las unidades y sus atributos litopetroficios fundamentales | 6 |
| 2.1 Descripción espacial de las unidades geológicas locales y descripción de parámetros físicos fundamentales, para lo cual debe contener los siguientes elementos de análisis:..... | 6 |
| 2.2 GEOLOGÍA LOCAL | 7 |
| 2.3 Integración con los datos del estudio geotécnico..... | 7 |
| 2.4 Datos geomorfológicos relevantes procesos de erosión – sedimentación, datos de geodinámica externa relevantes..... | 8 |
| 2.5 Procesos geológicos geodinámica externa..... | 9 |
| 2.6 Síntesis de resultados y conclusiones geológicas..... | 9 |
| 2.7 Discusión sobre las limitantes de incertidumbre y alcance del estudio | 9 |
| 3.1. Datos hidrogeológicos del entorno inmediato..... | 12 |
| 3.2. Condiciones hidrogeológicas locales y caracterización básica del acuífero subyacente, así como propiedades básicas del acuífero subyacente..... | 13 |
| 3.3. Síntesis de resultados y conclusiones hidrogeológicas, análisis de vulnerabilidad a la contaminación basado en el modelo hidrogeológico local..... | 13 |
| 3.4. Identificación de fuentes potenciales de contaminación del agua subterránea | 14 |
| 3.5. Discusión sobre las limitantes de incertidumbre y alcance del estudio | 14 |
| Evaluación de la amenaza / riesgo por fallamiento geológico, sismicidad y potencial de licuefacción. | 16 |

1. INTRODUCCIÓN

El Área del Proyecto (AP) para la construcción del PROYECTO, se ubica en el cantón Limón, en el distrito Limón de la provincia de Limón. Geográficamente el AP se localiza entre las coordenadas CRTM-05, 598884 N y 1104438 W, escala 1:50.000, (Figura 1, Mapa de Ubicación).

Las condiciones del sitio del proyecto se observan en la fotografía 1, se presenta las condiciones actuales del AP.



Fotografía 1- las condiciones topográficas del AP.

Objetivos

El siguiente estudio contempla los protocolos de geología básica, hidrogeología ambiental y condición de amenazas y riesgos naturales, el objetivo en cada caso es el siguiente:

Estudio técnico de geología básica

Caracterizar de manera rápida y directa la conformación geológica estructural del AP y su entorno inmediato. De acuerdo con la sección I del Manual de Evaluación de Impacto Ambiental es importante determinar a geopotencial de AP, que se define como las limitantes técnicas o atributos técnicos positivos respecto del desarrollo de la actividad, obra o proyecto.

Estudio técnico de hidrogeología ambiental

Evaluar las condiciones de geopotencial del terreno tomando en cuenta aspectos de hidrogeología ambiental, determinando su vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de las aguas subterráneas.

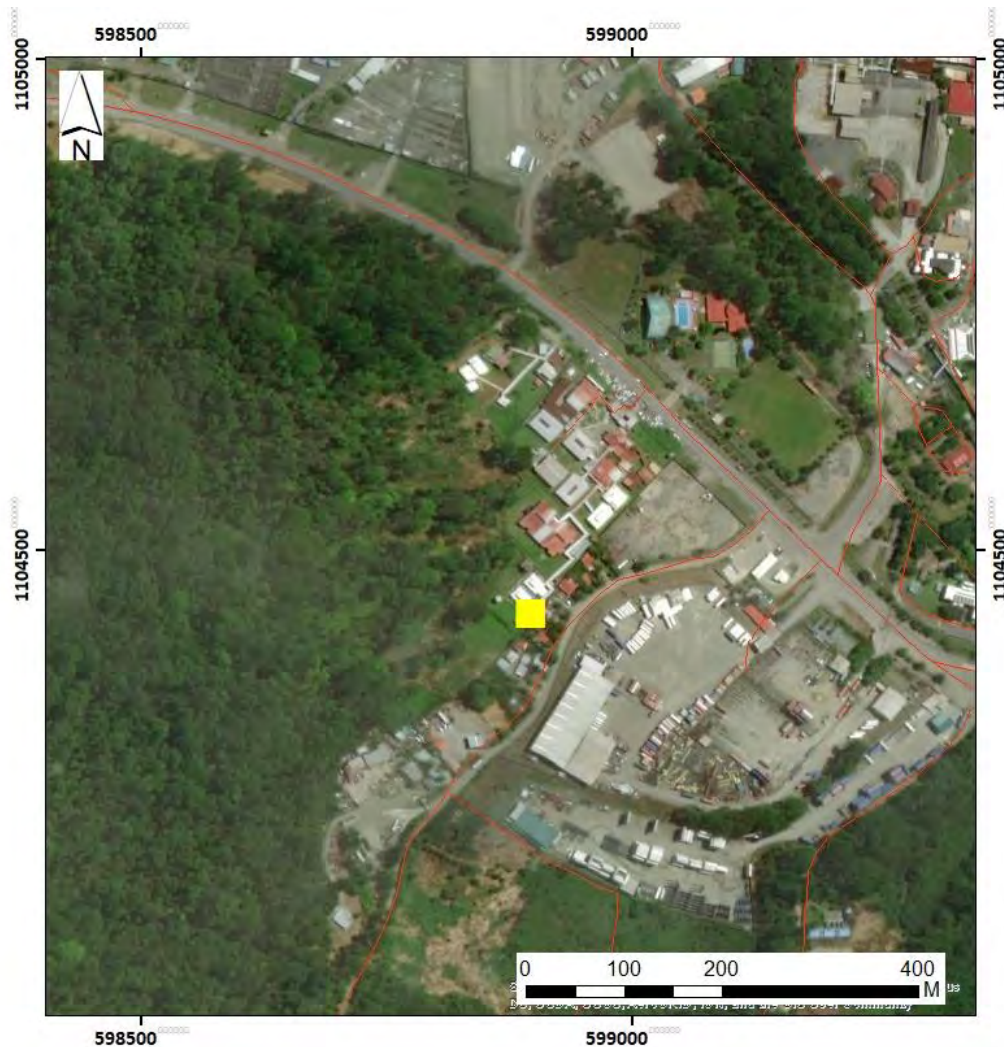
Estudio estructural y amenazas / riesgos naturales

Establecer si el proyecto, actividad u obra a desarrollar, puede ser realizable bajo las condiciones estructurales, geomecánicas y geotécnicas y establecer las medidas necesarias para disminuir la eventual condición de vulnerabilidad que puede presentar el mismo, analizando además el entorno geotectónico en que se ubica.

Metodología aplicada para llevarlo a cabo

El procedimiento de trabajo geológico fue el siguiente:

- Se realizó una visita al sitio para realizar observaciones de campo, hacer un análisis de las condiciones geológicas de las unidades aflorantes de roca, de la topografía, tanto en el AP como en el AID.
- Se recopiló la información obtenida del estudio de suelos con respecto a las características geotécnicas del AP.
- Se realizó un análisis de las amenazas y riesgos naturales geológicos que presentan la zona del proyecto, tomando en cuenta estudios, mapas y literatura de sismicidad y neotectónica que se hayan realizado en la región.
- Se recopiló la información bibliográfica necesaria y se elaboró el presente informe como una parte de la evaluación ambiental D1.



PROYECTO
Módulo de alojamiento
en el CAI Marcus
Garvey Limón

Figura 1
 Mapa de Ubicación

Ubicación
 Distrito Limón
 Cantón Limón
 Provincia Limón

Simbología

Ap

carreteras

Elaborado por
 Geól. ANA ELENA VEGA ARCE
 CGCR-362

DATOS DE LA GEOLOGÍA BÁSICA DE LA FINCA

2. UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES Y DEL SUBSUELO SUPERIOR, DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LAS UNIDADES Y SUS ATRIBUTOS LITOPETROFICIOS FUNDAMENTALES

2.1 Descripción espacial de las unidades geológicas locales y descripción de parámetros físicos fundamentales, para lo cual debe contener los siguientes elementos de análisis:

El AP se ubica en la zona del Tras-arco de Costa Rica; específicamente en la cuenca tras arco Llanura Costera NW de Limón. Las rocas del subsuelo y alrededores se han correlacionado regionalmente con las rocas sedimentarias de la Formación Limón en la playa de bahía Portete. La figura 2 es el Mapa Geológico para el AP y AID de acuerdo con las observaciones de campo realizadas, mapas regionales, bibliografía recopilada y la interpretación geomorfológica de las formas y pendientes del terreno en el proyecto.

Formación Limón

Esta formación geológica aflora a lo largo de la costa, desde el promontorio de Moín hasta la zona de Manzanillo al sur de la provincia de Limón. También aflora en algunas localidades de la fila Asunción. Consiste de lutitas, areniscas y cuerpos carbonatados de origen arrecifal, interestratificados y aislados. Su ambiente de depositación se interpreta como lagunar muy somero con aguas limpias y calidas, el espesor es de unos 100 m y se asocia lateralmente con conglomerados de la Formación Suretka; su edad es Plio-Pleistoceno al reciente (Bottazzi et al., 1994 en Linkimer & Aguilar, 2000).

A nivel local se observaron afloramientos levantados de calizas arrecifales cubiertas en algunos sectores por depósitos cuaternarios de arenas de playa y suelos de color beige de características arcillosas.

Depósitos Aluviales

Geológicamente no se observó ningún afloramiento de roca dentro o en las cercanías del área de estudio, no se presentan manantiales, ni ríos en las cercanías.

2.2 GEOLOGÍA LOCAL

La figura 2 se presenta el mapa geológico de la zona de estudio basado en las observaciones de campo y revisión bibliográfica. Dentro de Ap no se observan afloramientos de roca.

La topografía del AP es plana, no hay evidencia de material en el sitio específicamente, esta se detalla en la fotografía 2.



Fotografía 2. La imagen de la quebrada que se ubica en el AP, solamente se observa material aluvial.

2.3 Integración con los datos del estudio geotécnico.

Dentro del AP se llevó a cabo un estudio geotécnico de suelos por parte de la firma GAVEA, en el informe se indica lo siguiente:

Con base en las perforaciones SPT y los ensayos geofísicos ejecutados, se logró caracterizar geotécnicamente el sitio de estudio. Se identificó una unidad geotécnica:

En la siguiente tabla, se observa la clasificación del material, según se indica en el estudio realizado en el AP.

Tabla 1. Descripción del material in situ

| Unidad geotécnica | Descripción |
|-------------------|--|
| UG-1 | Suelo de consistencia blanda a media. Color café claro. N_{SPT} menor de 10 golpes. Estos materiales clasifican según SUCS como arcillas de baja plasticidad (CL) o limos elásticos (MH). Presentan un espesor entre 1.0 m y 3.0 m, V_p menor de 400 m/s y V_s menor de 200 m/s. |
| UG-2 | Suelo de consistencia dura. Color gris. N_{SPT} entre 10 y 30 golpes. Estos materiales clasifican según SUCS como arcillas de alta plasticidad (CH) o limos de alta plasticidad (MH). Presentan un espesor indefinido, V_p 1300 y 1500 m/s y V_s entre 200 y 300 m/s. Son potencialmente expansivas. |

Con base en los resultados de las perforaciones SPT no fue identificada la presencia de nivel freático. De las prospecciones geofísicas se infiere que por debajo de los 2 m de profundidad el material se encuentra saturado. Por otra parte, los ensayos de laboratorio muestran que la humedad del medio es casi constante por debajo de los 1.5 m de profundidad, variando entre el 40% y 50%.

2.4 Datos geomorfológicos relevantes procesos de erosión – sedimentación, datos de geodinámica externa relevantes

Regionalmente el AP y el AID se sitúan en la forma de origen tectónico-erosivo lomeríos bajos de Limón; en los cuales se incluyen los cerros donde se asienta la ciudad de Limón así como los cerros localizados al SW. Son lomas de contorno suave, con pendientes no mayores de 35°. Las vías drenaje superficial son escasas, indicando buena permeabilidad de los terrenos. Hacia el lado cercano a la carretera (AID), se observan algunos pequeños sumideros, lo cual indica la presencia de rocas calcáreas y los espacios interfluviales son por lo general angostos (Salazar, 2000). A nivel local el AP se localiza muy cerca del contacto entre los lomeríos anteriormente mencionados y la plataforma de abrasión carbonatada en bahía Portete; conformando una Unidad de Pendiente Plana de Playa (Figura 3, Mapa Geomorfológico).

2.5 Cauces de escorrentía superficial en el AP

En el AP se localiza la presencia de una quebrada, ubicada hacia el oeste de la zona del proyecto.

Por la ubicación geográfica y la geomorfología, se determina que existe la amenaza de inundación por escorrentía superficial, se recomienda mantener las zonas de protección de dicha quebrada.

2.6 Procesos geológicos geodinámica externa.

En la visita realizada a la finca se observaron indicios de erosión fluvial. No hay evidencias de deslizamientos o hundimientos, en el estudio de suelos no se reportan suelos con características que presenten potencial de licuefacción.

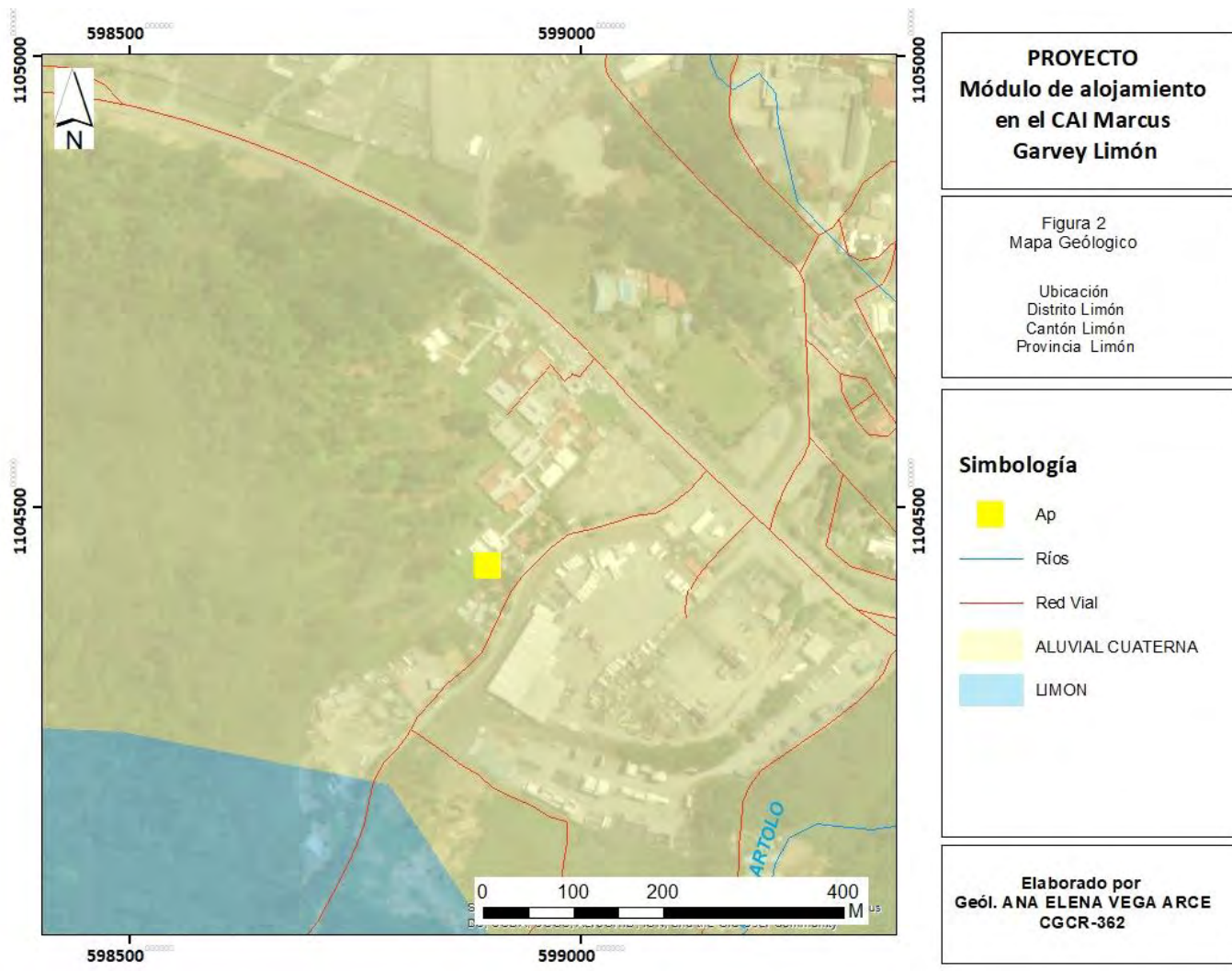
Según indican personal que labora en el sitio, la zona baja de la finca, se da un almacenamiento de agua, ocasionado durante el incremento de precipitación.

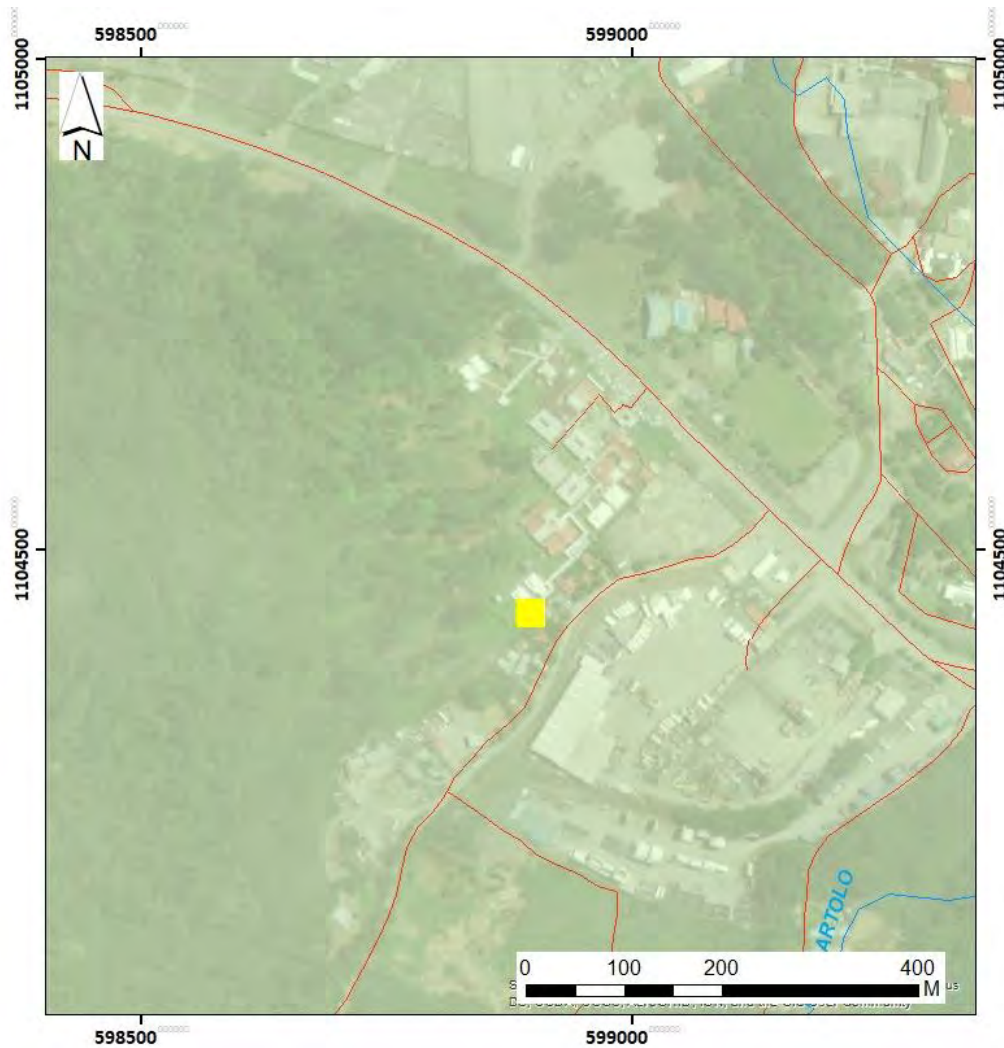
2.7 Síntesis de resultados y conclusiones geológicas

- El AP y el AID se ubican en la zona del Tras-arco de Costa Rica; específicamente en la cuenca tras arco Llanura Costera NW de Limón, las rocas del subsuelo y alrededores del AP se han correlacionado regionalmente con las rocas sedimentarias de los depósitos aluviales.
- Regionalmente el AP y el AID se sitúan en la forma de origen tectónico-erosivo Lomeríos bajos de Limón; en los cuales se incluyen los cerros donde se asienta la ciudad de Limón así como los cerros localizados al SW.
- Si hay quebradas o ríos que colinden el AP
- Se debe tener control con aguas pluviales, dado la pendiente de la finca, se presenta una acumulación de las mismas en la sección central.
- La geoaptitud geológica de la finca en el AP es favorable para el desarrollo del proyecto.

2.8 Discusión sobre las limitantes de incertidumbre y alcance del estudio

El principal alcance de este estudio es la definición de la geología y de las características de las unidades que afloran en el AP, así como de las unidades geomorfológicas, basándose en las observaciones de campo hechas a lo largo de la finca.





PROYECTO
Módulo de alojamiento
en el CAI Marcus
Garvey Limón

Figura 3
 Mapa Geomorfológico

Ubicación
 Distrito Limón
 Cantón Limón
 Provincia Limón

Simbología

- Ap
- Ríos
- Red Vial
- Laderas denudacionales plano onduladas

Elaborado por
 Geól. ANA ELENA VEGA ARCE
 CGCR-362

DATOS SOBRE LA HIDROGEOLOGÍA AMBIENTAL

3.1. Datos hidrogeológicos del entorno inmediato

A continuación, se detalla el estudio técnico de hidrogeología ambiental del terreno de conformidad con lo establecido en el protocolo de la Sección III, del anexo 6 del Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. Se hace una evaluación de las condiciones hidrogeológicas y de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas debido a que el proyecto contempla el sistema de tratamiento de aguas residuales existente.

Pozos perforados

El Área de Gestión e Investigación Hídrica del Senara posee una base de datos de pozos perforados y excavados de todo el país, dentro de la cual no se tienen registros de pozos en un radio de 1000 metros con respecto al AP, por lo cual se tabulan a continuación los pozos más cercanos al AP (figura 4, mapa hidrogeológico)

CUADRO 1. Lista de pozos registrados en un radio de 1000 m con respecto al AP. Tomado de Senara (2020).

| Número de pozo | X | Y | Propietario | Distancia (m) |
|----------------|--------|--------|---------------------------|---------------|
| RB-111 | 635200 | 219100 | MATA GRANDE, S.A. | 97.51 |
| RB-136 | 635400 | 219200 | ADM.DE JUSTICIA | 178.07 |
| RB-142 | 635475 | 219580 | RECOPE S.A. | 460.69 |
| RB-144 | 634850 | 218600 | ASOC.ACUEDUCTO LOMA LINDA | 701.72 |
| RB-77 | 635300 | 219800 | ICE | 610.01 |
| ILG-283 | 635500 | 219400 | RECOPE | 345.41 |
| ILG-284 | 635800 | 219350 | RECOPE | 598.42 |

Se cuenta con información hidrogeológica para los siguientes pozos en los alrededores del AID, esta se muestra en el siguiente cuadro 2 y en la figura 1 (Mapa elementos de hídricos).

CUADRO 2. POZOS SELECCIONADOS CON INFORMACION HIDROGEOLÒGICA

| ID | Profundidad | Nivel Estático | Nivel Dinámico | Q |
|-------|-------------|----------------|----------------|-----|
| RB111 | 44.0 | 12.0 | | 0.8 |
| RB136 | 0.0 | 0.0 | | 0.5 |
| RB142 | 0.0 | 0.0 | | 0.5 |
| RB144 | 0.0 | 0.0 | | 0.0 |

3.2. Condiciones hidrogeológicas locales y caracterización básica del acuífero subyacente, así como propiedades básicas del acuífero subyacente.

El análisis hidrogeológico se tiene que realizar en la relación de la zona costera con la cuña entre al agua dulce y el agua salada; ya que las calizas arrecifales que conforman acuíferos cársticos pueden estar descargando agua dulce en la bahía Portete.

