



**DISEÑO CONCEPTUAL BASADO EN RIESGO  
SUBPROYECTO INFRAESTRUCTURA:  
REHABILITACIÓN CAMINO VECINAL EN LA COMUNIDAD LAS  
ESPINAS, MUNICIPIO JAMAO AL NORTE,  
PROVINCIA SPAILLAT  
VERSIÓN 2**

**PROYECTO:  
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA  
REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

**BEI – CIF  
Contrato de Préstamo  
FI No.87487  
SERAPIS No. 2017-0112