Los depósitos aluviales conforman acuíferos de tipo libre a confinados, dada la alternancia de capas y materiales que se puedan presentar, según la información del cuadro anterior, se reporta un nivel de agua en el pozo RB-111 los 12 metros de profundidad, en los otros pozos no se tiene información de profundidades, solamente del caudal solicitado, evidencia de un bajo potencial del acuífero que se aprovecha en la zona.

3.3. Síntesis de resultados y conclusiones hidrogeológicas, análisis de vulnerabilidad a la contaminación basado en el modelo hidrogeológico local

Para el análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero conformado en el subsuelo del AP y el AID en la zona del proyecto y alrededores, se usará el Método "G.O.D". (por sus iniciales en inglés), el cual considera dos factores básicos:

- El grado de inaccesibilidad hidráulica de la zona saturada
- La capacidad de atenuación de los estratos suprayacentes a la zona saturada del acuífero. (Foster, et al, 2002).

El índice de vulnerabilidad G.O.D. caracteriza la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos en función de los parámetros:

- **G**rado de confinamiento hidráulico
- **O**currencia del sustrato suprayacente
- **D**istancia al nivel freático

Se analizará en este el acuífero por ser el que representa el mayor riesgo a ser afectado y para el proyecto los valores asignados los en el Cuadro 3.

CUADRO 3. APLICACIÓN DEL MÉTODO “G.O.D”. EN EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL PROYECTO.

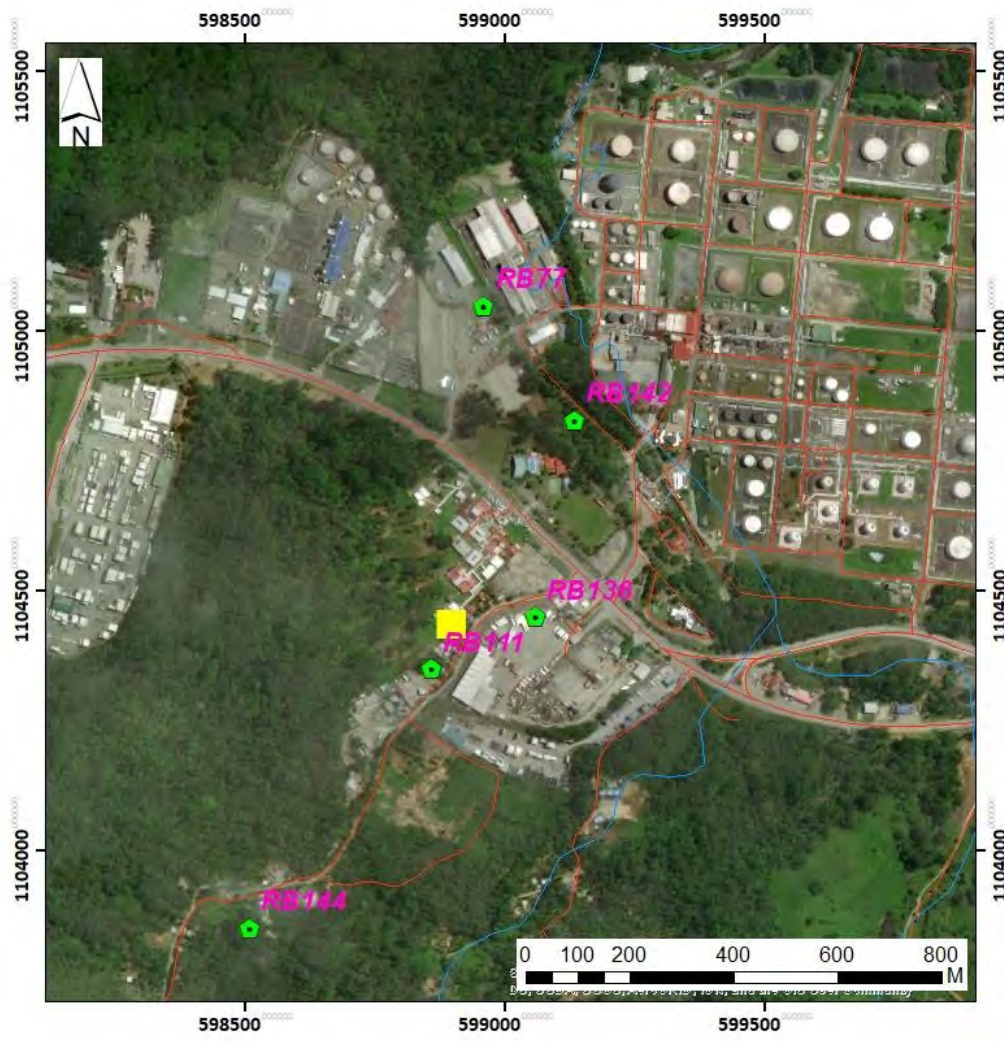
| Parámetro | Clasificación | Valor |
|---|-------------------------|--------------|
| Grado de confinamiento hidráulico | Libre -Cubierto | 0.60 |
| Ocurrencia del sustrato suprayacente | Limos y tobas recientes | 0.60 |
| Distancia al nivel del agua subterránea | 5- a 20 metros | 0.60 |
| Valor del índice de vulnerabilidad | G x O x D | 0.216 |
| Vulnerabilidad a la contaminación del acuífero | BAJA | |

3.4. Identificación de fuentes potenciales de contaminación del agua subterránea

La principal fuente potencial de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales son las aguas negras, para ello el proyecto cuenta con el aval de uso de planta de tratamiento, así como aguas residuales y jabonosas. Por lo tanto, se tienen que tomar medidas de prevención; minimizando el riesgo de una contaminación a los recursos hídricos.

3.5. Discusión sobre las limitantes de incertidumbre y alcance del estudio

- La geoptitud del terreno es favorable para llevar a cabo el proyecto, la zona del AP, cuenta con planta de tratamiento para las aguas residuales, por ello las condiciones de contaminación se reducen, se recomienda un adecuado mantenimiento para todo el sistema de tuberías y planta de tratamiento, esto con el fin de maximizar la prevención y protección de los recursos hídricos superficiales y marinos.
- Se concluye que la geoptitud desde el punto de la hidrogeología ambiental es favorable para el desarrollo del proyecto.







PROYECTO
Módulo de alojamiento
en el CAI Marcus
Garvey Limón

Figura 4
 Mapa de Elementos
 Hidrogeológicos

Ubicación
 Distrito Limón
 Cantón Limón
 Provincia Limón

Simbología

-  Pozos
-  Ap
-  Ríos
-  Red Vial

Elaborado por
 Geól. ANA ELENA VEGA ARCE
 CGCR-362

DATOS SOBRE LA CONDICIÓN DE AMENAZAS/RIESGOS NATURALES

EVALUACIÓN DE LA AMENAZA / RIESGO POR FALLAMIENTO GEOLÓGICO, SISMICIDAD Y POTENCIAL DE LICUEFACCIÓN.

4.1 Estructura de geología local y susceptibilidad a las amenazas

La principal amenaza natural para el proyecto es la sismicidad asociada a fallamientos cuaternarias regionales; las cuales podría generar sismos que produzcan fuertes aceleraciones del terreno y afectar las infraestructuras que se construyan dentro del AP y/o el AID.

A nivel local no se observaron fallas geológicas o discontinuidades que limiten las unidades geológicas superficiales de las rocas sedimentarias.

Las principales amenazas geológicas regionales que pueden presentarse en el AID y el AP son la amenaza sísmica y como efecto secundario los tsunamis; ya que se tiene el registro del sismo de Limón; que tuvo una magnitud de 7,6 en la escala de Richter y causó el colapso de mucha infraestructura en la zona atlántica y ocurrieron tsunamis en la zona sur de la costa de Limón de Costa Rica.

4.2 Fallas Geológicas

De acuerdo con el mapa tectónico de la hoja Limón a escala 1:500.000 (Figura 6) a 1 km al SE de la ciudad de Limón se reporta la presencia de la una falla cuaternaria de desplazamiento de rumbo dextral, tiene rumbo NE y una longitud de 9,5 km tanto en zona continental como en el mar Caribe. En la zona de Portete y Limón se reporta el pliegue anticlinal Limón; cuyo eje tiene un rumbo NW y una longitud aproximada de 5 km; (Denyer et al., 2003).

4.3 Sismicidad

El AP y el AID se ubican en la zona del Tras-arco de Costa Rica; específicamente en la cuenca tras arco Llanura Costera SE de Limón, Denyer et al., (2003); y en la zona sísmica Limón - Changuinola, (Fernández & Rojas, 2000).

Zona Sísmica Limón - Changuinola

En la zona sísmica Limón - Changuinola la ocurrencia anual de sismos con magnitud M mayor a 4,5 es de 1,9054 y el valor medio probable de máxima magnitud que podría generar la fuente sísmica es de 7,7 para una profundidad entre los 5 y 25 km, las aceleraciones horizontales máximas esperadas son de 4,0 a 4,5 m²/s, para un periodo de recurrencia de 500 años; (Fernández & Rojas, 2000). De

acuerdo con el Código Sísmico de Costa Rica 2002 el proyecto se ubica en la zona sísmica III y el sitio de cimentación se clasifica como Tipo S₁.



Mapa de los efectos del terremoto de Limón del 22 de abril de 1991 a lo largo de la provincia de Limón. Tomado de Denyer et al. (1994). El AP se localiza dentro de la zona afectada por licuefacción principalmente.

El AP se ubica dentro de una de las zonas sísmicas activas del país, conocida como Parismina-Tortuguero, donde el número anual de sismos de magnitud M mayor a 4,5 es de 0,1531; con un valor medio probable de máxima magnitud que podría generar la fuente sísmica de 6,0 a una profundidad de generación del sismo de entre 2 y 30km. Se ubica cerca del límite con la zona sísmica de Limón-Changuinola donde el número anual de sismos con magnitud M mayor a 4,5 es de 1,9054 (Fernández & Rojas, 2000).

De acuerdo con el mapa tectónico regional tomado de Denyer *et al.* (2003) existe una importante falla en los alrededores del AP denominada falla Río Blanco, tiene un movimiento horizontal sinistral con una componente de desplazamiento vertical. Se extiende a lo largo del río Blanco, tiene una longitud de unos 10 km desde el Cinturón Deformado del Norte de Panamá hasta la Fila Matama. Es una falla

activa en donde se midieron desplazamientos de hasta 1,4 m en la horizontal y de 1,5 en la vertical (Denyer et al., 1994) luego del terremoto de abril de 1991.

Denyer et al (1994) mencionan que, durante el cartografiado de campo, no se encontró evidencia superficial de la ruptura primaria, sin embargo se cartografiaron varias superficies discontinuas de falla, con rumbo noreste y movimiento transcurrente. Estas fallas son el resultado de la segmentación del bloque superior que se movió al noreste, durante la ruptura, cuyo límite al noroeste es la falla de Río Blanco.

El terremoto de Limón del 22 de abril de 1991 (M 7,7) se originó en una falla inversa, en la cual el bloque superior se movió hacia el noreste unos 3 m con respecto al bloque inferior. Esto provocó un levantamiento vertical entre 0,5 y 1,5 m a lo largo del sector caribe, desde Puerto Limón hasta cerca de la frontera de Panamá (Montero, 2000).

Antiguos paleoarrecifes hoy levantados y ubicados costa adentro indican claramente que este proceso de levantamiento ha venido ocurriendo desde hace alrededor de 3,5 millones de años (Denyer *et al.*, 1994; Collins *et al.*, 1995). La falla inversa que originó el terremoto de Limón tuvo una ruptura que se inició a una profundidad cercana a los 20 km y alcanzó hacia arriba hasta el piso oceánico, generando un tsunami. La zona donde se localizaron las réplicas indican una falla que tuvo un largo de 85 km por unos 45 km de ancho, medidos a lo largo de la inclinación de la falla (Montero, 2000).

Durante ese terremoto se reportó un tsunami en las costas de Bajos del Toro en Panamá en donde el nivel normal del mar subió en algunos sitios hasta 2 m (Camacho, 1994). En el AP no se reporta afectación por tsunamis, sin embargo no se debe descartar la ocurrencia de uno en un eventual sismo, más aún si ocurre mar adentro en el Cinturón Deformado del Norte de Panamá.

De acuerdo con Fernández & Rojas (2000) la aceleración horizontal máxima esperada para la zona del AP es de 4 m/s^2 para un período de recurrencia de 500 años. Las intensidades máximas sentidas en la zona de estudio han sido de VIII y IX, lo que implica desde caídas de tanques elevados y monumentos, de ramas de árboles, grietas en el terreno y os taludes, pánico en general, daños a fundaciones y embalses, rupturas de tuberías enterradas y grietas significativas.

Sismicidad histórica de la Vertiente Caribe

Dentro de la sismicidad histórica de la zona del Caribe de Costa Rica se tiene relatos de sismos el día 21 de febrero de 1798 donde el comandante del Fuerte San Fernando de Matina, ubicado en la boca del Matina al norte del AP, informa que ocurrió un sismo fuerte que se mantuvo constante a lo largo de 12 horas y que el mar se volvió “picado” luego de las primeras horas del sismo, lo que sugiere la ocurrencia de un tsunami (Montero, 1989; Boschini & Montero, 1994).

El 7 de mayo de 1822 entre la 1:30 y 2:00 a.m. ocurrió el terremoto de San Estanislao el cual Montero (1986) lo ubicó originalmente en la zona de convergencia de las placas del Coco y Caribe en la zona sísmica de Osa, sin embargo, luego del terremoto de Limón se asocia más con la zona del Cinturón Deformado del Norte de Panamá. Se relatan varios efectos en la zona de Matina, tales como grietas en el terreno, volcanes de arena debido a la licuefacción, inundaciones y numerosos daños en iglesias en Costa Rica y Panamá (Boschini & Montero, 1994).

Al parecer el terremoto de San Estanislao tuvo un mecanismo de ruptura de falla inversa similar al de 1991; tuvo una magnitud de $M_s=7,5$ y no se descarta que haya sido mayor (Boschini & Montero, 1994).

Para antes de 1991 la zona del Caribe de Costa Rica y Panamá presentaba una tasa de incidencia muy baja en la sismicidad, los principales eventos ocurridos son el terremoto de Bocas del Toro del 26 de abril de 1916 y el terremoto que afectó la ciudad de Limón el 7 de enero de 1953 (Boschini & Montero, 1994).

De acuerdo a Montero et al. (1991), Goes et al. (1993), entre muchos otros autores, el Terremoto de Limón ocurrió en una falla inversa, buzando al oeste, y con rumbo paralelo a la costa Caribe de Costa Rica. (Denyer et al, 1994)

2.9 Análisis de riesgo por Tsunamis

Fernández (2002) encontró que 12 tsunamis han golpeado pueblos costeros del Caribe desde 1539 hasta el 2000. Los datos principales de estos tsunamis así como los del temblor que los originó, se describen en el cuadro 4.

Los temblores que han causado tsunamis en la costa caribe de América Central son tanto del sistema de fallas Polochic-Motagua, como del Cinturón Deformado del Norte de Panamá.

Son temblores de profundidad superficial, muchos de ellos con el epicentro en el área continental, como el de 1991 en Limón. Estos datos dejan constancia de que no solamente los temblores originados en el piso oceánico disparan tsunamis. No obstante, por ocurrir el temblor en área continental, los tsunamis generados han sido muy pequeños y por ello, han causado poco daño. Cuatro de estos temblores ocurrieron en la zona de fallamiento inverso ubicado en la zona atlántica de Costa Rica.

Tres de los tsunamis más importantes de la costa Atlántica tuvieron olas de altura mayor a 3 m y uno, mayores de 5 m. Localidades enteras fueron destruidas por estos tsunamis. El único tsunami del Caribe con reporte de muertes es el que azotó el archipiélago de San Blas, frente a las costas de Panamá, en 1882.

Cuadro 4. Temblores y tsunamis en la costa caribe de América Central

| Temblores y tsunamis en la costa caribe de América Central | | | | | | | |
|--|-------------------|---------|------|--------|-------------------|---------|------|
| Fecha | Datos del Temblor | | | | Datos del tsunami | | |
| | Lat. N | Long. W | Mag. | Fuente | Localización | Alt.(m) | Mag. |
| 1798- | 10,2 | 82,9 | | CV | Matina, CR | | -1 |
| 1822- | 09,5 | 83,0 | 7,6 | CV | Matina, CR | | -1 |
| 1904- | 09,2 | 82,8 | 7,3 | AA | Bocas Toro | | |
| 1916- | 09,2 | 83,1 | 6,9 | AA | Bocas Toro | 1,3 | 0 |
| 1991- | 09,6 | 83,2 | 7,6 | AA | Bocas Toro | 3 | 1 |

CV: Camacho & Viquez (1993), AA: Ambraseys & Adams (1996); tomado y modificado de Fernández (2002)

Denyer et al (1994) mencionan que entrevistaron a numerosos habitantes de la región afectada y generalmente las respuestas fueron consistentes. En las localidades donde se reportó un tsunami (p.ej Gandoca, Punta Uva, Manzanillo y Boca Matina), los pobladores dijeron que antes del terremoto, el mar estaba muy tranquilo, sin ningún comportamiento anormal. Durante el terremoto hubo una súbita reducción del nivel del mar, seguido por el tsunami, 5-15 minutos después. La altura de la ola alcanzó un máximo de 2,5m y en algunas localidades se reportó una serie de olas, por un período entre 15 y 60 minutos después del sismo.

4.4 Potencial de Licuefacción

Según el estudio de suelos realizado en el sitio del proyecto se indica:

- No se encontró en el sitio evidencias de la presencia de arenas licuables o limos colapsables.
- Los limos arcillosos de color gris (UG-2) son descritas como materiales con potencial expansivo en la literatura técnica nacional (ACG, 2009). Sin embargo, la profundidad a la que se encuentran estos materiales (mayor a 3.0 m) hace que no sean susceptibles a sufrir cambios de humedad, por lo que no se considera que la presencia de estos materiales genere un problema para la correcta ejecución de los trabajos proyectados.

4.5 Discusión sobre las limitantes de incertidumbre y alcance de estudio.

- De acuerdo con el mapa tectónico regional a 1 km al SE de la ciudad de Limón se reporta la presencia de la una falla cuaternaria de desplazamiento de rumbo dextral, tiene rumbo NE y una longitud de 9,5 km tanto en zona continental como en el mar Caribe.

- En la zona de Portete y Limón se reporta el pliegue anticlinal Limón; cuyo eje tiene un rumbo NW y una longitud aproximada de 5 km.
- El AP y el AID se ubican en la zona del Tras-arco de Costa Rica; específicamente en la cuenca tras arco Llanura Costera SE de Limón, Denyer et al., (2003); y en la zona sísmica Limón – Changuinola.
- De acuerdo con el Código Sísmico de Costa Rica 2002 el proyecto se ubica en la zona sísmica III y el sitio de cimentación se clasifica como Tipo S₁.
- En un radio de 100 kilómetros con respecto al AP y al AID en la zona de Limón; no se reporta la presencia de volcanes activos, por lo tanto no se considera un riesgo para el proyecto la actividad volcánica y sus amenazas asociadas.
- Las principales amenazas geológicas regionales que pueden presentarse en el AID y el AP son la amenaza sísmica y como efecto secundario los tsunamis; ya que se tiene el registro del sismo de Limón; que tuvo una magnitud de 7,6 en la escala de Richter y causó el colapso de mucha infraestructura en la zona atlántica y ocurrieron tsunamis en la zona sur de la costa de atlántica de Costa Rica.
- Debido a que el AP se sitúa en la línea de costa es imperativo contar con un plan de emergencia en caso de que se presente un sismo de magnitud considerable y se active la alarma de amenaza por tsunami, por parte de las autoridades gubernamentales respectivas, para la zona en que se circunscribe el AP y el AID.
- Se concluye que el terreno tiene una geopotencialidad favorable desde el punto de vista de las amenazas naturales geológicas; de las cuales la principal es la asociada a actividad sísmica regional; por lo tanto las obras a construir tienen que estar diseñadas de acuerdo a lo que se establece en el Código Sísmico y Código de Cimentaciones vigentes en Costa Rica; así como también a los parámetros de diseño calculados en los estudios de mecánica de rocas.

Referencias bibliográficas.

BERGOEING, J.P., 1998: Geomorfología de Costa Rica. IGN. San José. 409 p.

COLEGIO FEDERADO DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS, 2002: Código Sísmico de Costa Rica. 3 ra ed. Editorial Tecnológica. Cartago.

DENYER, P., MONTERO, W. & ALVARADO, G.E., 2003: Atlas tectónico de Costa Rica. –1 ed. – Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, C.R. –79 págs

DENYER, P & ALVARADO G., 2007: Mapa geológico de Costa Rica.- Escala 1:400.000. Librería Francesa. San José.

FERNÁNDEZ, M. & ROJAS W., 2000: Amenaza Sísmica y por Tsunamis. -En: DENYER, P. & KUSSMAUL, S. (comp): Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. – págs 287-301.

INGENIERÍA Y PERFORACIÓN, LTDA., 2007: Estudio de suelos para la cimentación de un hotel y restaurante, proyecto: El Coral Playa Bonita, Limón. San José. 18 p

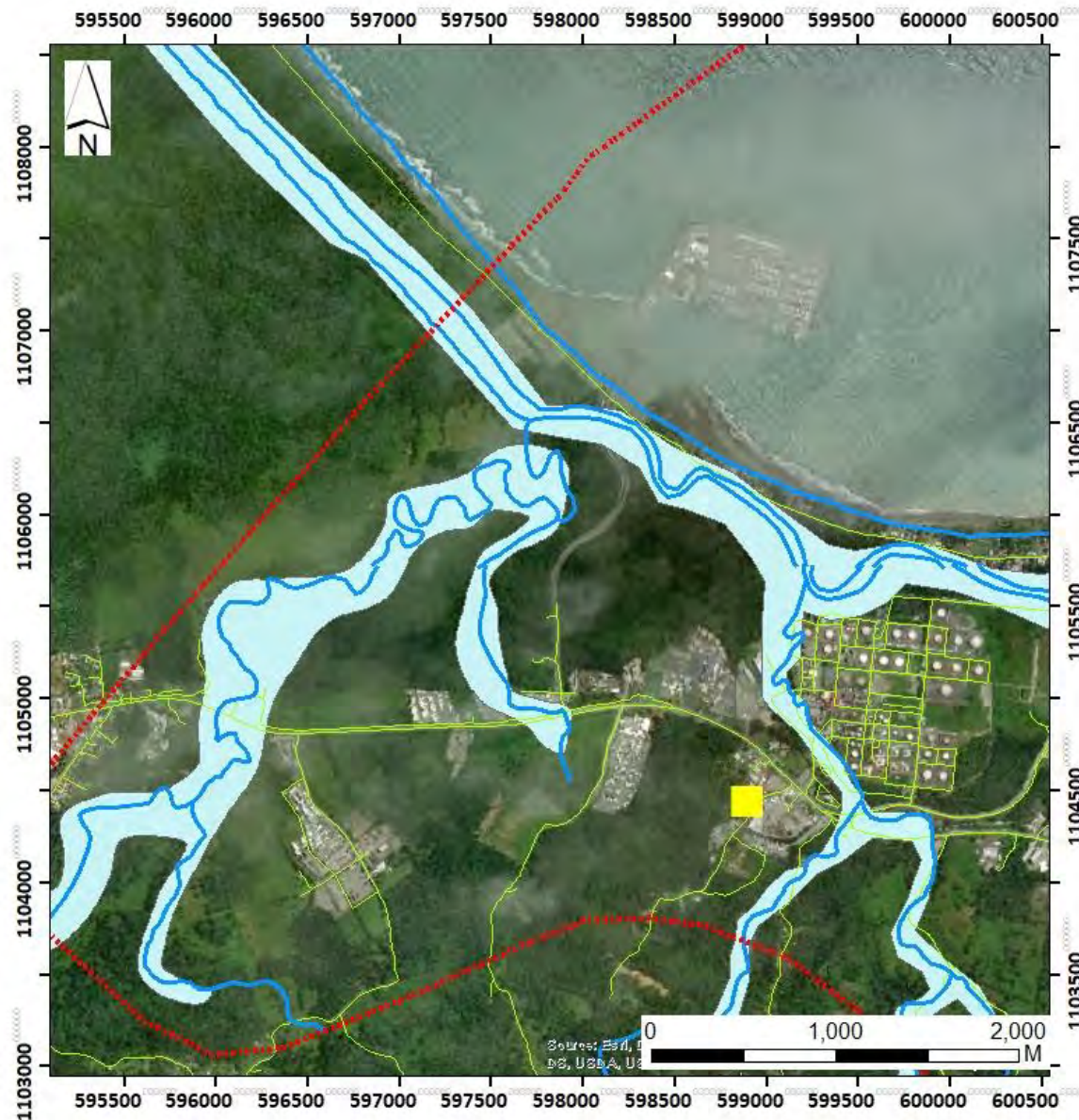
LINKIMER, L., & AGUILAR, T., 2000: Estratigrafía sedimentaria - En Denyer, P & Kusmaul, S- (comp): Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica. I ed. Cartago: 43-62.

MORALES, L.D., 1985: Zonas sísmicas de Costa Rica. –Rev. Geol. Amér. Central. Octubre 3: 69-102.

SALAZAR, L. G., 2000: Geomorfología. - En Denyer, P & Kusmaul, S- (comp): Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica. I ed. Cartago. 43-62.

TOURNON, J. & ALVARADO, G.E., 1995: Mapa Geológico de Costa Rica.- Escala 1:500.000, Coop. Cient. Technol. De Francia – ICE, París.

SENARA, 2020 : BASE DE DATOS



PROYECTO
Módulo de alojamiento
en el CAI Marcus
Garvey Limón

Figura 5
 Mapa de Condición
 de Amenaza

Ubicación
 Distrito Limón
 Cantón Limón
 Provincia Limón

Simbología

- Ap
- Fallas-CRTM05
- Ríos
- Red Vial
- Potencial Inundación crtm05

Elaborado por
 Geól. ANA ELENA VEGA ARCE
 CGCR-362

16 de junio de 2020

Lcda. Cynthia Barzuna
Secretaría General
Secretaría Técnica Nacional Ambiental
Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones

Estimado Señora:

La suscrito (a) **Diana Hidalgo Avila**, portadora de la cédula de identidad número **1-0972-0490**, profesional en **Ingeniería Civil**, manifiesto ser responsable directo de la información técnica científica que se aporta en el presente documento, la cual se elaboró para el proyecto denominado: **Módulo de alojamiento en el CAI Marcus Garvey - Limón**, que se desarrollará en el plano catastrado número: **7-0419778-1997**, finca número: **8769-000**

En virtud de ello, someto la presente Certificación sobre Riesgo Antrópico 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 sea analizada y se constate que la misma ha cumplido con los lineamientos técnicos y normativos establecidos. Tengo presente que en apego al artículo 5 del Decreto Ejecutivo 32712-MINAE, la información contenida en esta certificación se presenta bajo el concepto de Declaración Jurada, a conocimiento y conciencia de que dicha información es actual y verdadera y que en caso contrario pueden derivarse consecuencias penales del hecho. Por lo cual, manifiesto que, de encontrarse alguna irregularidad en la información, seré responsable no sólo por esta falta, sino también por las consecuencias de decisión que a partir de esos datos pueda incurrir la SETENA y el desarrollador.

Una vez aplicados los criterios establecidos en el inciso 3) de la sección I del Anexo 5 del decreto ejecutivo mencionado, se concluye que no existen fuentes de riesgo antrópico para este proyecto.

Atentamente.

Ing. Diana Hidalgo Ávila

CI-80-2002

DATOS GEOTÉCNICOS DE CAPACIDAD SOPORTANTE O DE CIMENTACION PARA LA OBRA CIVIL

PROYECTO: Módulo de alojamiento en el CAI Marcus Garvey Limón

LOCALIZACIÓN: Provincia: 07 Limón Cantón: 01 Limón Distrito: 01 Limón

DESARROLLADOR: MINISTERIO DE JUSTICIA

PROFESIONAL QUE ELABORA EL ESTUDIO: Profesional en Ingeniería Civil o de Geología con especialidad en Geotecnia

Nombre del profesional: Danilo Andrés Jiménez Ugalde

Número de cédula: 1-1196-0672 **Número de colegiado:** IC-19214

Registro SETENA: CI-297-17 Vigencia: 22/12/2021

DOCUMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL

El suscrito Danilo Andrés Jiménez Ugalde, portador(a) de la cédula de identidad número 1-1196-0672, profesional en Ingeniería Civil (IC-19214), manifiesto ser responsable directo de la información técnica científica que se aporta en el presente documento, la cual se elaboró para el proyecto denominado: Módulo de alojamiento en el CAI Marcus Garvey Limón, que se desarrollará en el plano catastrado número: 7-419778-97.

En virtud de ello, someto los Datos Geotécnicos de Capacidad de Soporte o de Cimentación para la Obra Civil, 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 contrario pueden derivarse consecuencias penales del hecho. Por lo cual, manifiesto que, de encontrarse alguna irregularidad en la información, seré 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.

Atentamente,

Ing. Danilo A. Jiménez Ugalde, M.Sc.
IC-19214
CI-297-17

Fecha de emisión: 28/05/2020

Contenido

| | | |
|----|---|----|
| 1. | Resumen | 3 |
| 2. | Introducción | 4 |
| 3. | Trabajo realizado | 6 |
| 4. | Resultados geotécnicos obtenidos | 8 |
| 5. | Evaluación de resultados y conclusiones geotécnicas | 9 |
| 6. | Discusión sobre los grados de incertidumbre y alcance del estudio | 13 |
| 7. | Referencias Bibliográficas | 14 |
| 8. | Anexos | 15 |

1. Resumen

1.1. Resumen de resultados

Con base en las perforaciones SPT y los ensayos geofísicos ejecutados, se logró caracterizar geotécnicamente el sitio de estudio. Se identificaron dos unidades geotécnicas:

- UG-1: Suelos blandos.
- UG-2: Suelos duros.

En las prospecciones realizadas no se detectó la presencia del nivel freático. Debe aclararse que esta condición puede variar en función de la precipitación acumulada durante la estación lluviosa a lo largo del año.

Los materiales de la UG-1 y UG-2 clasifican como limos de alta plasticidad (MH) y arcillas de alta plasticidad (CH) respectivamente. Ambos materiales presentan una humedad natural que varía entre 30% y 45%.

1.2. Resumen de conclusiones técnicas

Con base en los análisis realizados, se determinó lo siguiente:

- La capacidad de soporte admisible varía entre 10 kPa y 270 kPa.
- No se identificó la presencia de nivel freático.
- No se identificó la presencia de materiales blandos, limos colapsables o arenas con potencia de licuación.
- Los materiales de la UG-2 se pueden correlacionar con materiales expansivos, sin embargo, por su profundidad no son susceptibles a cambios de humedad, por lo que esto no representa un problema para el desarrollo de la obra.
- Para efectos del cálculo de la sollicitación sísmica el sitio se clásica como S_3 , zona III.
- No se identificaron problemas asociados a estabilidad de taludes.

2. Introducción

2.1. Datos sobre la finca estudiada

El terreno se encuentra en ubicado en el distrito 01 Limón, cantón 01 Limón, provincia 07 Limón; con plano catastrado inscrito bajo el número 7-419778-97; la Figura 1 muestra la localización geográfica. El terreno es plano de fácil acceso, con presencia de algunos árboles, cubierto con vegetación de baja altura.



Figura 1. Localización geográfica. Fuente: Hoja 1:50.000 Río Banano.

2.2. Coordinación profesional realizada

La coordinación de los trabajos presentados en este informe estuvo a cargo del Ing. Danilo Andrés Jiménez Ugalde, inscrito en el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (IC-19214) y el registro de consultores de Setena (CI-297-17).

2.3. Objetivos del estudio

- Proporcionar un conocimiento de las características geotécnicas del subsuelo de acuerdo con la construcción prevista.
- Conocer y evaluar las posibles problemáticas geotécnicas de la zona, que puedan incidir sobre la futura construcción.
- Recomendar el sistema de cimentación según el tipo de construcción prevista de acuerdo a los condicionantes geotécnicos.

2.4. Metodología aplicada para llevarlo a cabo

Los trabajos de campo y laboratorio, así como todos los análisis geotécnicos fueron ejecutados siguiendo los lineamientos y metodologías presentados en el Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental, el Código de Cimentaciones de Costa Rica (ACG, 2009) y el Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica (ACG, 2015).

La exploración del subsuelo se realizó por medio de cinco perforaciones utilizando el método de ensayo SPT (ASTM D1586), dos perfiles de refracción sísmica (ASTM D5777) y dos ensayos MASW. Los ensayos de caracterización de laboratorio fueron ejecutados por medio de las normas AASHTO T265, AASHTO T90 y T89, ASTM C117 y ASTM C136.

3. Trabajo realizado

3.1. Trabajo de campo

En el sitio de estudio se realizaron cinco sondeos exploratorios utilizando el método SPT (ASTM D1586), con una profundidad máxima de prospección de 6.00 m. Además se ejecutaron dos perfiles de sísmica de refracción (ASTM D5777) con longitudes de 33 m y 55 m y un ensayo geofísico MASW con una longitud de 33 m (ver Tabla 1, Tabla 2 y Figura 2).

Tabla 1. Ubicación de las perforaciones SPT.

| Identificación | Profundidad (m) | Nivel freático (m) | Coordenadas | |
|----------------|-----------------|--------------------|-------------|----------|
| | | | Latitud | Longitud |
| P-1 | 6.00 | - | 1104480 | 598877 |
| P-2 | 6.00 | - | 1104467 | 598873 |
| P-3 | 6.00 | - | 1104461 | 598853 |
| P-4 | 6.00 | - | 1104490 | 598849 |
| P-5 | 6.00 | - | 1104520 | 598850 |

Tabla 2. Ubicación de ensayos geofísicos.

| Identificación | Tipo | Longitud (m) | Coordenada inicio | | Azimut |
|----------------|------------------|--------------|-------------------|----------|--------|
| | | | Latitud | Longitud | |
| S-1 | Refracción | 55.00 | 1104455 | 598848 | 045 |
| S-2 | Refracción, MASW | 33.00 | 1104498 | 598871 | 160 |



Figura 2. Ubicación de las prospecciones.

3.2. Ensayos de laboratorio

En la Tabla 3 se presentan los ensayos realizados en el laboratorio a las muestras alteradas extraídas durante la campaña de exploración.

Tabla 3. Ensayos de laboratorio.

| Ensayo | Norma |
|-------------------------|------------------|
| Humedad natural | AASHTO T265 |
| Límites de Atterberg | AASHTO T90 y T89 |
| Análisis granulométrico | ASTM C117 y C136 |

3.3. Correlación e interacción con datos de geología del terreno.

Con base en el mapa geológico de Costa Rica, escala 1:400.000 (Denyer & Alvarado, 2007), el sitio donde se ubica el terreno estudiado corresponde con materiales sedimentos continentales y de transición marina-costera del Cuaternario (Q) (ver Figura 3).

Del mapa geológico no se observa que la finca estudiada este afectada directamente por fallas. La estructura geológica que se reporta en el mapa geológico más cercana es de tipo transcurrente sinistral, localizada al noroeste del área de estudio.

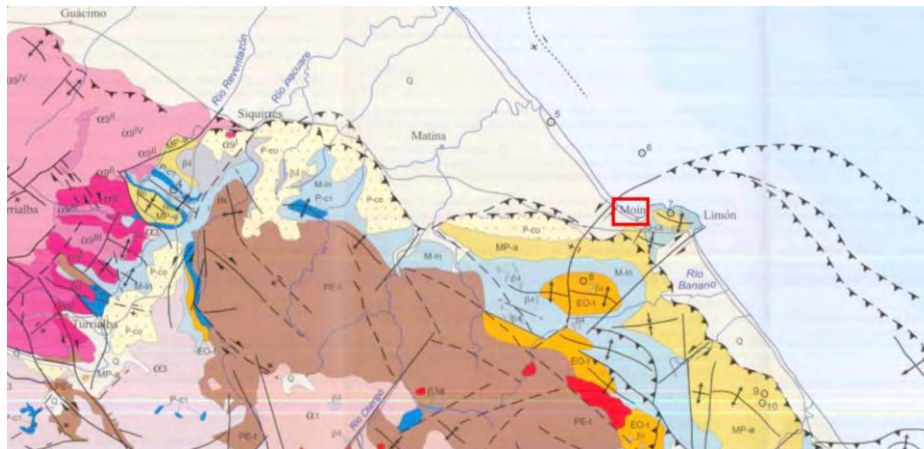


Figura 3. Geología del área de estudio. Fuente: Denyer y Alvarado (2007).

Desde el punto de vista sísmico, en CFIA (2014) se cataloga el sitio como Zona III, por lo que se pueden esperar aceleraciones pico efectivas entre 0.30g y 0.36g, según el tipo de suelo presente en la cimentación de la obra.

4. Resultados geotécnicos obtenidos

Con base en la información de las prospecciones de campo y resultados de laboratorio ejecutados, se puede concluir que el perfil estratigráfico típico del terreno está conformado por dos unidades geotécnicas (UG), la cual se describe en la Tabla 4.

Tabla 4. Perfil estratigráfico del terreno.

| Unidad geotécnica | Descripción |
|--------------------------|--|
| UG-1 | Suelo de consistencia blanda a media. Color café claro. N_{SPT} menor de 10 golpes. Estos materiales clasifican según SUCS como arcillas de baja plasticidad (CL) o limos elásticos (MH). Presentan un espesor entre 1.0 m y 3.0 m, V_p menor de 400 m/s y V_s menor de 200 m/s. |
| UG-2a | Suelo de consistencia dura. Color gris. N_{SPT} entre 10 y 30 golpes. Estos materiales clasifican según SUCS como arcillas de alta plasticidad (CH) o limos de alta plasticidad (MH). Presentan un espesor indefinido, V_p 1300 y 1500 m/s y V_s entre 200 y 300 m/s. Son potencialmente expansivas. |

Con base en los resultados de las perforaciones SPT no fue identificada la presencia de nivel freático. De las prospecciones geofísicas se infiere que por debajo de los 2 m de profundidad el material se encuentra saturado. Por otra parte, los ensayos de laboratorio muestran que la humedad del medio es casi constante por debajo de los 1.5 m de profundidad, variando entre el 40% y 50%.

5. Evaluación de resultados y conclusiones geotécnicas

5.1. Capacidad soportante y de cimentación

En la Tabla 5 se presentan la variación de la capacidad soportante admisible calculada con base en el valor N_{SPT} en cada una de las perforaciones. Por otra parte, en la Tabla 6 se presenta la variación de la capacidad de soporte calculada a partir de los ensayos MASW.

Tabla 5. Variación de la capacidad de soporte admisible (FS=3) con base en los ensayos SPT.

| Profundidad (m) | Capacidad de soporte admisible neta (kPa) | | | | |
|-----------------|---|------|------|------|------|
| | P-01 | P-02 | P-03 | P-04 | P-05 |
| 0.55 | 30 | 30 | 20 | 10 | 10 |
| 1.00 | 50 | 30 | 50 | 10 | 30 |
| 1.45 | 75 | 50 | 100 | 10 | 100 |
| 1.90 | 70 | 100 | 125 | 15 | 120 |
| 2.35 | 50 | 75 | 150 | 15 | 110 |
| 2.80 | 70 | 85 | 150 | 60 | 165 |
| 3.25 | 125 | 90 | 160 | 240 | 165 |
| 3.70 | 115 | 135 | 175 | 230 | 165 |
| 4.15 | 100 | 140 | 165 | 160 | 135 |
| 4.60 | 100 | 75 | 165 | 270 | 210 |
| 5.05 | 110 | 70 | 175 | 250 | 185 |
| 5.50 | 135 | 70 | 185 | 210 | 210 |
| 5.95 | 210 | 110 | 190 | 230 | 215 |

En rojo: capacidad de soporte menor a 100 kPa (10 ton/m²)

Tabla 6. Variación de la capacidad de soporte admisible (FS=3) con base en el ensayo MASW.

| Profundidad (m) | Capacidad de soporte admisible (kPa) |
|-----------------|--------------------------------------|
| | MASW-02 |
| 0 - 4 | 70 |
| 4 - 8 | 100 |
| 8 - 12 | 200 |
| 12 - 20 | 235 |

Considerando la estratigrafía en los sondeos, se recomienda a los encargados del diseño estructural de la cimentación lo siguiente:

- Se sugiere utilizar un nivel de desplante mínimo de 1.0 m.
- Se recomienda utilizar un sistema de cimentación tipo losa flotante, colocada sobre una sustitución de lastre compactado con un espesor de 1.0 m. Para implementar esa solución se debe garantizar que el esfuerzo transmitido por la estructura al terreno no sobrepase los 25 kPa, o en su defecto realizar la revisión geotécnica correspondiente.
- Se sugiere estudiar la opción utilizar geogrilla biaxial o geotextil tejido de alto módulo, con el objetivo de reducir el espesor de la sustitución con lastre.

5.2. Asentamientos

Con base la clasificación SUCS de los materiales, se determinó de forma indirecta el coeficiente $C_c = 0.31$ y el coeficiente $C_\alpha = 0.005$ con los cuales se construyeron las curvas de asentamiento total (consolidación primaria + consolidación secundaria) para esfuerzos de 25 kPa, 50 kPa y 100 kPa, las cuales se presentan en la Figura 4. En la Tabla 2, se presenta el cálculo de los asentamientos utilizando teoría de la elasticidad.

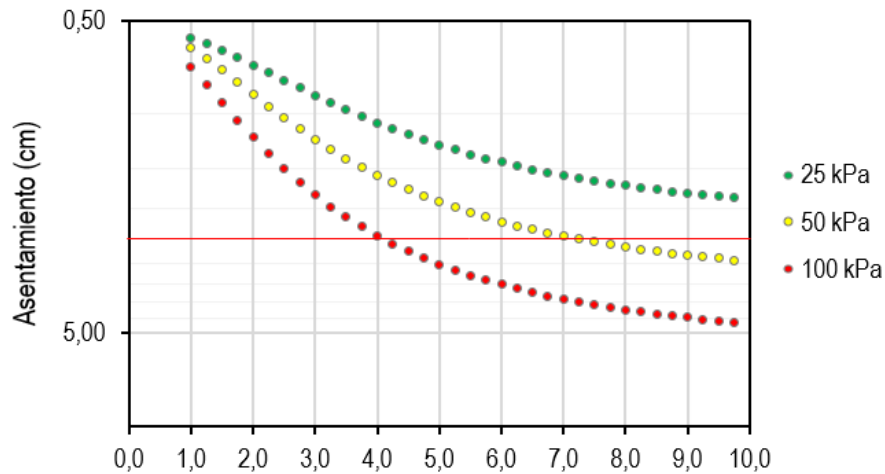


Figura 4. Curvas de asentamiento para 25 kPa, 50 kPa y 100 kPa. Línea roja: 2.5 cm.

Tabla 7. Estimación del asentamiento total utilizando teoría de elasticidad.

| Profundidad (m) | | E_o (MPa) | Δp_i (kPa) | | | Δh_i (m) | S_c (cm) | | | Asentamiento consolidación primaria (cm) | | |
|-------------------------|-------|----------------|-----------------------|----|-----|---------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--|-------------------------|--------------------------|
| Desde | Hasta | | | | | | $\Delta p_i=$ 25 kPa | $\Delta p_i=$ 50 kPa | $\Delta p_i=$ 100 kPa | $\Delta p_i=$ 25 kPa | $\Delta p_i=$ 50 kPa | $\Delta p_i=$ 100 kPa |
| 0,0 | 2,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2,0 | 3,0 | 5,00 | 25 | 50 | 100 | 1,0 | 0,50 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 8,00 |
| 3,0 | 9,0 | 10,00 | 25 | 50 | 100 | 6,0 | 1,50 | 3,00 | 6,00 | | | |
| 9,0 | 30,0 | - | 25 | 50 | 100 | 21,0 | - | - | - | - | - | - |
| Asentamiento total (cm) | | | | | | | | | | 2,54 | 4,54 | 8,54 |

De los resultados anteriores, se observa como para esfuerzos menores de 25 kPa los asentamientos en ambas metodologías de cálculo son inferiores a 2.5 cm, valor considerado admisible para el tipo de estructura propuesta. En caso de que la cimentación de la estructura transmita cargas superiores a los 25 kPa se debe realizar una revisión geotécnica adicional. En los cálculos anteriores se asume un nivel de desplante de 1.0 m y una sustitución de 1.0 m por debajo del nivel de desplante.

5.3. Licuación, limos colapsables y arcillas expansivas

- No se encontró en el sitio evidencias de la presencia de arenas licuables o limos colapsables.
- Los limos arcillosos de color gris (UG-2) son descritas como materiales con potencial expansivo en la literatura técnica nacional (ACG, 2009). Sin embargo, la profundidad a la que se encuentran estos materiales (mayor a 3.0 m) hace que no sean susceptibles a sufrir cambios de humedad, por lo que no se considera que la presencia de estos materiales genere un problema para la correcta ejecución de los trabajos proyectados.

5.4. Coeficiente sísmico según el Código Sísmico de Costa Rica.

El proyecto se ubica en Zona Sísmica III, según establece la sección 2.1 del Código Sísmico de Costa Rica 2010 (CFIA, 2014) y de la caracterización geofísica se obtuvo un $V_{s,30}=273$ m/s (tipo S_3). Considerando lo anterior, se recomienda utilizar una aceleración pico efectiva de diseño $a_{ef}=0.36$.

5.5. Conclusiones sobre cimentaciones para las obras.

Con base en los resultados de la investigación geotécnica, se concluye lo siguiente:

| Unidad geotécnica | Descripción |
|-------------------|---|
| UG-1 | Suelo de consistencia blanda a media. Color café claro. N_{SPT} menor de 10 golpes. Estos materiales clasifican según SUCS como arcillas de baja plasticidad (CL) o limos elásticos (MH). Presentan un espesor entre 1.0 m y 3.0 m, V_p menor de 400 m/s y V_s menor de 200 m/s. |
| UG-2 | Suelo de consistencia dura. Color gris. N_{SPT} entre 10 y 30 golpes. Estos materiales clasifican según SUCS como arcillas de alta plasticidad (CH) o limos de alta plasticidad (MH). Presentan un espesor indefinido, V_p 1300 y 1500 m/s y V_s entre 200 y 300 m/s. Potencialmente expansivas, sin embargo, esto no representa un riesgo para las estructuras que se pretenden construir. |

- El perfil geotécnico típico del sitio está constituido por dos unidades geotécnicas: UG-1: Suelo de consistencia blanda a media. UG-2: Suelo de consistencia dura.
- Se sugiere utilizar un nivel de desplante mínimo de 1.0 m.
- Se recomienda utilizar un sistema cimentación tipo losa flotante, colocada sobre una sustitución de 1.0 m de lastre compactado al 95% del Proctor modificado.
- El diseño estructural de cualquier solución de cimentación debe garantizar una capacidad de soporte admisible ($FS=3$) de 25 kPa con el objetivo de no presentarse problemas de asentamientos.
- Se debe indicar que las consideraciones expuestas han sido deducidas de ensayos puntuales, constituyendo una extrapolación al conjunto del terreno de estudio en las condiciones actuales del subsuelo; por ello, se recomienda la inspección en obra durante la excavación y la construcción de los cimientos, con el fin de verificar las características

aparentes del terreno se corresponden con las que han servido de base a estas recomendaciones.

- Siguiendo las recomendaciones dadas en este informe, se considera que los asentamientos esperados en las estructuras que se pretenden construir (edificaciones de hasta 3 niveles) serán menores de 2.5 cm.
- Para la profundidad y el área cubiertas por este estudio, no se ha detectado la presencia de limos colapsables o arenas licuables.
- Por debajo de los 3 m de profundidad se describieron en las perforaciones SPT materiales con potencial expansivo, sin embargo, por su profundidad no se espera que representen un problema para el desarrollo del proyecto.
- La estructura se deberá diseñar y construir siguiendo las normas y especificaciones indicadas en el "Código de Cimentaciones de Costa Rica" y el "Código Sísmico de Costa Rica", considerando el terreno como tipo S₃ en zona III por lo que el coeficiente de aceleración a_{ef} debe ser tomado como 0.36.
- Durante el proceso constructivo deberá darse una inspección adecuada para verificar la capacidad de soporte de diseño.

5.6. Evaluación de estabilidad de taludes

El terreno en el que se pretende construir las edificaciones presenta una topografía plana, con una pendiente menor del 15%, por lo que no se considera necesario realizar un estudio de estabilidad de taludes.

5.7. Parámetros para obras de retención y estructuras enterradas

Se recomienda utilizar los parámetros presentados en la Tabla 8 para el diseño de obras de retención y estructuras enterradas; para el cálculo de dichos coeficientes se utilizó la teoría desarrollada por Rankine.

Tabla 8. Estimación de parámetros de empuje.

| Parámetro | UG-1 / UG2 | Relleno de lastre |
|--|------------|-------------------|
| Peso unitario, γ (kN/m ³) | 18.5 | 20.0 |
| Ángulo de fricción efectivo, ϕ | 20.0 | 35.0 |
| Coefficiente de presión activa, K_a | 0.49 | 0.27 |
| Coefficiente de presión pasiva, K_p | 2.04 | 3.69 |
| Cohesión efectiva, c' (kPa) | 0.0 – 5.0 | 0.0 |

Se señala también la necesidad de construir drenajes en la parte posterior de estructuras de retención, con el fin de evitar que las mismas puedan ser cargadas por presiones hidrostáticas generadas por aguas provenientes desde los terrenos adyacentes.

Para el diseño de la cimentación de estructuras de retención se deberá verificar que la carga transmitida al terreno no sobrepase la capacidad de soporte admisible que se presenta en la Tabla 5.

6. Discusión sobre los grados de incertidumbre y alcance del estudio

6.1. Aplicabilidad de los resultados.

Los resultados presentados en el presente informe pueden utilizarse en las etapas de factibilidad, diseño básico y diseño final de la cimentación de la obra civil que se proyecta construir en el área de proyecto.

6.2. Tareas pendientes para fases posteriores del proyecto.

Tanto la elección de la cota de cimentación como la verificación de la tensión admisible considerada e idoneidad del tipo de cimentación deberán ser aprobadas en último término por el diseñador de la obra.

El nivel de apoyo de la cimentación deberá ser supervisado por un profesional especialista en geotecnia. Se debe verificar durante la construcción que la cimentación se apoye en condiciones homogéneas, alcanzando como mínimo en el nivel geotécnico considerado. Se recomienda realizar una verificación con ensayos mediante penetrómetros manuales ejecutados directamente sobre el fondo de las excavaciones para las cimentaciones.

6.3. Incertidumbres no resueltas.

Las perforaciones obtienen información puntual sobre la profundidad de las distintas capas de materiales, por lo que no se puede descartar que los espesores de los materiales encontrados puedan variar en otros puntos del terreno. Debido a lo anterior, se recomienda ejecutar una inspección en obra durante la construcción de la cimentación, con el fin de verificar que las características aparentes del terreno se corresponden con las que han servido de base a este informe.

6.4. Conclusión general sobre la viabilidad geotécnica del terreno en virtud de la obra a desarrollar.

Con base en los resultados de las prospecciones, ensayos de campo y laboratorio, así como los análisis realizados, se concluye que es viable desde el punto de vista geotécnico desarrollar la obra en el sitio estudiado, siempre y cuando se cumplan con las recomendaciones presentadas en este informe técnico.

7. Referencias Bibliográficas

- Asociación Costarricense de Geotecnia (ACG). 2009. Código de cimentaciones de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- ACG. 2015. Código geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA). 2014. Código sísmico de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- CFIA. 2017. Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- Denyer, P. Alvarado, G.E. 2007. Mapa Geológico de Costa Rica – Escala 1:400.000. Librería Francesa, San José, Costa Rica.
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI). 1991. Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan. Japan: Ports and Harbours Bureau, Ministry of Transport.

8. Anexos

8.1. Registro fotográfico

P-01



P-02



P-03



P-04



P-05



S-01



S-02



8.2. Registros SPT

| Intervalos Metros | | NF | Nº de Muestra / Estratigrafía | Gráfica NSPT | NSPT | Q Última ton/m ² | % H | LL | IP | IL | C | % Pas Tamiz N°200 | SUCS | Descripción del suelo |
|-------------------|-------|----|-------------------------------|--------------|------|-----------------------------|-------|----|----|------|------|-------------------|------|---|
| 0,00 | 0,55 | NO | 1 | | 5 | 8 | 38,8% | 23 | 8 | 2,73 | 2,2 | 99,8% | CL | Limo arcilloso de baja plasticidad color café claro |
| 0,55 | 1,00 | NO | 2 | | 6 | 15 | NR | | | | 2,6 | | | |
| 1,00 | 1,45 | NO | 3 | | 9 | 23 | 42,9% | | | | 4,0 | | | |
| 1,45 | 1,90 | NO | 4 | | 8 | 20 | 42,0% | | | | 3,5 | | | |
| 1,90 | 2,35 | NO | 5 | | 6 | 15 | 43,7% | | | | 2,6 | | | |
| 2,35 | 2,80 | NO | 6 | | 8 | 20 | NR | | | | 3,5 | | | |
| 2,80 | 3,25 | NO | 7 | | 15 | 38 | 46,2% | | | | 6,6 | | | |
| 3,25 | 3,70 | NO | 8 | | 14 | 35 | 39,1% | | | | 6,2 | | | |
| 3,70 | 4,15 | NO | 9 | | 12 | 30 | NR | | | | 5,3 | | | |
| 4,15 | 4,60 | NO | 10 | | 12 | 30 | 46,6% | | | | 5,3 | | | |
| 4,60 | 5,05 | NO | 11 | | 13 | 33 | 49,7% | 32 | 18 | 1,09 | 5,7 | 99,8% | CH | Arcilla expansiva color café claro |
| 5,05 | 5,50 | NO | 12 | | 10 | 40 | 43,8% | | | | 7,0 | | | |
| 5,50 | 5,95 | NO | 13 | | 26 | 63 | 46,2% | | | | 11,0 | | | |
| 5,95 | 6,40 | | | | | | | | | | | | | |
| 6,40 | 6,85 | | | | | | | | | | | | | |
| 6,85 | 7,30 | | | | | | | | | | | | | |
| 7,30 | 7,75 | | | | | | | | | | | | | |
| 7,75 | 8,20 | | | | | | | | | | | | | |
| 8,20 | 8,65 | | | | | | | | | | | | | |
| 8,65 | 9,10 | | | | | | | | | | | | | |
| 9,10 | 9,55 | | | | | | | | | | | | | |
| 9,55 | 10,00 | | | | | | | | | | | | | |
| 10,00 | 10,45 | | | | | | | | | | | | | |
| 10,45 | 10,90 | | | | | | | | | | | | | |
| 10,90 | 11,35 | | | | | | | | | | | | | |
| 11,35 | 11,80 | | | | | | | | | | | | | |

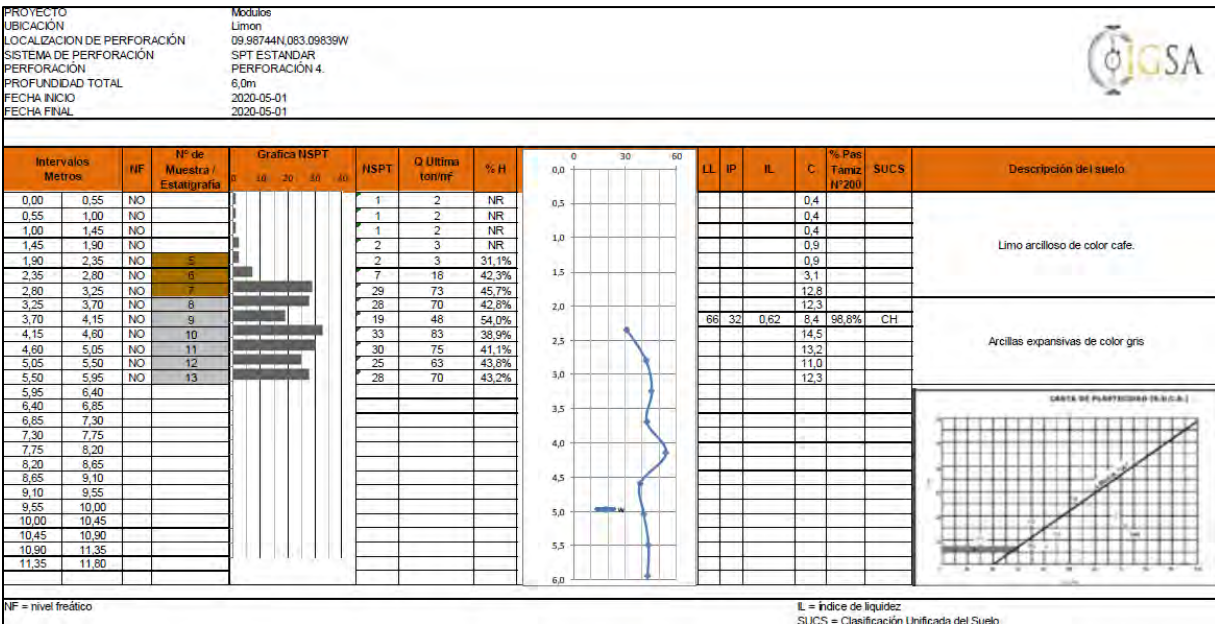
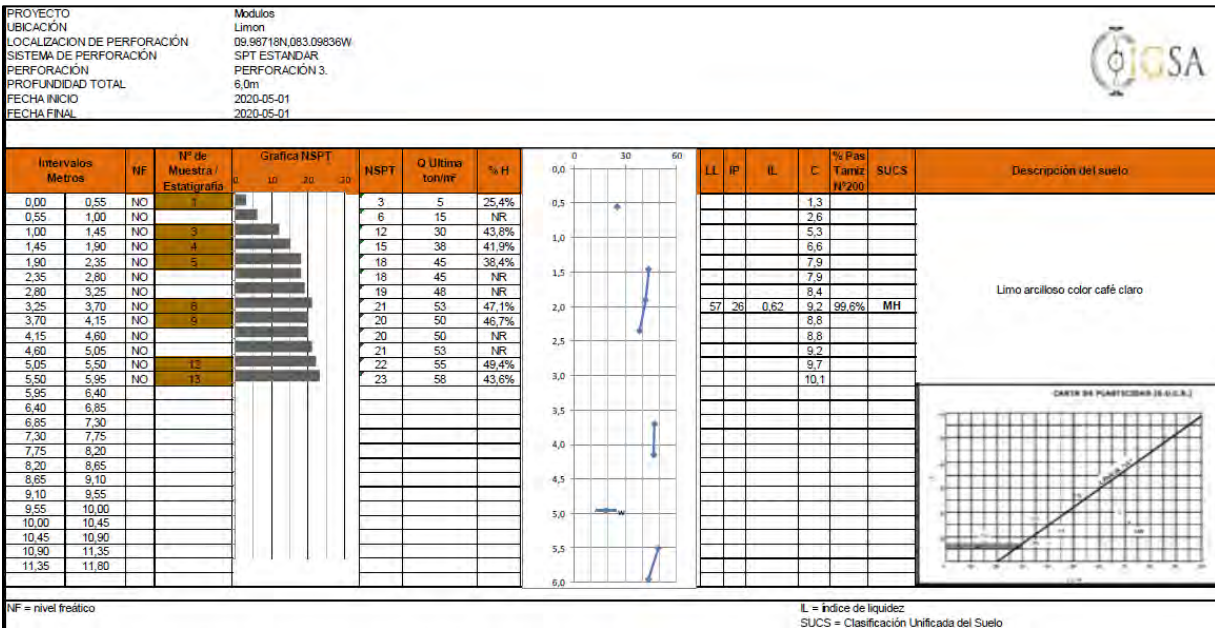
NF = nivel freático

L = índice de liquidez
 SUCS = Clasificación Unificada del Suelo

| Intervalos Metros | | NF | Nº de Muestra / Estratigrafía | Gráfica NSPT | NSPT | Q Última ton/m ² | % H | LL | IP | IL | C | % Pas Tamiz N°200 | SUCS | Descripción del suelo |
|-------------------|-------|----|-------------------------------|--------------|------|-----------------------------|-----|----|----|------|-----|-------------------|------|---------------------------------|
| 0,00 | 0,55 | NO | 1 | | 5 | 8 | 27% | | | | 2,2 | | | Limo arcilloso color café claro |
| 0,55 | 1,00 | NO | 2 | | 5 | 8 | 30% | | | | 2,2 | | | |
| 1,00 | 1,45 | NO | 3 | | 6 | 15 | NR | | | | 2,6 | | | |
| 1,45 | 1,90 | NO | 4 | | 12 | 30 | 44% | | | | 5,3 | | | |
| 1,90 | 2,35 | NO | 5 | | 9 | 23 | 33% | | | | 4,0 | | | |
| 2,35 | 2,80 | NO | 6 | | 10 | 25 | 40% | | | | 4,4 | | | |
| 2,80 | 3,25 | NO | 7 | | 11 | 28 | 41% | | | | 4,8 | | | |
| 3,25 | 3,70 | NO | 8 | | 16 | 40 | 40% | | | | 7,0 | | | |
| 3,70 | 4,15 | NO | 9 | | 17 | 43 | 42% | | | | 7,5 | | | |
| 4,15 | 4,60 | NO | 10 | | 9 | 23 | 46% | | | | 4,0 | | | |
| 4,60 | 5,05 | NO | 11 | | 8 | 20 | 45% | 57 | 35 | 0,69 | 3,5 | 99,8% | CH | Arcilla expansiva color gris |
| 5,05 | 5,50 | NO | 12 | | 8 | 20 | NR | | | | 3,5 | | | |
| 5,50 | 5,95 | NO | 13 | | 13 | 33 | 45% | | | | 5,7 | | | |
| 5,95 | 6,40 | | | | | | | | | | | | | |
| 6,40 | 6,85 | | | | | | | | | | | | | |
| 6,85 | 7,30 | | | | | | | | | | | | | |
| 7,30 | 7,75 | | | | | | | | | | | | | |
| 7,75 | 8,20 | | | | | | | | | | | | | |
| 8,20 | 8,65 | | | | | | | | | | | | | |
| 8,65 | 9,10 | | | | | | | | | | | | | |
| 9,10 | 9,55 | | | | | | | | | | | | | |
| 9,55 | 10,00 | | | | | | | | | | | | | |
| 10,00 | 10,45 | | | | | | | | | | | | | |
| 10,45 | 10,90 | | | | | | | | | | | | | |
| 10,90 | 11,35 | | | | | | | | | | | | | |
| 11,35 | 11,80 | | | | | | | | | | | | | |

NF = nivel freático

L = índice de liquidez
 SUCS = Clasificación Unificada del Suelo



| Intervalos Metros | | Nº | Nº de Muestra / Estratigrafía | Grafica NSPT | | | NSPT | Q Ultima ton/m² | % H | LL | IP | IL | C | % Pas Tamiz Nº200 | SUCS | Descripción del suelo |
|-------------------|-------|----|-------------------------------|--------------|--|--|------|-----------------|-------|----|----|------|-----|-------------------|------|---------------------------------|
| 0,00 | 0,55 | NO | | | | | 2 | 3 | NR | | | | | | | |
| 0,55 | 1,00 | NO | | | | | 5 | 8 | NR | | | | | | | |
| 1,00 | 1,45 | NO | 3 | | | | 12 | 30 | 50,3% | | | | | | | |
| 1,45 | 1,90 | NO | 4 | | | | 14 | 35 | 41,4% | | | | | | | |
| 1,90 | 2,35 | NO | 5 | | | | 13 | 33 | 50,7% | | | | | | | |
| 2,35 | 2,80 | NO | | | | | 20 | 50 | NR | | | | | | | |
| 2,80 | 3,25 | NO | 7 | | | | 20 | 50 | 44,4% | 54 | 34 | 0,83 | 8,8 | 99,1% | MH | Limo arcilloso color café claro |
| 3,25 | 3,70 | NO | | | | | 20 | 50 | NR | | | | | | | |
| 3,70 | 4,15 | NO | 8 | | | | 16 | 40 | 45,1% | | | | | | | |
| 4,15 | 4,60 | NO | 10 | | | | 25 | 63 | 43,9% | | | | | | | |
| 4,60 | 5,05 | NO | | | | | 22 | 55 | NR | | | | | | | |
| 5,05 | 5,50 | NO | 12 | | | | 25 | 63 | 43,9% | | | | | | | |
| 5,50 | 5,95 | NO | 15 | | | | 28 | 65 | 48,4% | | | | | | | |
| 5,95 | 6,40 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,40 | 6,85 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,85 | 7,30 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,30 | 7,75 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,75 | 8,20 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8,20 | 8,65 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8,65 | 9,10 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,10 | 9,55 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,55 | 10,00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,00 | 10,45 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,45 | 10,90 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,90 | 11,35 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11,35 | 11,80 | | | | | | | | | | | | | | | |

| Intervalos Metros | | Nº | Nº de Muestra / Estratigrafía | Grafica NSPT | | | NSPT | Q Ultima ton/m² | % H | LL | IP | IL | C | % Pas Tamiz Nº200 | SUCS | Descripción del suelo |
|-------------------|-------|----|-------------------------------|--------------|--|--|------|-----------------|-------|----|----|------|-----|-------------------|------|---------------------------------|
| 0,00 | 0,55 | NO | | | | | 2 | 3 | NR | | | | | | | |
| 0,55 | 1,00 | NO | | | | | 5 | 8 | NR | | | | | | | |
| 1,00 | 1,45 | NO | 3 | | | | 12 | 30 | 50,3% | | | | | | | |
| 1,45 | 1,90 | NO | 4 | | | | 14 | 35 | 41,4% | | | | | | | |
| 1,90 | 2,35 | NO | 5 | | | | 13 | 33 | 50,7% | | | | | | | |
| 2,35 | 2,80 | NO | | | | | 20 | 50 | NR | | | | | | | |
| 2,80 | 3,25 | NO | 7 | | | | 20 | 50 | 44,4% | 54 | 34 | 0,83 | 8,8 | 99,1% | MH | Limo arcilloso color café claro |
| 3,25 | 3,70 | NO | | | | | 20 | 50 | NR | | | | | | | |
| 3,70 | 4,15 | NO | 8 | | | | 16 | 40 | 45,1% | | | | | | | |
| 4,15 | 4,60 | NO | 10 | | | | 25 | 63 | 43,9% | | | | | | | |
| 4,60 | 5,05 | NO | | | | | 22 | 55 | NR | | | | | | | |
| 5,05 | 5,50 | NO | 12 | | | | 25 | 63 | 43,9% | | | | | | | |
| 5,50 | 5,95 | NO | 15 | | | | 28 | 65 | 48,4% | | | | | | | |
| 5,95 | 6,40 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,40 | 6,85 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,85 | 7,30 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,30 | 7,75 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,75 | 8,20 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8,20 | 8,65 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8,65 | 9,10 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,10 | 9,55 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,55 | 10,00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,00 | 10,45 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,45 | 10,90 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,90 | 11,35 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11,35 | 11,80 | | | | | | | | | | | | | | | |

| Intervalos Metros | Nº | Nº de Muestra / Estratigrafía | Grafica NSPT | NSPT | Q Ultima ton/m² | % H | LL | IP | IL | C | % Pas Tamiz Nº200 | SUCS | Descripción del suelo |
|-------------------|-------|-------------------------------|--------------|------|-----------------|-----|----|----|------|-----|-------------------|------|---------------------------------|
| 0,00 | 0,55 | NO | | | | | | | | | | | |
| 0,55 | 1,00 | NO | | | | | | | | | | | |
| 1,00 | 1,45 | NO | 3 | | | | | | | | | | |
| 1,45 | 1,90 | NO | 4 | | | | | | | | | | |
| 1,90 | 2,35 | NO | 5 | | | | | | | | | | |
| 2,35 | 2,80 | NO | | | | | | | | | | | |
| 2,80 | 3,25 | NO | 7 | | | | 54 | 34 | 0,83 | 8,8 | 99,1% | MH | Limo arcilloso color café claro |
| 3,25 | 3,70 | NO | | | | | | | | | | | |
| 3,70 | 4,15 | NO | 8 | | | | | | | | | | |
| 4,15 | 4,60 | NO | 10 | | | | | | | | | | |
| 4,60 | 5,05 | NO | | | | | | | | | | | |
| 5,05 | 5,50 | NO | 12 | | | | | | | | | | |
| 5,50 | 5,95 | NO | 15 | | | | | | | | | | |
| 5,95 | 6,40 | | | | | | | | | | | | |
| 6,40 | 6,85 | | | | | | | | | | | | |
| 6,85 | 7,30 | | | | | | | | | | | | |
| 7,30 | 7,75 | | | | | | | | | | | | |
| 7,75 | 8,20 | | | | | | | | | | | | |
| 8,20 | 8,65 | | | | | | | | | | | | |
| 8,65 | 9,10 | | | | | | | | | | | | |
| 9,10 | 9,55 | | | | | | | | | | | | |
| 9,55 | 10,00 | | | | | | | | | | | | |
| 10,00 | 10,45 | | | | | | | | | | | | |
| 10,45 | 10,90 | | | | | | | | | | | | |
| 10,90 | 11,35 | | | | | | | | | | | | |
| 11,35 | 11,80 | | | | | | | | | | | | |

| Intervalos Metros | Nº | Nº de Muestra / Estratigrafía | Grafica NSPT | NSPT | Q Ultima ton/m² | % H | LL | IP | IL | C | % Pas Tamiz Nº200 | SUCS | Descripción del suelo |
|-------------------|-------|-------------------------------|--------------|------|-----------------|-----|----|----|------|-----|-------------------|------|---------------------------------|
| 0,00 | 0,55 | NO | | | | | | | | | | | |
| 0,55 | 1,00 | NO | | | | | | | | | | | |
| 1,00 | 1,45 | NO | 3 | | | | | | | | | | |
| 1,45 | 1,90 | NO | 4 | | | | | | | | | | |
| 1,90 | 2,35 | NO | 5 | | | | | | | | | | |
| 2,35 | 2,80 | NO | | | | | | | | | | | |
| 2,80 | 3,25 | NO | 7 | | | | 54 | 34 | 0,83 | 8,8 | 99,1% | MH | Limo arcilloso color café claro |
| 3,25 | 3,70 | NO | | | | | | | | | | | |
| 3,70 | 4,15 | NO | 8 | | | | | | | | | | |
| 4,15 | 4,60 | NO | 10 | | | | | | | | | | |
| 4,60 | 5,05 | NO | | | | | | | | | | | |
| 5,05 | 5,50 | NO | 12 | | | | | | | | | | |
| 5,50 | 5,95 | NO | 15 | | | | | | | | | | |
| 5,95 | 6,40 | | | | | | | | | | | | |
| 6,40 | 6,85 | | | | | | | | | | | | |
| 6,85 | 7,30 | | | | | | | | | | | | |
| 7,30 | 7,75 | | | | | | | | | | | | |
| 7,75 | 8,20 | | | | | | | | | | | | |
| 8,20 | 8,65 | | | | | | | | | | | | |
| 8,65 | 9,10 | | | | | | | | | | | | |
| 9,10 | 9,55 | | | | | | | | | | | | |
| 9,55 | 10,00 | | | | | | | | | | | | |
| 10,00 | 10,45 | | | | | | | | | | | | |
| 10,45 | 10,90 | | | | | | | | | | | | |
| 10,90 | 11,35 | | | | | | | | | | | | |
| 11,35 | 11,80 | | | | | | | | | | | | |

NF = nivel freático

IL = índice de liquidez
 SUCS = Clasificación Unificada del Suelo

8.3. Registros Laboratorio

a. Sondeo 1

| Numero de muestra | Profundidad (m) | Humedad (%) | Masa muestra sin lavar (g) | Masa muestra después de lavado (g) | Pasando la malla 200 (%) | Límite Líquido | Límite Plástico | IP |
|-------------------|-----------------|-------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------------|----------------|-----------------|----|
| 1 | 0,55 | 36,8% | 30,59 | 18,37 | 99,8% | 23 | 8 | 15 |
| 2 | 1,00 | NR | | | | | | |
| 3 | 1,45 | 42,3% | | | | | | |
| 4 | 1,90 | 42,0% | | | | | | |
| 5 | 2,35 | 43,7% | | | | | | |
| 6 | 2,80 | NR | | | | | | |
| 7 | 3,25 | 46,2% | | | | | | |
| 8 | 3,70 | 39,1% | | | | | | |
| 9 | 4,15 | NR | | | | | | |
| 10 | 4,60 | 49,6% | | | | | | |
| 11 | 5,05 | 49,7% | 31,54 | 18,4 | 99,6% | 58 | 24 | 34 |
| 12 | 5,50 | 43,8% | | | | | | |
| 13 | 5,95 | 46,2% | | | | | | |

b. Sondeo 2

| Numero de muestra | Profundidad (m) | Humedad (%) | Masa muestra sin lavar (g) | Masa muestra después de lavado (g) | Pasando la malla 200 (%) | Límite Líquido | Límite Plástico | IP |
|-------------------|-----------------|-------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------------|----------------|-----------------|----|
| 1 | 0,55 | 26,6% | 28,66 | 18,37 | 99,8% | 57 | 35 | 22 |
| 2 | 1,00 | 30,1% | | | | | | |
| 3 | 1,45 | NR | | | | | | |
| 4 | 1,90 | 43,7% | | | | | | |
| 5 | 2,35 | 33,3% | | | | | | |
| 6 | 2,80 | 40,2% | | | | | | |
| 7 | 3,25 | 40,5% | | | | | | |
| 8 | 3,70 | 40,0% | | | | | | |
| 9 | 4,15 | 42,4% | | | | | | |
| 10 | 4,60 | 46,0% | | | | | | |
| 11 | 5,05 | 45,4% | | | | | | |
| 12 | 5,50 | NR | | | | | | |
| 13 | 5,95 | 45,1% | | | | | | |

c. Sondeo 3

| Numero de muestra | Profundidad (m) | Humedad (%) | Masa muestra sin lavar (g) | Masa muestra después de lavado (g) | Pasando la malla 200 (%) | Límite Líquido | Límite Plástico | IP |
|-------------------|-----------------|-------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------------|----------------|-----------------|----|
| 1 | 0,55 | 25,4% | 29,69 | 18,49 | 99,6% | 57 | 26 | 31 |
| 2 | 1,00 | NR | | | | | | |
| 3 | 1,45 | 43,8% | | | | | | |
| 4 | 1,90 | 41,9% | | | | | | |
| 5 | 2,35 | 38,4% | | | | | | |
| 6 | 2,80 | NR | | | | | | |
| 7 | 3,25 | NR | | | | | | |
| 8 | 3,70 | 47,1% | | | | | | |
| 9 | 4,15 | 46,7% | | | | | | |
| 10 | 4,60 | NR | | | | | | |
| 11 | 5,05 | NR | | | | | | |
| 12 | 5,50 | 49,4% | | | | | | |
| 13 | 5,95 | 43,6% | | | | | | |

d. Sondeo 4

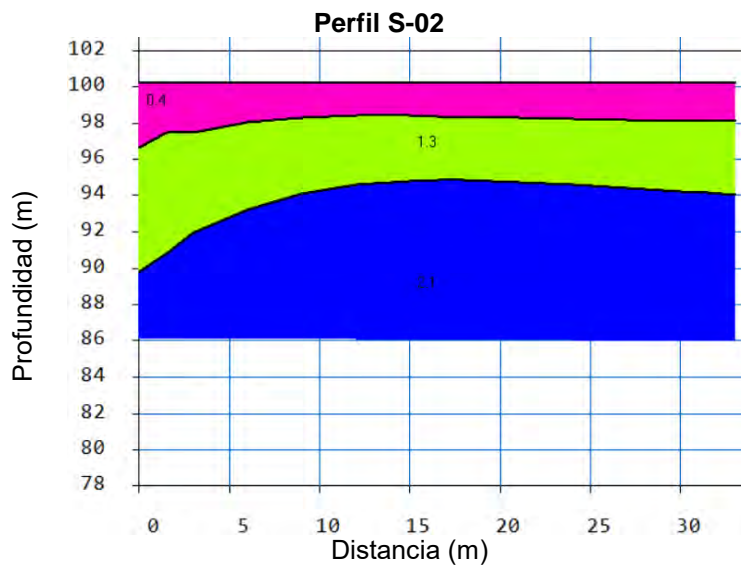
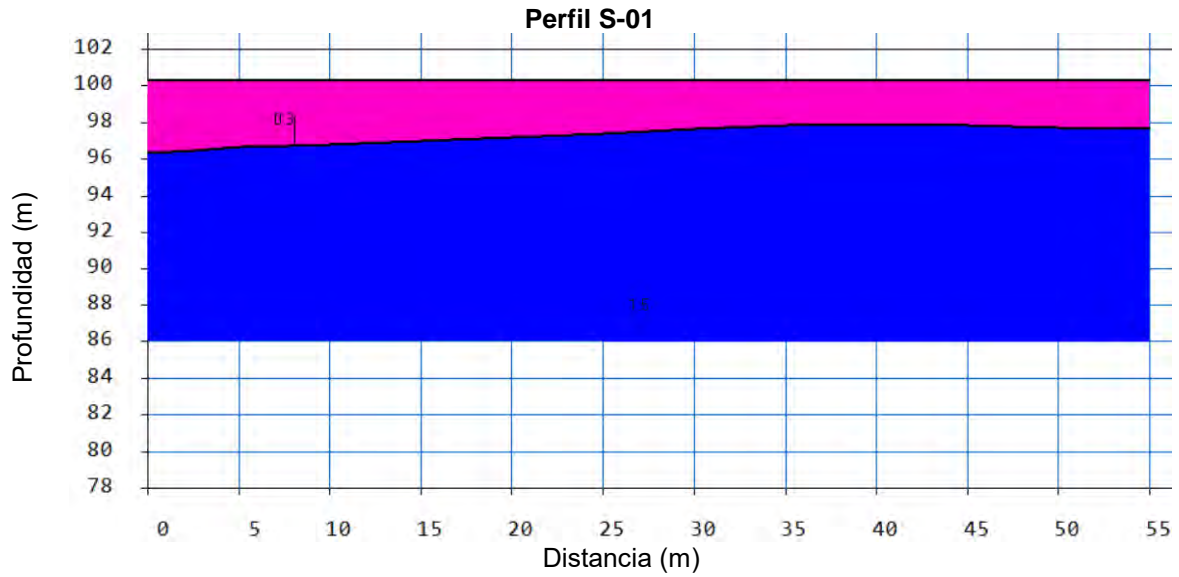
| Numero de muestra | Profundidad (m) | Humedad (%) | Masa | | | Limite Liquido | Limite Plastico | IP |
|-------------------|-----------------|-------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------|-----------------|----|
| | | | Masa muestra sin lavar (g) | muestra después de lavado (g) | Pasando la malla 200 (%) | | | |
| 1 | 0,55 | NR | | | | | | |
| 2 | 1,00 | NR | | | | | | |
| 3 | 1,45 | NR | | | | | | |
| 4 | 1,90 | NR | | | | | | |
| 5 | 2,35 | 31,1% | | | | | | |
| 6 | 2,80 | 42,3% | | | | | | |
| 7 | 3,25 | 45,7% | | | | | | |
| 8 | 3,70 | 42,8% | | | | | | |
| 9 | 4,15 | 54,0% | | | | | | |
| 10 | 4,60 | 38,9% | 31,9 | 18,47 | 98,8% | 66 | 32 | 34 |
| 11 | 5,05 | 41,1% | | | | | | |
| 12 | 5,50 | 43,8% | | | | | | |
| 13 | 5,95 | 43,2% | | | | | | |

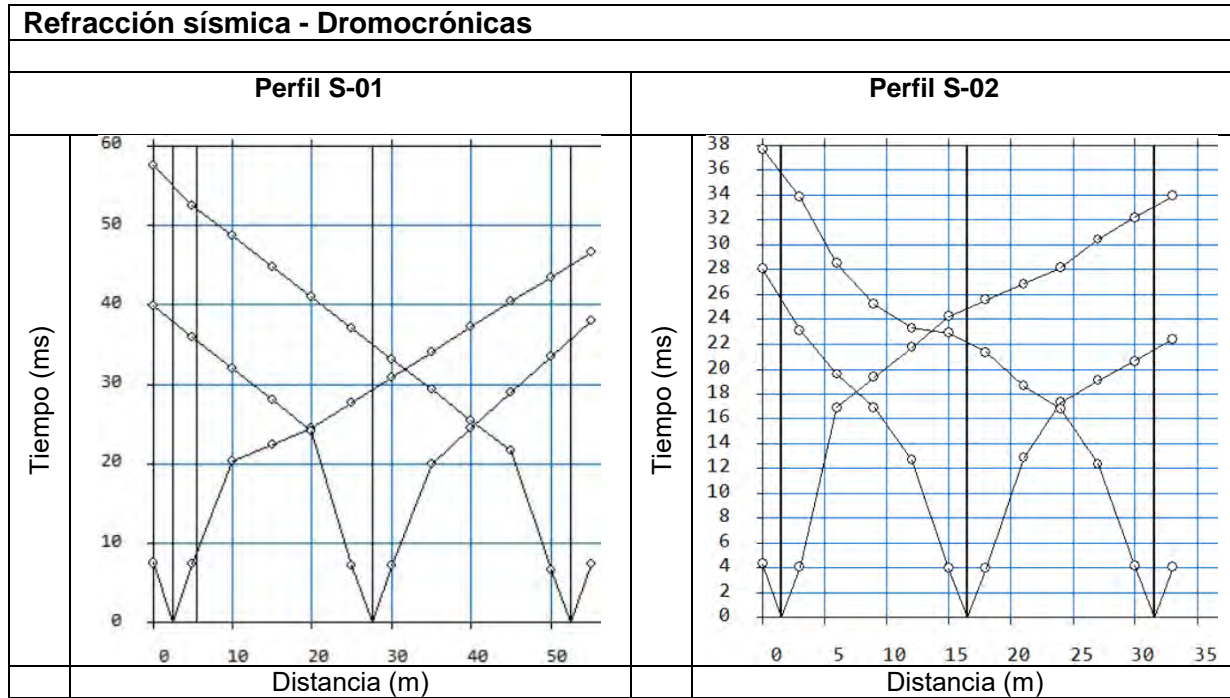
e. Sondeo 5

| Numero de muestra | Profundidad (m) | Humedad (%) | Masa | | | Limite Liquido | Limite Plastico | IP |
|-------------------|-----------------|-------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------|-----------------|----|
| | | | Masa muestra sin lavar (g) | muestra después de lavado (g) | Pasando la malla 200 (%) | | | |
| 1 | 0,55 | NR | | | | | | |
| 2 | 1,00 | NR | | | | | | |
| 3 | 1,45 | 50,3% | | | | | | |
| 4 | 1,90 | 41,4% | | | | | | |
| 5 | 2,35 | 50,7% | | | | | | |
| 6 | 2,80 | NR | | | | | | |
| 7 | 3,25 | 44,4% | 34,98 | 17,9 | 99,1% | 54 | 34 | 20 |
| 8 | 3,70 | NR | | | | | | |
| 9 | 4,15 | 45,1% | | | | | | |
| 10 | 4,60 | 43,9% | | | | | | |
| 11 | 5,05 | NR | | | | | | |
| 12 | 5,50 | 43,9% | | | | | | |
| 13 | 5,95 | 48,4% | | | | | | |

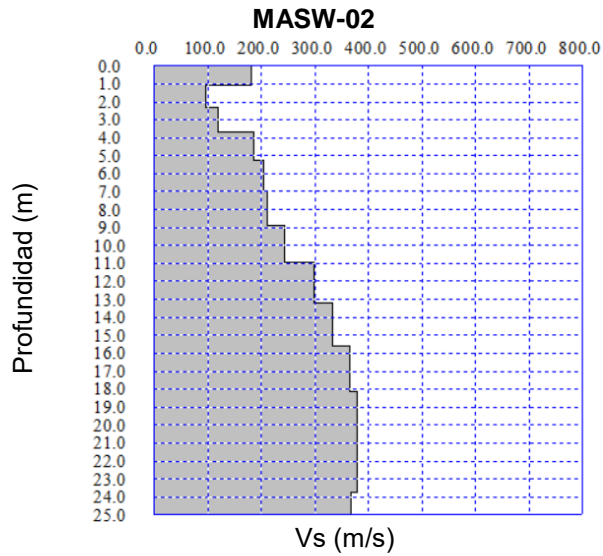
8.4. Resultados de las prospecciones geofísicas

Refracción sísmica





Ensayo MASW



Correlación MASW - N_{SPT}

MASW-02

| Profundidad (m) | Vs (m/s) | N _{SPT} |
|-----------------|----------|------------------|
| 0,0 | 182 | 7 |
| 1,1 | 97 | 1 |
| 2,3 | 120 | 2 |
| 3,7 | 186 | 8 |
| 5,3 | 203 | 11 |
| 7,0 | 210 | 12 |
| 8,9 | 243 | 19 |
| 11,0 | 299 | 36 |
| 13,2 | 334 | 51 |
| 15,6 | 366 | 69 |
| 18,1 | 380 | 77 |
| 20,9 | 379 | 77 |
| 23,7 | 369 | 70 |
| 26,8 | 409 | 98 |



Estudio de Hidrología Básica
Infraestructura Penitenciaria en Costa Rica
Centro de Atención Institucional Marcus Garvey

Junio, 2020

ESTUDIO DE HIDROLOGÍA BÁSICA DEL CAUCE DE AGUA DE LA MICROCUENCA EN QUE SE LOCALIZA EL AP

**PROYECTO: Infraestructura penitenciaria en Costa Rica: CAI Marcus Garvey
(Limón)**

LOCALIZACIÓN: Provincia: **Limón** Cantón: **Limón** Distrito: **Río Blanco**

DESARROLLADOR: **Ministerio de Justicia y Paz**

**PROFESIONAL QUE ELABORA EL ESTUDIO: Profesional en Ingeniería Civil con
experiencia y conocimientos en el campo de la Hidrología**

Nombre del profesional: **Jorge Arturo Rodríguez Castillo**

Número de cédula: 2-0368-0863 **Número de colegiado:** IC-3606

Registro SETENA: CI-015-14 Vigencia: **octubre 2021**

DOCUMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL

El suscrito Jorge Arturo Rodríguez Castillo, portador de la cédula de identidad número 2-0368-0863, profesional en ingeniería civil, manifiesto ser responsable directo de la información técnica científica que se aporta en el presente documento, la cual se elaboró para el proyecto denominado: Infraestructura penitenciaria en Costa Rica: Centro de Atención Institucional Marcus Garvey, el cual se desarrollará en el plano catastrado número: 7-419778-1997, finca número: L-7008769-000.

En virtud de ello, someto el presente Estudio de Hidrología Básica del Cauce de Agua de la Microcuenca en que se localiza el AP, 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 sea analizado y se constate que el mismo ha cumplido con los lineamientos técnicos y normativos establecidos. Tengo presente que en apego al artículo 5 del Decreto Ejecutivo 32712-MINAE, la información contenida en este estudio se presenta bajo el concepto de Declaración Jurada, a conocimiento y conciencia de que dicha información es actual y verdadera y que, en caso contrario, pueden derivarse consecuencias penales del hecho. Por lo cual, manifiesto que, de encontrarse alguna irregularidad en la información, seré 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.

Atentamente.

Arturo Rodríguez Castillo

Fecha de emisión : 29 de junio de 2020

Contenido

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Resumen..... | 3 |
| 2. | Introducción..... | 3 |
| 3. | Trabajo realizado | 6 |
| 4. | Resultados hidrológicos e hidráulicos obtenidos | 22 |
| 5. | Evaluación de resultados y conclusiones hidrológicas..... | 26 |
| 6. | Discusión sobre los grados de incertidumbre y alcance del estudio..... | 27 |
| 7. | Referencias Bibliográficas..... | 28 |

1. Resumen

1.1. Resumen de resultados

Desde el punto de vista de manejos de agua pluviales, el proyecto se considera viable.

En la finca donde se desarrollará el Proyecto Infraestructura Penitenciaria Centro de Atención Institucional (CAI) Marcus Garvey, el caudal de escorrentía producido para la condición de uso de suelo actual es de 2013,0 l/s. En la condición futura se proyecta la ampliación mediante la construcción de un módulo; en este escenario el caudal esperado a futuro es de 2044,7 l/s.

El desfogue propuesto para el Centro de Atención Institucional se realizará en el cauce ubicado en la misma propiedad, se localizará aproximadamente en la cota de 13.5 m, los resultados del modelo hidráulico en el cauce para un caudal total de 1069.2 l/s producto de una tormenta de periodo de retorno de 50 años (distribuido a lo largo de los puntos de desfogue de las áreas tributarias), indican que el nivel del agua en el sitio de desfogue será de 12.7 m. Además, el calado del agua en las secciones analizadas se encuentra por debajo de la línea formada por los puntos altos del cañón del cauce.

Mediante la vista de campo y la revisión de la información disponible en los mapas de amenazas publicados por la Comisión Nacional de Prevención y Atención de Desastres (CNE) se verifica que el sitio de estudio no se ubica en la zona de inundación del Río Blanco.

1.2. Resumen de conclusiones técnicas

Se espera que el cauce que cruza la finca (ubicado en el sector oeste del sitio del proyecto) no vea afectado su funcionamiento hidráulico al recibir un incremento de caudal del 2.6 % respecto a la escorrentía actual. Se evaluó la capacidad hidráulica del mismo ante un evento de periodo de retorno de 50 años, según los niveles de agua obtenidos del modelo, es posible desfogar la escorrentía pluvial generada por el proyecto, sin que ocurra desbordamiento del cauce y obstrucciones en el sitio de desfogue.

2. Introducción

A través de cooperación técnica, el Banco Centroamericano de Integración Económica se encuentra financiando la consultoría de "Asistencia técnica especializada para la gestión inicial de estudios del programa de obras de infraestructura penitenciaria de Costa Rica".

Dentro de este proyecto, se incluye la realización de estudios de hidrología en 3 centros penales. El presente informe incluye los resultados y análisis correspondientes al Centro de Atención Institucional Marcus Garvey (Limón).

2.1. Datos sobre la finca estudiada

La finca donde se desarrollará el proyecto se encuentra registrada con el número de folio real 7-7008769-000. Se ubica en la provincia de Limón, el cantón de Limón, y el distrito de Río Blanco. La finca contiene el plano 7-419778-1997, abarca un área de 160 257,10 m², actualmente en el terreno existen obras de infraestructura del Centro de Atención Institucional de Marcus Garvey, donde se alberga privados de libertad, además de áreas verdes, y boscosa. La finca es atravesada por un cauce en el que se desfogará la escorrentía directa generada en el Centro de Atención Institucional producto de las precipitaciones.

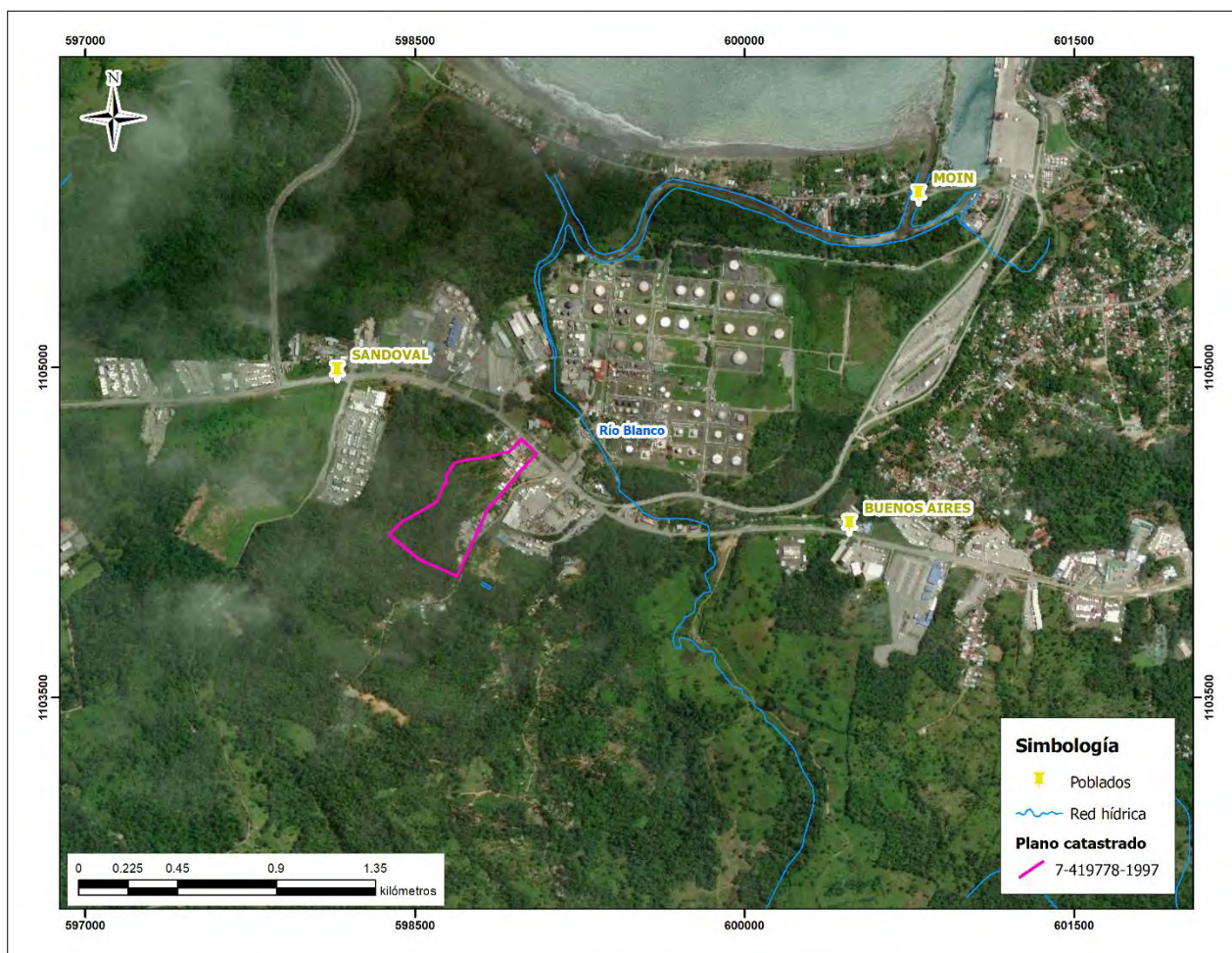


Figura 1. Ubicación del Centro de Atención Institucional Marcus Garvey

2.2. Coordinación profesional realizada

Para la realización del análisis hidrológico de la zona fue necesaria una visita al sitio para caracterizar el terreno y sus áreas aledañas, conocer condiciones de pendientes, uso del suelo, presencia de infraestructura pluvial actual, potenciales sitios de desfogue y caracterización del cuerpo receptor.

Para esta visita se coordinó con personal del Ministerio de Justicia y Paz, de manera tal que se pudo visualizar en campo las propuestas de desarrollo.

Además, se contó con el insumo del levantamiento topográfico del área de estudio, a partir del cual se hicieron los análisis respectivos y se propuso la solución de manejo de aguas.

2.3. Objetivos del estudio

Objetivo general

Elaborar un análisis hidrológicos e hidráulicos en los terrenos propuestos para las nuevas obras del Centro de Atención Institucional de Marcus Garvey en Limón, tomando en cuenta los cambios en el uso del suelo de los terrenos, la topografía y condiciones existentes.

Objetivos específicos

- Calcular la escorrentía superficial debido a eventos de precipitación bajo la cobertura actual del suelo.
- Calcular el incremento en la escorrentía superficial, que generaría la construcción de nuevas obras en el Centro de Atención Institucional Marcus Garvey.
- Elaboración del modelo hidráulico para estimar tirantes y velocidades en la quebrada a desfogar.

2.4. Metodología aplicada para llevarlo a cabo.

El análisis realizado se hizo a partir de información bibliográfica que incluye normativa nacional, publicaciones científicas, libros, entre otros. Además, se contó con los insumos facilitados por el Ministerio de Justicia y Paz referentes al diseño de sitio propuesto. Por otra parte, se tiene la visita de campo para verificar las condiciones en sitio.

A partir de lo anterior se realizan los cálculos y caracterizaciones hidrológicas del área tributaria, con ayuda de Sistemas de Información Geográfica.

En la Figura 2 se plantea la metodología seguida para elaborar la memoria de cálculo de la estimación del exceso de escorrentía, generado por la construcción del Centro de Atención Institucional Marcus Garvey, y el comportamiento hidráulico del cauce ante el desfogue de la escorrentía pluvial.

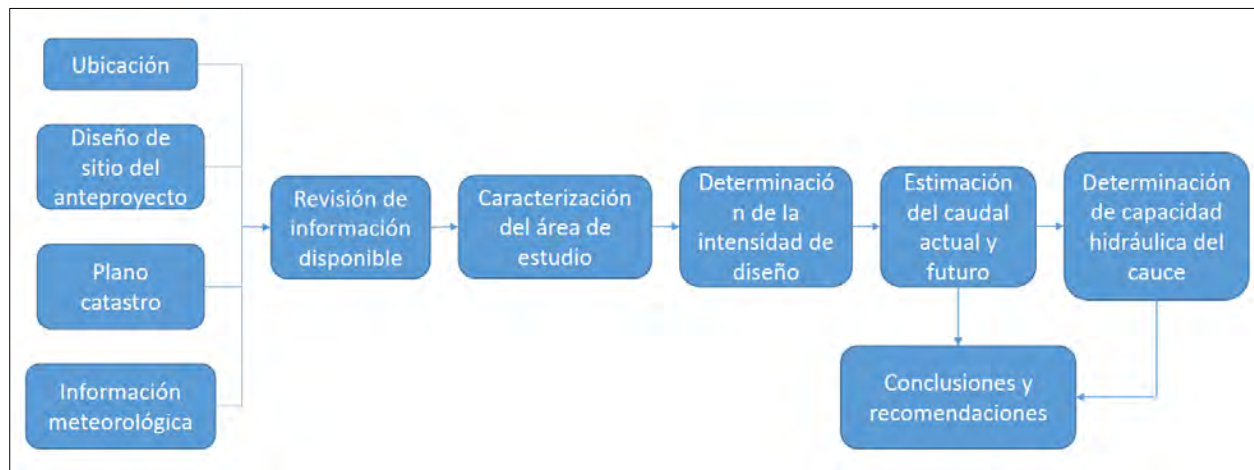


Figura 2. Metodología

3. Trabajo realizado

3.1. Condición actual

Para determinar el caudal previo al desarrollo del Centro de Atención Institucional, se consideró la cobertura de la finca, en la que aproximadamente el 72 % del área total corresponde a bosque, un 13 % a pastos y árboles dispersos, y 13 % a áreas impermeabilizadas.

En la Figura 3 se muestra una fotografía aérea del lote en donde se ubicará el proyecto, y la distribución espacial de las áreas existentes. En el Cuadro 1 se presentan las tablas de áreas actuales y el porcentaje de las coberturas.

Cuadro 1. Cobertura actual del lote

| Uso del suelo | Área (m ²) | Porcentaje de cobertura % |
|----------------------------|------------------------|---------------------------|
| Bosque | 115314.4 | 72.0% |
| Pastos y árboles dispersos | 21416.8 | 13.4% |
| Lastre | 894.5 | 0.6% |
| Pavimento | 10052.3 | 6.3% |
| Suelo desnudo | 1300.3 | 0.8% |
| Techos | 11289.7 | 7.0% |
| Total | 160268.0 | 100.0% |

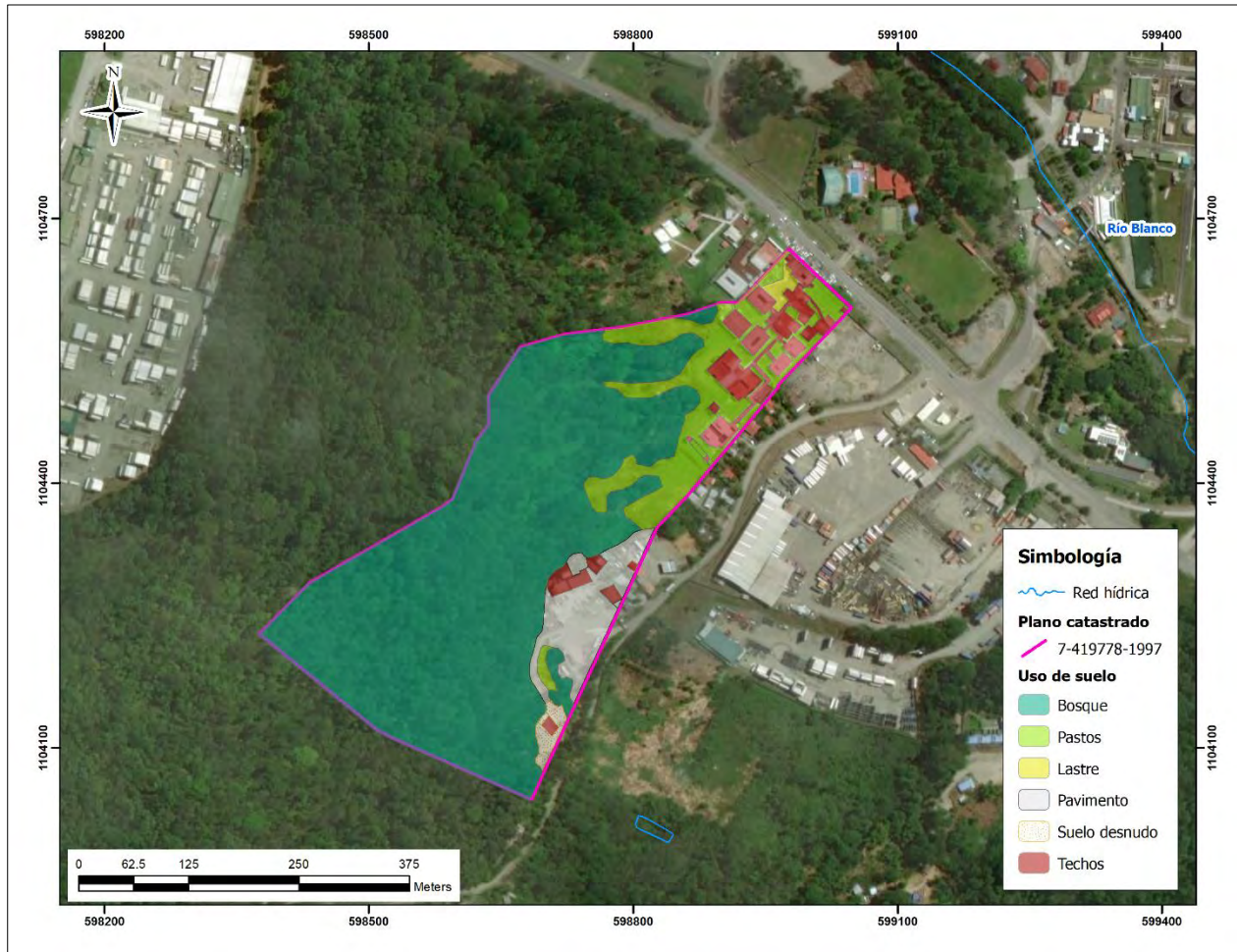


Figura 3. Cobertura actual del lote

La escorrentía generada por la finca no desfoga en su totalidad en la quebrada, esto debido a que la topografía condiciona la dirección del flujo natural, en la Figura 4 se detalla.

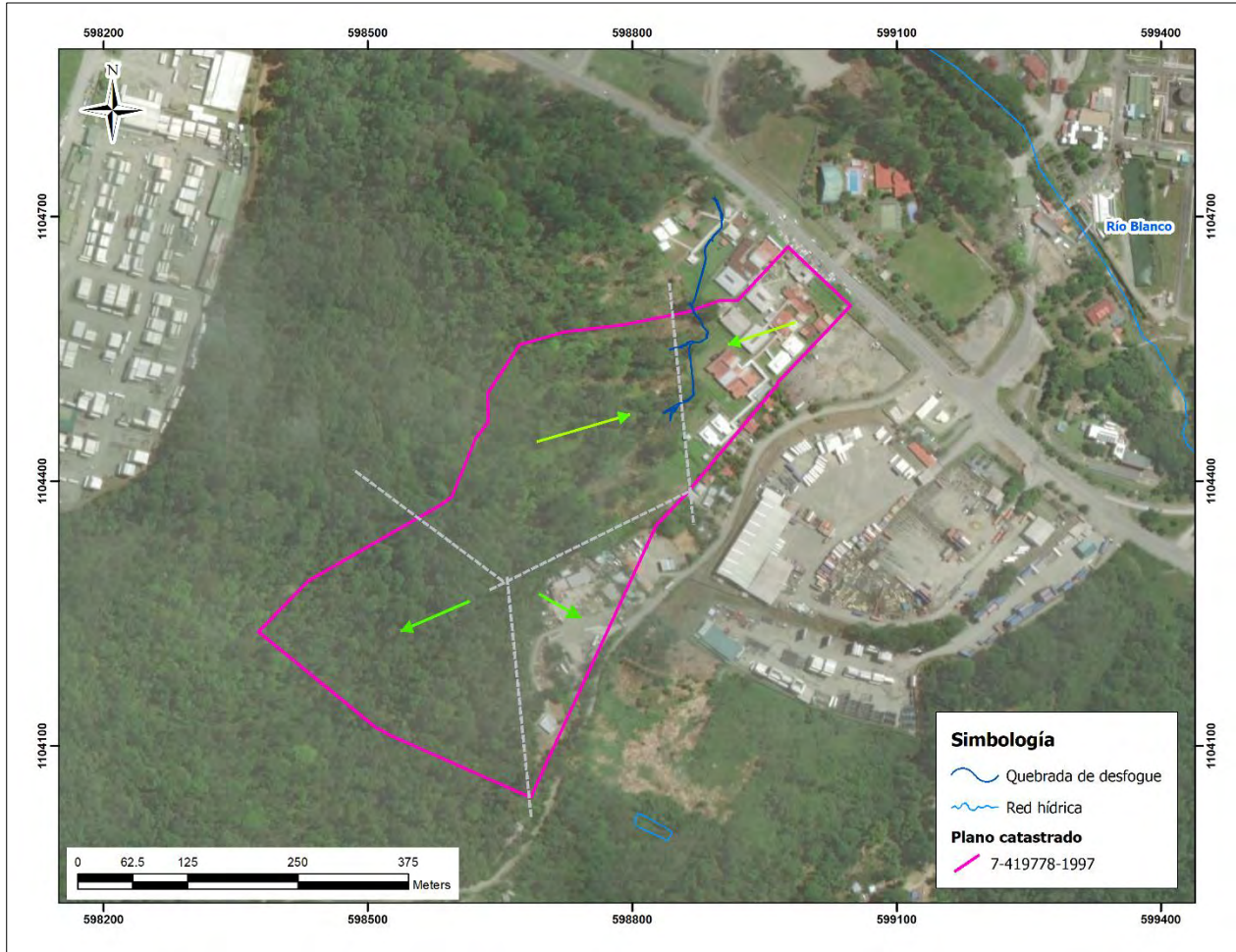


Figura 4. Dirección de la escorrentía natural del lote

Las áreas del proyecto y las cuencas aledañas que contribuyen en la escorrentía que desfoga en la quebrada se identifican en el Cuadro 2 y Figura 5.

Cuadro 2. Áreas tributarias que contribuyen en la escorrentía que desfoga en la quebrada, condición actual

| Uso de suelo | Área (m ²) | Porcentaje de cobertura % |
|--------------|------------------------|---------------------------|
| Bosque | 60168.3 | 66.1% |
| Pasto | 20715.3 | 22.7% |
| Lastre | 894.5 | 1.0% |
| Techos | 9295.5 | 10.2% |
| Total | 91073.5 | 100.0% |

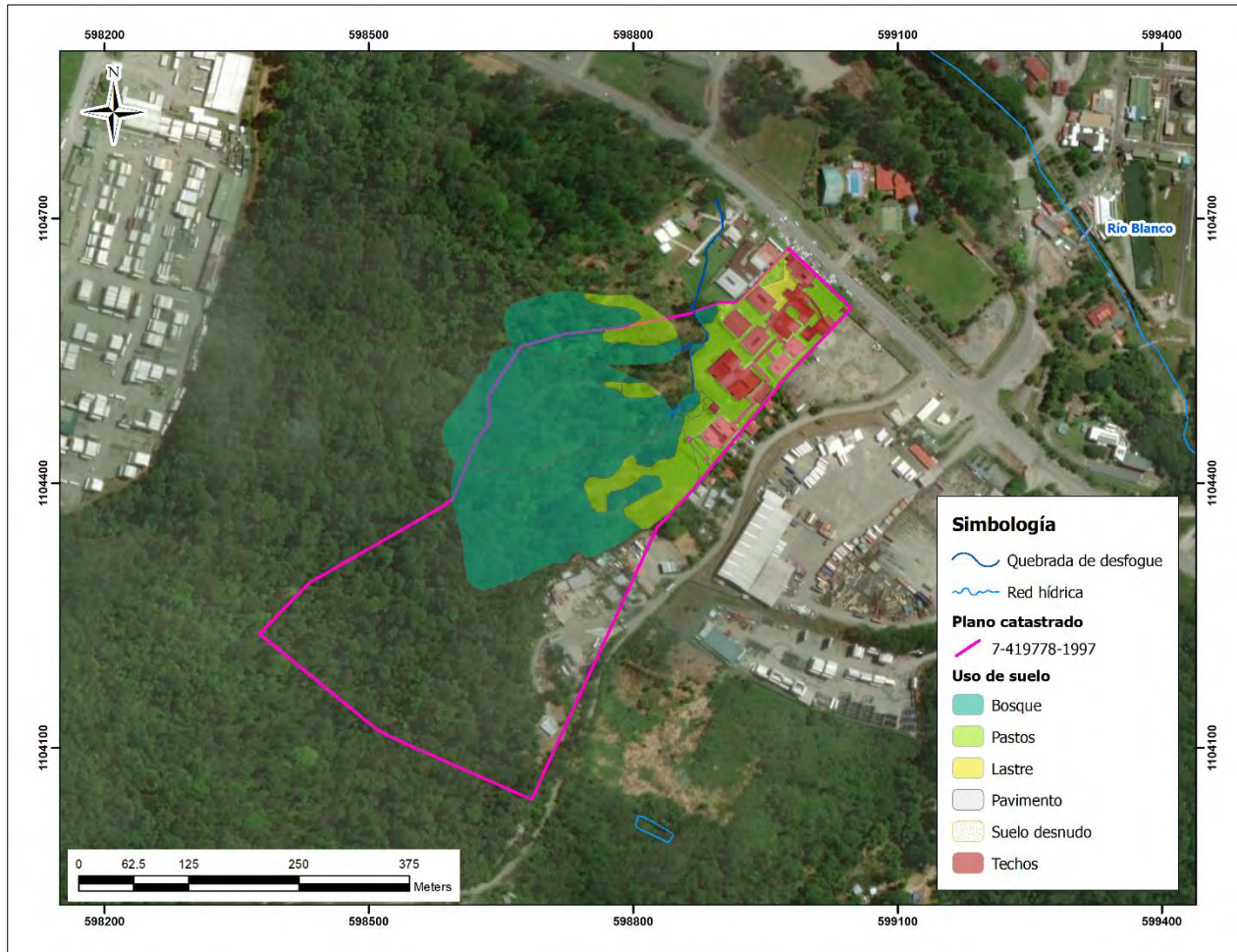


Figura 5. Áreas tributarias que contribuyen en la escorrentía desfogada en la quebrada, condición actual

En las siguientes figuras se observan algunas zonas de la cobertura actual del sitio.



Figura 6. Cobertura de la propiedad

3.2. Condición futura considerando las nuevas obras del Centro de Atención Institucional El proyecto del Centro de Atención Institucional se desarrollará hacia el sur de las obras existentes, abarcado un área de 668,9 m². Dicho proyecto modificará el uso de suelo presente en la Figura 7 se señala la cobertura futura del lote donde se ubicará el proyecto. En el Cuadro 3 se presentan las tablas de áreas futuras y el porcentaje de las coberturas.

Cuadro 3. Cobertura futura del lote

| Uso del suelo | Área (m ²) | Porcentaje de cobertura % |
|---------------|------------------------|---------------------------|
| Bosque | 114892.0 | 71.7% |
| Pastos | 21170.3 | 13.2% |
| Lastre | 894.5 | 0.6% |
| Pavimento | 10052.3 | 6.3% |
| Suelo desnudo | 1300.3 | 0.8% |
| Techos | 11958.6 | 7.5% |
| Total | 160268.0 | 100.0% |

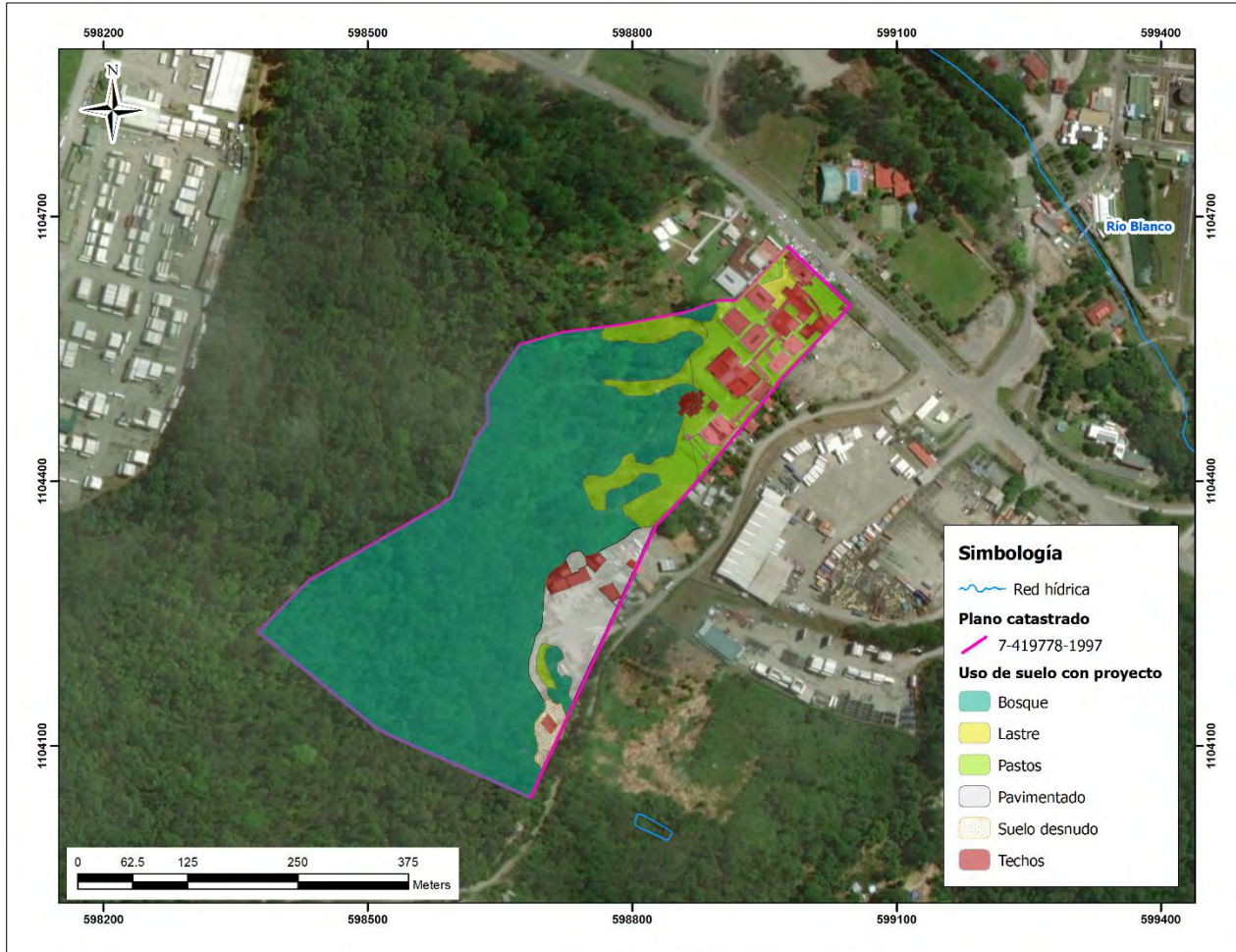


Figura 7. Cobertura futura de la finca

En el Cuadro 4 y Figura 8 se indican las áreas consideradas en la estimación de la escorrentía futura que desfogará en la quebrada ubicada dentro del lote.

Cuadro 4. Áreas tributarias que contribuyen en la escorrentía que desfoga en la quebrada, condición futura

| Uso de suelo | Área (m ²) | Porcentaje de cobertura % |
|--------------|------------------------|---------------------------|
| Bosque | 59745.8 | 66.0% |
| Pasto | 19920.8 | 22.0% |
| Lastre | 894.5 | 1.0% |
| Techos | 9964.4 | 11.0% |
| Total | 90525.5 | 100.0% |

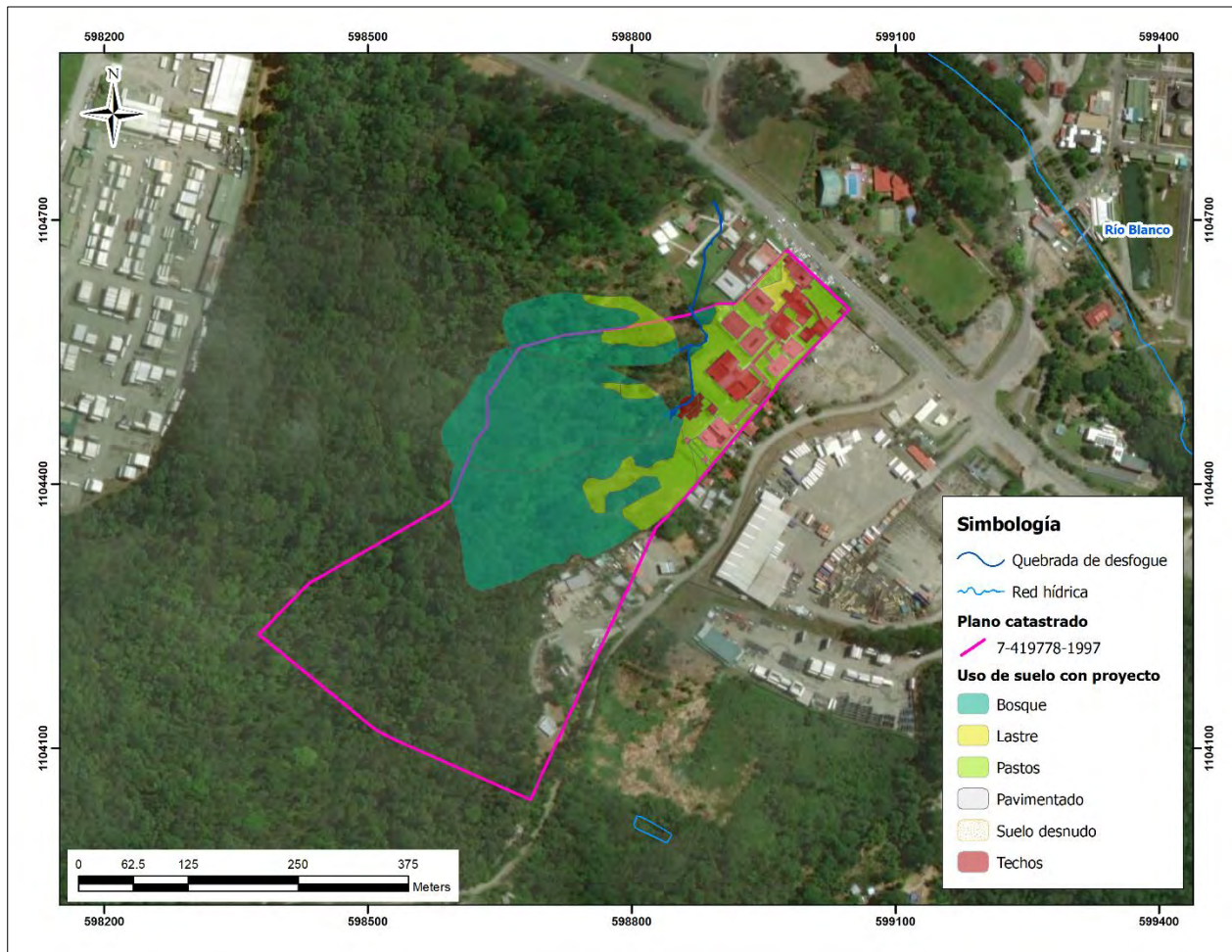


Figura 8. Áreas tributarias que contribuyen en la escorrentía desfogada en la quebrada, condición futura

3.3. Estimación de caudal

Conforme aumenta la cobertura impermeable de un área también se incrementa la escorrentía directa, ya que el agua de lluvia no tiene espacio libre o "en verde" para infiltrarse. El exceso de aguas superficiales en una cuenca puede provocar inundaciones, erosión de los cauces o socavación de estructuras mayores.

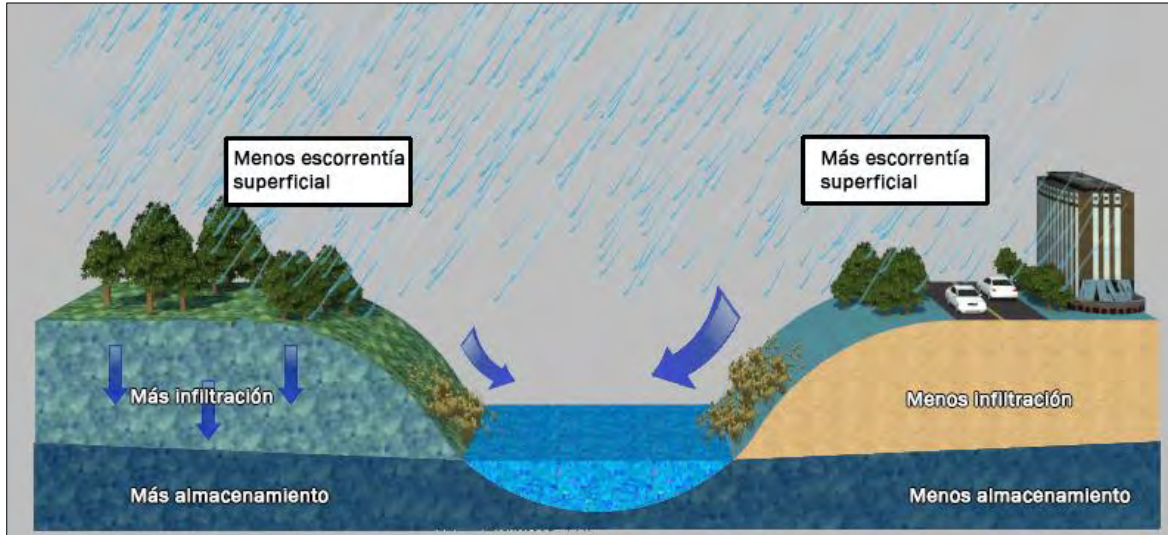


Figura 9. Superficies cubiertas contra no cubiertas

Según la nueva cobertura propuesta, el área verde y boscosa se reducirá en menos de 1 % del área total, y el área impermeabilizada incrementará en 0,5 %, por lo que el cambio en la escorrentía resulta poco significativo. Sin embargo, se analizan las condiciones hidráulicas del cauce para verificar que las obras no se vean afectadas en caso del desbordamiento del agua.

3.3.1. Caudal

Para el cálculo del caudal, tanto de la condición de uso de suelo actual y la posterior a la construcción del Centro de Atención Institucional, se utilizó el método racional.

El método racional es un método empírico que se utiliza para encontrar el caudal máximo correspondiente a un periodo de retorno dado. El método supone que las lluvias de diseño son de intensidad, duración y frecuencia constantes y uniformes en toda la extensión de la cuenca.

“El método racional supone que la máxima escorrentía ocasionada por una lluvia se produce cuando la duración de ésta es igual al tiempo de concentración”. (Villón, 2004)

El caudal que escurre por un área conocida puede determinarse a partir de la siguiente ecuación.

$$Q = \frac{C * i * A}{3600}$$

Donde,

Q: caudal de diseño (l/s)

i: intensidad de la lluvia (mm/h)

C: coeficiente de escorrentía (adimensional)

A: Área de drenaje (m²)

3.3.2. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se define como el tiempo en que una gota que cae en el punto más alejado llega al punto de control. Este tiempo depende básicamente de la topografía, la cobertura del suelo y las dimensiones de la cuenca, o del lote en este caso en específico.

Existen varias maneras de medir el tiempo de concentración, entre ellas se encuentran las medidas directas usando trazadores, las características hidráulicas de la cuenca, estimando velocidades o por formulaciones empíricas.

Para el presente análisis se utilizó un tiempo de concentración de 10 min. De acuerdo con la Reglamentación Técnica para Diseño y Construcción de Urbanizaciones, Condominios y Fraccionamientos **“el tiempo de concentración de la lluvia que debe considerarse para la determinación de la intensidad y el caudal en ningún caso será inferior a diez minutos”** (AyA, 2007), por lo que se acata dicha recomendación y se establece el mínimo en el valor sugerido.

3.3.3. Periodo de retorno

El período de retorno está relacionado con la probabilidad de ocurrencia de un evento de precipitación. Cuanto mayor sea el período de retorno, más fuertes serán los eventos de precipitación y menor su probabilidad de ocurrencia.

Para cada proyecto se debe definir un período de retorno adecuado según sus características. Se debe prestar especial atención al costo de las obras, la seguridad humana y la importancia que tiene el proyecto.

Para este proyecto se definió un período de retorno de 50 años. Esto implica que se espera que la probabilidad de superar este evento en un año sea del 2 %.

3.3.4. Intensidad de la lluvia

En la Figura 10 se observa la estación meteorológica más cercana al sitio de estudio; la intensidad de la lluvia se obtendrá a partir de las curvas intensidad-duración-frecuencia de la estación Aeropuerto Limón, 81-05 del Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Esta información se encuentra en la publicación **“Curvas de Intensidad Duración Frecuencia de algunas estaciones meteorológicas automáticas” publicado por el IMN (2011)**.

Para un periodo de retorno de 50 años y una tormenta con duración de 10 minutos, la intensidad esperada para la estación de Aeropuerto Limón es de 205,4 mm/h.

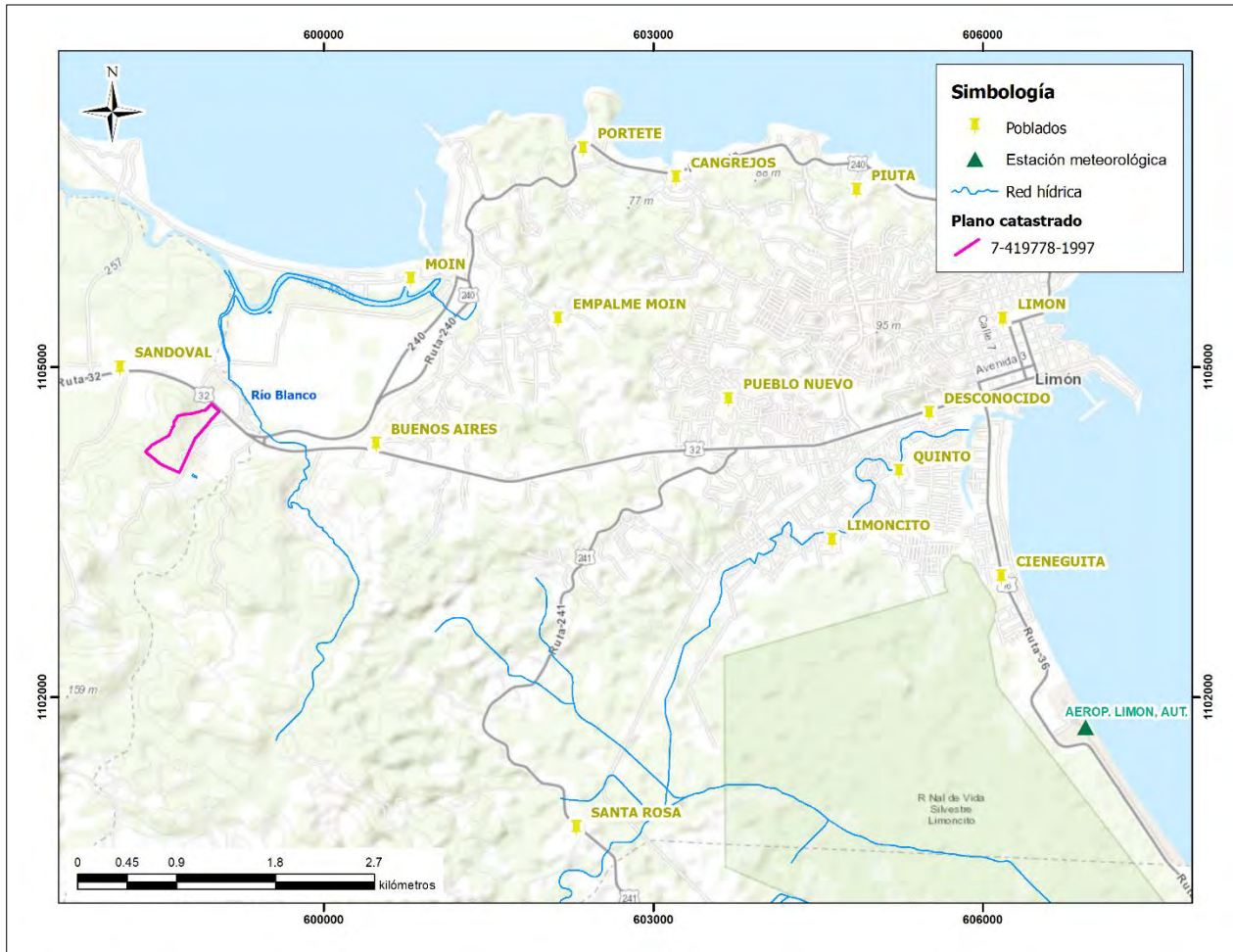


Figura 10. Ubicación de la estación meteorológica

3.3.5. Coeficiente de escorrentía esperado

El coeficiente de escorrentía representa el porcentaje de agua de la tormenta que efectivamente escurre hacia el punto de control.

$$C = \frac{\text{Volumen de escorrentía superficial total}}{\text{Volumen precipitado total}}$$

El coeficiente de escorrentía se obtendrá de acuerdo a los valores recomendados en la **Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial del AyA (2017)** y el "Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones 2017" del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (2017).

Los coeficientes de escorrentía asignados a los distintos usos del suelo, y el valor ponderado para las condiciones actual y futura se muestran a continuación. Cuanto menor sea el coeficiente de escorrentía, menor será el escurrimiento superficial sobre el terreno.

Cuadro 5. Cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado para la condición actual

| Condición | Cobertura | Área (m ²) | CE |
|--|---------------|------------------------|------|
| Área de la finca* | Bosque | 115314.4 | 0.1 |
| | Pastos | 21416.8 | 0.15 |
| | Lastre | 894.5 | 0.35 |
| | Pavimento | 10052.3 | 0.9 |
| | Suelo desnudo | 1300.3 | 0.35 |
| | Techos | 11289.7 | 0.95 |
| CE ponderado | | | 0.22 |
| Áreas tributarias que desfogan en el cauce | Bosque | 60168.3 | 0.1 |
| | Pasto | 20715.3 | 0.15 |
| | Lastre | 894.5 | 0.35 |
| | Techos | 9295.5 | 0.95 |
| CE ponderado | | | 0.20 |

*El área total de la finca no desfoga en el cauce.

Cuadro 6. Cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado para la condición futura

| Condición | Cobertura | Área (m ²) | CE |
|--|---------------|------------------------|------|
| Área de la finca* | Bosque | 114892.0 | 0.1 |
| | Pastos | 21170.3 | 0.15 |
| | Lastre | 894.5 | 0.35 |
| | Pavimento | 10052.3 | 0.9 |
| | Suelo desnudo | 1300.3 | 0.35 |
| | Techos | 11958.6 | 0.95 |
| CE ponderado | | | 0.22 |
| Áreas tributarias que desfogan en el cauce | Bosque | 59745.8 | 0.1 |
| | Pasto | 19920.8 | 0.15 |
| | Lastre | 894.5 | 0.35 |
| | Techos | 9964.4 | 0.95 |
| CE ponderado | | | 0.21 |

*El área total de la finca no desfoga en el cauce.

3.4. Modelo hidráulico del cauce

El análisis hidráulico del cauce en el que se desfogará la esorrentía pluvial se realizó mediante la aplicación del modelo unidimensional HEC-RAS. Para esto se utilizaron secciones transversales producto del levantamiento topográfico del sitio, en un recorrido de 155 m del cauce.

Se realizaron simulaciones en régimen permanente para determinar parámetros hidráulicos en las secciones para el caudal producto de la tormenta de periodo de retorno de 50 años.

3.4.1. Secciones del cauce

A partir del levantamiento topográfico del terreno se realizó una superficie del terreno, de la que se obtuvieron las secciones a lo largo del cauce. Se densificaron las secciones con especial interés en el sitio donde cambia la dirección del flujo, con el fin de obtener una topografía adecuada para aplicar el modelo hidráulico.

Se proyectaron 32 secciones a lo largo de los 155 m aproximadamente, repartidas a cada 5 m. Las secciones utilizadas en el modelo hidráulico se aprecian en la siguiente figura.

Donde

V: velocidad media (m/s)

n: coeficiente de Manning

R: radio hidráulico (m)

S: gradiente de energía (m/m)

Según Chow (1988), los factores que ejercen mayor influencia sobre el coeficiente de rugosidad son:

- a. Rugosidad superficial (tamaño y forma de los granos del material en el perímetro mojado).
- b. Vegetación.
- c. Irregularidad del canal (irregularidades en el perímetro mojado, variaciones en la sección transversal, tamaño y forma de las secciones a lo largo del canal).
- d. Alineamiento del canal.
- e. Sedimentación y socavación.
- f. Obstrucciones.
- g. Tamaño y forma del canal.
- h. Nivel y caudal.
- i. Cambio estacional.
- j. Material en suspensión y carga del lecho.

Para el canal analizado se aplicó la metodología propuesta por Cowan (Chow, 1998) en donde el "n" se define mediante la siguiente ecuación:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$$

Donde

n_0 : valor básico para un canal recto, uniforme y liso en los materiales involucrados.

n_1 : corrección por irregularidades superficiales.

n_2 : corrección por variaciones en forma y tamaño de la sección transversal.

n_3 : corrección por obstrucciones.

n_4 : corrección por vegetación y condiciones de flujo.

m_5 : corrección por efectos de meandros.

Los valores básicos para canales estables se tomaron de los propuestos por Arcement y Schneider (1989). En el caso de las llanuras de inundación es importante recalcar que los valores propuestos estiman que la zona de protección del cauce se respetará y su cobertura seguirá siendo la misma a la aquí considerada.

En el Cuadro 8 se presentan los factores de ajuste para el coeficiente de **rugosidad "n" de los canales** y las llanuras de inundación. A continuación, se resumen los coeficientes de Manning utilizados.

Cuadro 7. Coeficientes de rugosidad de Manning

| Cauce | Material del lecho | Bancos |
|-----------------------------|--------------------|--------|
| Cauce que atraviesa el lote | 0.04 | 0.045 |

Cuadro 8. Factores de ajuste de "n" para canales

| Condiciones del canal | | "n" de Manning |
|---|---------------------------|----------------|
| Material involucrado | Tierra | 0.020 |
| | Corte en roca | 0.025 |
| | Grava fina | 0.024 |
| | Grava gruesa | 0.028 |
| Grado de irregularidad (n_1) | Suave | 0 |
| | Menor | 0.001-0.005 |
| | Moderado | 0.006-0.01 |
| | Severo | 0.011-0.20 |
| Variaciones en la sección transversal (n_2) | Gradual | 0 |
| | Ocasionalmente alternante | 0.001-0.005 |
| | Frecuentemente alternante | 0.010-0.015 |
| Efecto relativo de las obstrucciones (n_3) | Insignificante | 0-0.004 |
| | Menor | 0.005-0.015 |
| | Apreciable | 0.02-0.03 |
| | Severo | 0.04-0.05 |

| | | |
|---|------------|------------|
| Vegetación (n ₄) | Baja | 0.002-0.01 |
| | Media | 0.01-0.025 |
| | Alta | 0.025-0.05 |
| | Muy alta | 0.05-0.1 |
| Grado de los efectos por meandros (m ₅) | Menor | 1.0 |
| | Apreciable | 1.15 |
| | Severo | 1.3 |

El cauce de la quebrada presenta una sección definida por pendientes pronunciadas en ambas márgenes. El material del lecho corresponde a tierra, con vegetación de matorrales y árboles dispersos en los bancos de las secciones.



Figura 12. Sección del cauce

4. Resultados hidrológicos e hidráulicos obtenidos

4.1. Caudales esperados

Una vez obtenidos todos los parámetros necesarios para aplicar el método racional, se calculó el caudal correspondiente a un período de retorno de 50 años considerando los diferentes usos de suelo.

Cuadro 9. Caudales generados en el lote ante un evento de precipitación de T=50 años, condición actual

| Área considerada | i (mm/h) | C | A (m ²) | Q (l/s) |
|--|------------|-------|-----------------------|-----------|
| Área de la finca* | 205,4 | 0.220 | 160268.0 | 2013.0 |
| Áreas tributarias que desfogan en el cauce | 205.4 | 0.20 | 91073.5 | 1042,2 |

*El área total de la finca no desfoga en el cauce.

Cuadro 10. Caudales esperados en el lote ante un evento de precipitación de T= 50 años, condición futura

| Área considerada | i (mm/h) | C | A (m ²) | Q (l/s) |
|--|------------|-------|-----------------------|-----------|
| Área de la finca* | 205,4 | 0.224 | 160268.0 | 2044.7 |
| Áreas tributarias que desfogan en el cauce | 205.4 | 0.21 | 91073.5 | 1069.2 |

*El área total de la finca no desfoga en el cauce.

De los cuadros anteriores se determinó que el caudal actual generado en el lote es de 2013,0 l/s. En la condición futura el aumento de caudal debido a la construcción del Centro de Atención Institucional es de 2044.7 l/s, esto corresponde a un incremento de 1,6 % respecto del caudal actual.

El caudal estimado para la revisión de la capacidad hidráulica del cauce es de 1069.2 l/s, distribuidos según el punto de control de las cuencas delimitadas y los desfogues de la infraestructura existente y proyectada.

4.2. Punto de desfogue recomendado

Actualmente en el terreno existe una quebrada que sirve para canalizar las aguas pluviales, según levantamiento topográfico en el estacionamiento 0+060 m con dirección de sur a norte.

Se recomienda el desfogue directamente a esta quebrada, en el estacionamiento 0+145 m, en la siguiente sección se verifica la capacidad hidráulica de la quebrada de manera que el nivel del agua no afecta la infraestructura actual y proyectada.

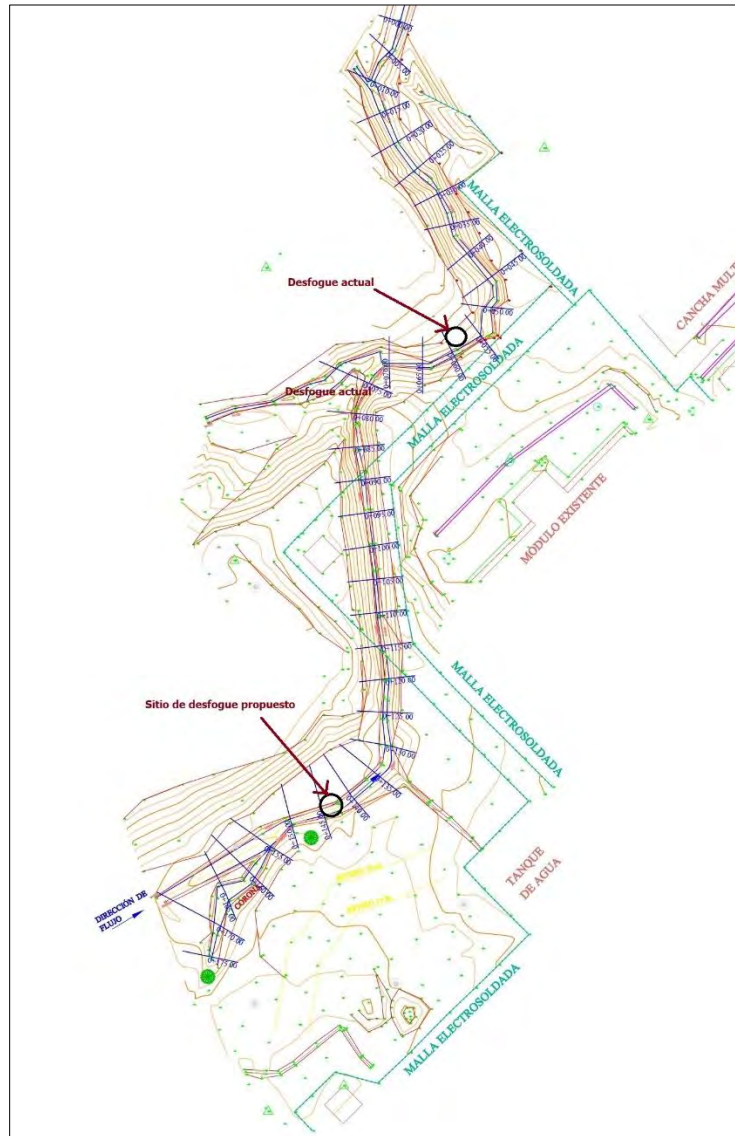


Figura 13. Sitio de desfogue propuesto

4.3. Variables hidráulicas

A partir de la información topográfica y las características de rugosidad de las secciones evaluadas del cauce, se obtuvo la profundidad máxima esperada y velocidad promedio de las secciones.

Cuadro 11. Resultados del modelo hidráulico en HEC-RAS

| Estacionamiento | Cota elevación de fondo (msnm) | Cota elevación del agua (msnm) | Profundidad (m) | Velocidad (m/s) | Caudal (m ³ /s) | Froude |
|--|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|--------|
| 155 (primera sección aguas arriba) | 12.48 | 12.78 | 0.3 | 0.53 | 0.34 | 0.34 |
| 150 | 12.26 | 12.74 | 0.48 | 0.83 | 0.34 | 0.41 |
| 145 (sitio de desfogue del nuevo módulo) | 12.32 | 12.68 | 0.36 | 1.09 | 0.38 | 0.63 |
| 140 | 12.26 | 12.63 | 0.37 | 1.06 | 0.38 | 0.61 |
| 135 | 12.24 | 12.61 | 0.37 | 0.9 | 0.38 | 0.5 |
| 130 | 12.17 | 12.6 | 0.43 | 0.71 | 0.38 | 0.36 |
| 125 | 12.14 | 12.45 | 0.31 | 1.69 | 0.38 | 0.96 |
| 120 | 12 | 12.4 | 0.4 | 1.38 | 0.38 | 0.73 |
| 115 | 11.8 | 12.37 | 0.57 | 1.27 | 0.38 | 0.58 |
| 110 | 11.77 | 12.21 | 0.44 | 1.91 | 0.38 | 0.98 |
| 105 | 11.67 | 12.05 | 0.38 | 2.08 | 0.38 | 1.1 |
| 100 | 11.52 | 11.91 | 0.39 | 2.02 | 0.38 | 1.08 |
| 95 | 11.43 | 11.78 | 0.35 | 2 | 0.38 | 1.13 |
| 90 | 11.15 | 11.41 | 0.26 | 2.59 | 0.38 | 1.73 |
| 85 | 10.38 | 10.65 | 0.27 | 3.32 | 0.38 | 2.34 |
| 80 | 9.83 | 10.43 | 0.6 | 3.05 | 0.38 | 1.28 |
| 75 | 9.3 | 10.04 | 0.74 | 0.79 | 0.38 | 0.36 |
| 70 | 9.29 | 9.89 | 0.6 | 1.15 | 0.47 | 0.48 |
| 65 | 9.19 | 9.88 | 0.69 | 0.77 | 0.47 | 0.3 |
| 60 (desfogue de la infraestructura actual) | 9.03 | 9.74 | 0.71 | 1.37 | 1.1 | 0.54 |
| 55 | 8.81 | 9.57 | 0.76 | 2.07 | 1.1 | 0.91 |
| 50 | 8.72 | 9.6 | 0.88 | 1.03 | 1.1 | 0.35 |
| 45 | 8.79 | 9.38 | 0.59 | 1.98 | 1.1 | 0.84 |
| 40 | 8.54 | 9.39 | 0.85 | 1.4 | 1.1 | 0.5 |
| 35 | 8.31 | 9.3 | 0.99 | 1.19 | 1.1 | 0.39 |
| 30 | 8.37 | 9.09 | 0.72 | 2.56 | 1.1 | 1 |
| 25 | 8.06 | 8.88 | 0.82 | 1.18 | 1.1 | 0.43 |
| 20 | 8.16 | 8.82 | 0.66 | 1.51 | 1.1 | 0.6 |
| 15 | 7.89 | 8.85 | 0.96 | 0.9 | 1.1 | 0.3 |
| 10 | 8.13 | 8.67 | 0.54 | 2.2 | 1.1 | 0.97 |
| 5 | 8.01 | 8.49 | 0.48 | 2.59 | 1.1 | 1.24 |
| 0 | 7.83 | 8.41 | 0.58 | 2.26 | 1.1 | 1.04 |

Se muestran en las siguientes figuras, como en los sitios de desfogue actual y propuesto el nivel del agua producto de una tormenta de T= 50 años, no sobrepasa los niveles de banco del cauce.

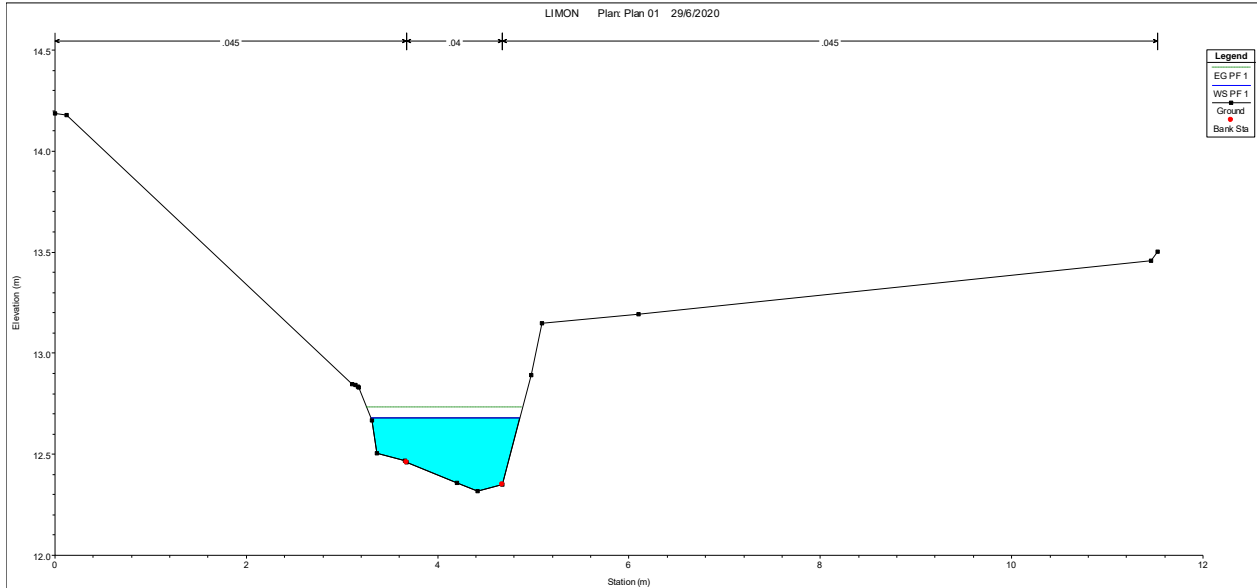


Figura 14. Estacionamiento 0+145 (desfogue propuesto para el nuevo módulo), sección transversal del cauce y elevación del agua para la tormenta de T=50 años

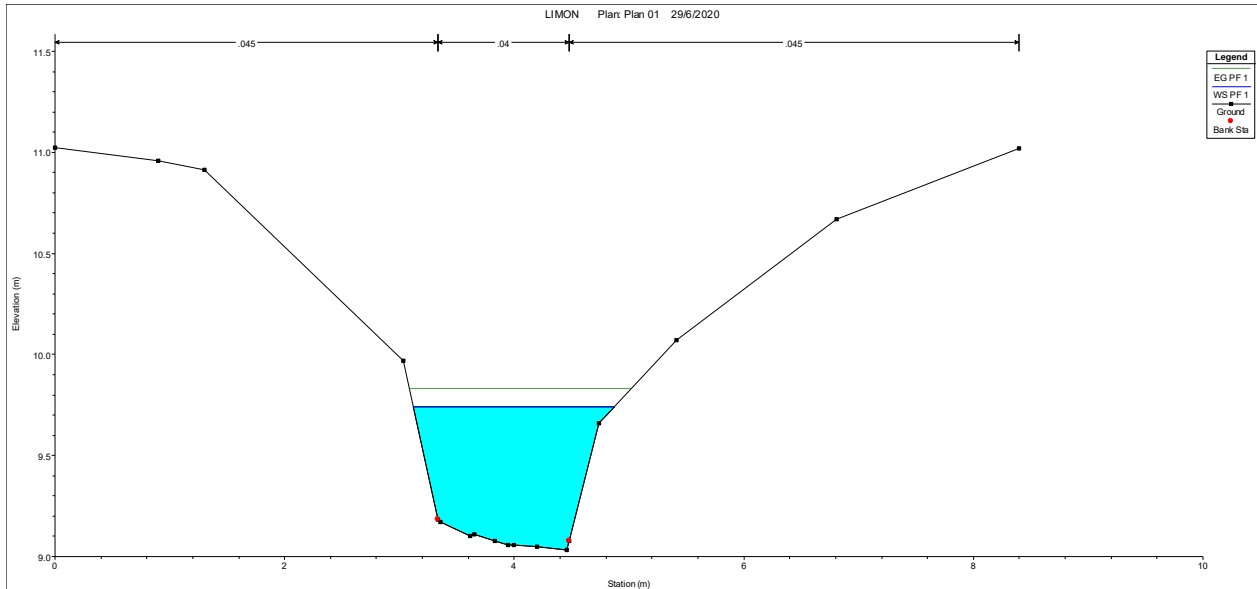


Figura 15. Estacionamiento 0+060 (desfogue de la infraestructura actual), sección transversal del cauce y elevación del agua para la tormenta de T=50 años

De los datos anteriores para la tormenta de $T= 50$ años el nivel del agua alcanzaría una elevación de 12.7 msnm en el sitio de desfogue propuesto (estacionamiento a los 145 m), mientras que el punto de desfogue se localizaría a una elevación de 13.5 msnm.

4.4. Consecuencias para el cauce receptor

La ejecución del proyecto de construcción del Centro de Atención Institucional, provocaría un incremento del 2,6 % de la escorrentía superficial actual que discurre de forma directa hacia el cauce de agua que atraviesa la finca.

El posible canal de desfogue del proyecto se localizará a una elevación 13.5 m, por lo que el nivel del agua a 12.7 m (tormenta de $T= 50$ años) en el sector de desfogue no afectará la salida de la escorrentía durante las tormentas. Además, que el aumento del nivel del agua no sobrepasaría los puntos altos del cañón de la quebrada.

5. Evaluación de resultados y conclusiones hidrológicas

En este informe se determinó el caudal generado sobre el lote donde se construirá el Centro de Atención Institucional Marcus Garvey, para un evento de precipitación con periodo de retorno de 50 años.

Actualmente el área del lote se encuentra cubierta por una superficie permeable (85.3 %) ya sea por el uso de bosque y pasto, y una superficie impermeable (14.7%) que comprende caminos y los distintos módulos del centro. Aplicando el método racional se estimó que el caudal pico esperado en el lote para la situación actual es de 2013,0 l/s.

En la situación futura el porcentaje de impermeabilización en el lote alcanza 15.1 % del área total, por lo que el incremento de la escorrentía superficial directa respecto a la condición actual es de 1.6 %, que corresponde a un caudal de 2044.7 l/s.

Los caudales generados en la condición actual y futura no son, ni serán desfogados en su totalidad en la quebrada analizada en este informe, ya que por la topografía y las condiciones de escorrentía natural el agua desfoga en otros sitios. Para la tormenta de $T=50$ años el caudal que desfoga actualmente en la quebrada es de 1042.2 l/s, la construcción del nuevo módulo implicaría un incremento de 2,6 % que equivale a un caudal a evacuar a futuro de 1069.2 l/s.

Desde el punto de vista hidrológico el incremento de la escorrentía pico durante una tormenta de $T= 50$ años, que corresponde al caudal de 1069,2 l/s, puede ser trasladado por la quebrada sin

que genere problemas de inundación, además de que el nivel del agua no afectaría la salida del canal de desfogue del proyecto.

El diseño de las obras de desfogue pluvial deberá acatar las disposiciones establecida por el AyA tanto para el diseño como construcción del sistema pluvial.

6. Discusión sobre los grados de incertidumbre y alcance del estudio

El alcance del presente estudio abarca el análisis hidrológico necesario para recomendar un correcto punto de desfogue para aguas pluviales, tomando en cuenta las características del terreno y su entorno (a nivel de microcuenca). Además de verificar los caudales por lluvia generados en la condición actual del terreno y bajo el escenario de la construcción de la infraestructura propuesta.

Se debe verificar los resultados en caso de que se plantee un cambio significativo en el área de impermeabilización propuesta. De igual manera si ocurriera un cambio en el uso del suelo en terrenos dentro del área tributaria y que pudieran ocasionar un aporte importante en el caudal que llega hasta el terreno en estudio.

En caso de que se propongan movimientos de tierra (excavaciones o rellenos) que cambien considerablemente los niveles existentes, se recomienda revisar los valores de pendientes para el manejo de las aguas.

Se deberá verificar el sitio donde se construirá el nuevo módulo ya que en la propuesta de diseño de sitio se observa el traslape de las áreas a construir y la zona de retiro de los cauces (15 m) indicadas por Ley.

Los valores obtenidos por el Método Racional se consideran adecuados ya que el área estudiada es inferior a 100 Ha, valor máximo recomendado para la aplicación de esta metodología.

Se deberá acatar lo referente a permisos de desfogue pluvial emitidos por la Municipalidad, además de verificar que el diseño del sistema pluvial cumpla con la normativa de AyA, **específicamente "NORMA TÉCNICA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DE SANEAMIENTO Y PLUVIAL"** (publicado en los Alcances N°227 A, B, C, D, E, F, G de la Gaceta N° 180, del viernes 22 de setiembre del 2017).

Según los resultados se estima que el incremento de la escorrentía debido al proyecto, podrá ser desfogado en el cauce localizado en medio del lote, ya que el incremento del nivel del agua no

genera problemas de inundación en el Centro de Atención Institucional, ni obstruye el sitio de desfogue de la esorrentía pluvial.

7. Referencias Bibliográficas

Arcement, G., & Scheider, V. (1989). *Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains*. Washington D.C. y Denver, Colorado: United States Geological Survey WSP 2339.

Chow, V. et al. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana.

Chow, V. et al. (1994). *Hidráulica de canales abiertos*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana.

Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. (2017). *Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones 2017*.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2017). *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial*. San José: Acuerdo de Junta Directiva N. 2017-281, AyA.

Nacional, I. M. (2011). *Curvas de intensidad de duración de frecuencia de algunas estaciones meteorológicas automáticas*.

Villón, M. (2004). *Hidrología*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

San José, 30 de junio de 2020

Lcda. Cynthia Barzuna
Secretaria General
Secretaría Técnica Nacional Ambiental
Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones

ASUNTO: JUSTIFICACION DE NO PRESENTACION DE ESTUDIO BIOLOGICO

Proyecto: Módulo de alojamiento en el CAI Marcus Garvey - Limón

El suscrito Pablo Morales Jiménez, portador de la cédula de identidad número 1-1031-0460, profesional en Biología Incorporado al colegio de Biólogos con el número 1333, consultor inscrito en la Secretaría Técnica Nacional Ambiental, según registro CI-245-05, cuya vigencia se encuentra al día hasta marzo de 2022, manifiesto por este medio que para el caso del proyecto **Módulo de alojamiento en el CAI Marcus Garvey - Limón**, ubicado en la propiedad con plano catastro 7-0419778-1997, localizado en distrito: Río Blanco, cantón Limón, provincia Limón, el terreno presenta una cobertura de pasto, ubicado dentro de un centro de atención a privados de libertad, por lo que la actividad constructiva o la operación del proyecto no generará un impacto directo significativo sobre el ambiente biológico en el AP ni su área de influencia.

Por tanto, se justifica la no presentación del estudio biológico rápido, ya que las condiciones del sitio no reúnen las características para considerarlo como una zona frágil o que requiera de un estudio biológico detallado

Atentamente,

Biol. Pablo Morales Jiménez
CI 245-05-SETENA
Colegio de Biólogos N° 1333

ESTUDIO ARQUEOLÓGICO RÁPIDO

PROYECTO

Construcción de espacios para el alojamiento de población privada de libertad del CAI
Marcus Garvey

LOCALIZACIÓN

Provincia: Limón

Cantón: Limón

Distrito: Río Blanco

DATOS DEL DESARROLLADOR

Ministerio de Justicia y Paz

DATOS DEL O LOS PROFESIONAL (ES) QUE ELABORAN LOS ESTUDIOS

Nombre del profesional: Emma Tomasita Durán Mora

Número de cédula: 3-0253-0556

Número de colegiado: N/A

Número de Consultor Individual SETENA: CI-312-16-SETENA

Mayo,2020.

Documento de responsabilidad profesional

El suscrito **Emma Tomasita Durán Mora**, portador de la cédula de identidad número: **3-0253-0556**, profesional en Arqueología, incorporado al colegio profesional: **N/A**, número de colegiado: **N/A**, consultor inscrito en la Secretaría Técnica Nacional Ambiental, según registro: **CI-312-16-SETENA**, cuya vigencia se encuentra al día hasta el **16 de diciembre del 2020**. Manifiesto ser responsable directo de la información técnica científica que se aporta en el presente documento, elaborado para el proyecto denominado: **Construcción de espacios para el alojamiento de población privada de libertad del CAI Marcus Garvey** el cual se desarrollará en el plano catastro número: **L-419778-1997**

En virtud de ello, someto el presente Estudio Arqueológico 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 sea analizado y se constate que el mismo ha cumplido con los lineamientos técnicos y normativos establecidos. Tengo presente que en apego al artículo 5 del Decreto Ejecutivo 32712-MINAE, la información contenida en este estudio se presenta bajo el concepto de Declaración Jurada, a conocimiento y conciencia de que dicha información es actual y verdadera y que, en caso contrario, pueden derivarse consecuencias penales del hecho. Por lo cual, manifiesto que, de encontrarse alguna irregularidad en la información, seré 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.

Atentamente.

Emm Tomasita Durán Mora

Cédula: 3-0253-0566

CI-312-16-SETENA

FORMULARIO DE INSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA RÁPIDA
SECRETARÍA TÉCNICA NACIONAL AMBIENTAL
INFORME DE INSPECCIÓN

Nº Expediente SETENA

Fecha de Inspección: Mayo, 2020

A. Información del desarrollador (la persona física o jurídica, pública o privada) que realizará la actividad, obra o proyecto.

1. Nombre del encargado de la actividad: **Ministerio de Justicia y Paz**

2. Nombre del desarrollador: **Ministerio de Justicia y Paz**

3. Teléfono: **8815-0356**

B. Información sobre la actividad, obra o proyecto.

4. Tipo de actividad, obra o proyecto. **Construcción de módulo de alojamiento penitenciario**

5. Nombre de la actividad, obra o proyecto: **Construcción de espacios para el alojamiento de población privada de libertad del CAI Marcus Garvey**

B.1. Ubicación geográfica del área del proyecto

6. Provincia, Cantón, Distrito: **Limón, Limón. Río Blanco**

7. Coordenadas Lamber: **coordenadas CRTM05 X:345529 – Y:1174065**

8. Hoja (s) cartográficas): **Río Banano**

B.2. Área de Proyecto (AP)

9. Área de proyecto (Ha o m2): **16 hectáreas**

10. Área de impacto directo (Ha o m2): **10000 m2**

11. Nº de plano(s) catastrado(s): **plano L-419778-1997**

12. Se han realizado movimientos de tierra: () Si (X) No m². % del AP: %

13. Magnitud de los movimientos de tierra: **N/A**

14. Topografía: (X) Plana < 15% () Ondulada 15 - 30% () Quebrada 30 - 50% () Muy quebrada > 50%

15. Cobertura vegetal actual: (X) Limpio () Pasto () Bosque primario () Charral () Tacotal ()
() Bosque secundario () Otra

16. Fuentes fluviales más cercanas (ríos, quebradas): () Si: (X) No

17. Infraestructura actual existente en el AP: **Ninguna**

18. Uso actual del AP: **Ninguno**

19. Etapa/actividad en la que se encuentra la actividad, obra o proyecto a desarrollar: **Trámite de viabilidad ambiental**

20. Infraestructura a desarrollar en el AP: **Construcción de módulo de alojamiento penitenciario**

C. Información sobre la inspección:

21. (X) Prim. Inspección () Revisita

22. Metodología: (X) Asistemática () Sistemática () Recorrido Total (X) Recorrido Parcial () Cateos
() Limpieza selectiva de la capa vegetal () Observación de cortes y perfiles () Transectos () Otro

| | |
|--|---|
| 23. Explique el patrón de recorrido del terreno: Asistemático | |
| 24. Observación de la superficie por densidad de cobertura vegetal: () Total (X) Parcial () Nula | |
| C1. Recursos Arqueológicos | |
| 25. Existen materiales o rasgos culturales: () Sí (X) No | |
| 26. Tipo de material: () Cerámica () Lítica () Otro (X) N/A | |
| 27. Tipo de rasgo: () Tumba () Calzada () Montículo () Basamento () Conchero () Otro (X) N/A | |
| 28. Se observa material cultural en terrenos colindantes: () Sí (X) No | |
| 29. Explique el tipo de evidencia observada: N/A | |
| 30. Densidad del material por m ² : () Baja < 5 fragmentos () Media de 5 a 20 fragmentos () Alta > 20 fragmentos N/A | |
| 31. Se registró sitio arqueológico: () Sí (X) No <i>Adjuntar hoja de registro y plano de ubicación</i> | |
| 32. Nombre del Sitio (s) y Clave (s): N/A | |
| 33. Extensión aproximada del sitio arqueológico en m ² : N/A | |
| C2. Información Gráfica | |
| 34. Mapa o croquis: () Sí () No Fotografías: (X) Sí () No () Color () Diapositiva () Blanco y Negro | |
| 35. Observaciones: El área de proyecto no presenta potencial arqueológico | |
| 36. Nombre y cédula del inspector: Emma Tomasita Durán Mora / Cédula: 3-0253-0556 | |
| 37. No. Consultor ambiental de SETENA: CI-312-16-SETENA | |
| 38. Nombre y cédula del desarrollador o representante: Ministerio de Justicia y Paz | |
| | 39. Recomendación técnica |
| | Con base en los puntos antes señalados y específicamente en los puntos C1 se concluye que: |
| | (X) No requiere más estudios arqueológicos |
| | () Revisar el AP |
| | () Evaluación Arqueológica |
| | () Supervisión de Movimientos de Tierra |
| () Otra | |
| 40. Otras recomendaciones: No requiere más estudios arqueológicos, sin embargo, si durante los movimientos de tierra se registran de manera fortuita rasgos o materiales precolombinos, se debe de detener la obra y dar aviso al Museo Nacional de Costa Rica (Tel: 2253-0679), correo: antropología@museocostarica.go.cr , esto con base en la Ley 6703 *- Artículo 13. | |

Evidencia fotográfica:



Panorámica del terreno



Registro Fotográfico.

Fotografías tomadas el 22 de abril de 2020.



Imagen mostrando el área del proyecto dirección hacia el noreste



Imagen mostrando el área del proyecto en dirección sureste



Caseta de vigilancia ubicada junto al área donde se instalaría el proyecto



Colindancias del terreno en donde se plantea desarrollar el proyecto. Se puede ver que el módulo a construir se integraría a la infraestructura actual del CAI.



Imagen del AP vista desde el suroeste. Se puede apreciar el terreno y la colindancia hacia el sector en donde actualmente hay plantaciones y árboles de Poró en su mayoría.

16 de junio de 2020

Lcda. Cynthia Barzuna
Secretaria General
Secretaría Técnica Nacional Ambiental
Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones

Estimado Señora:

Por este medio, la suscrita, Diana Hidalgo Avila, mayor de edad, ingeniera civil, portadora de la cédula de identidad número 1-0972-0490, para efectos de completar la información técnica asociada el Formulario D1 de SETENA, en concordancia con el Inciso F, Numeral 1.4, Artículo 9 del Decreto 34375-MINAE, Modificaciones al Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de EIA; en mi calidad de miembro activo del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, declaro bajo fe de juramento la presente Certificación de Costos de Inversión Global del proyecto **Módulo de alojamiento en el CAI Marcus Garvey - Limón**, ubicado en la propiedad con plano catastro L-419778-1997, el cual tiene un valor de \$ 1 640 000 (un millón seiscientos cuarenta mil dólares), desglosado de la siguiente forma:

| Rubro | Costo (dólares) |
|--|------------------------|
| Terreno | \$ 200 000 |
| Obras de infraestructura y edificación | \$ 1 440 000 |
| TOTAL | \$ 1 640 000 |

Además, certifico que:

- Las obras de electrificación están contempladas en el presupuesto indicado.
- El costo del personal calificado y no calificado, además del costo de los equipos necesarios, ya están incluidos en el presupuesto indicado.
- La vida útil del proyecto puede estimarse en 50 años.
- El valor de rescate puede estimarse en un 10% del monto total de inversión del proyecto.

Agradeciendo su atención a la presente, se suscribe,

Atentamente,

Diana Hidalgo Ávila
CI-80-2002

DECLARACION JURADA DE COMPROMISOS AMBIENTALES

La suscrita, Fiorella María Salazar Rojas, mayor, soltera, cédula de identidad uno cero nueve tres ocho -cero seis cuatro seis, vecina de San José, en mi condición de Ministra y representante legal del Ministerio de Justicia y Paz, con personería jurídica 2-100-042006, desarrollador del proyecto denominado **MÓDULO DE ALOJAMIENTO EN EL CAI MARCUS GARVEY**, **MANIFIESTA:** Se otorga la presente Declaración Jurada de Compromisos Ambientales bajo la fe de juramento que en este acto deja rendido, y debidamente apercibida con los alcances con los cuales la ley y el Código Penal de la República de Costa Rica castigan los delitos de falso testimonio y perjurio, este Ministerio cumplirá en los siguientes términos. **PRIMERO:** Que se compromete a cumplir ante la Secretaría Técnica Nacional Ambiental SETENA con la totalidad de la legislación ambiental y conexas vigentes de la República de Costa Rica, y con todas y cada una de las acciones, compromisos y normas de protección ambiental y de mitigación de impactos establecidas en el marco del proyecto **MÓDULO DE ALOJAMIENTO EN EL CAI MARCUS GARVEY** y en concordancia con los términos descritos en el documento inicial de evaluación ambiental D uno y los estudios técnicos complementarios. Asimismo, se compromete a incorporar las medidas ambientales y medidas estratégicas a aplicar ante los posibles impactos acumulativos sinérgicos. **SEGUNDO:** Que adicionalmente se compromete a cumplir con la GUÍA AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN, cuyos lineamientos se establecieron en la resolución N°1948-2008-SETENA del ocho de Julio del dos mil ocho, como un acuerdo de la Comisión Plenaria. **TERCERO:** Se tiene pleno conocimiento de lo establecido en los artículos veinte, noventa y ocho, noventa y nueve, cien y ciento uno de la ley número siete mil quinientos cincuenta y cuatro y de lo dispuesto por los artículos ochenta y nueve, noventa, noventa y dos, noventa y tres, noventa y cuatro, noventa y cinco, noventa y seis, noventa y ocho, noventa y nueve, cien, ciento uno, ciento dos, ciento tres y ciento cinco del Decreto Ejecutivo número treinta y un mil ochocientos cuarenta y nueve- MINAE- SALUD- MOPT- MAG- MEIC, Reglamento General sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental efectuado el veintiocho de Junio del año dos mil cuatro, en lo referente a las sanciones a que se verá sujeto el proyecto que desarrollará, en caso de un eventual incumplimiento de los compromisos ambientales adquiridos ante la Secretaría Técnica Nacional Ambiental SETENA. **CUARTO:** Asimismo, se compromete a ser

asistida en su proyecto por un Regente Ambiental y un profesional responsable del proyecto, además de cumplir con todas las buenas prácticas y los compromisos ambientales descritos y resumidos en la normativa vigente y en los anexos presentados en el D uno cuya verificación debe cumplirse mediante la regencia ambiental y los informes regenciales de acuerdo con la frecuencia que especifique la SETENA. Es todo.

Fiorella María Salazar Rojas
Ministra de Justicia y Paz
Representante Legal
Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes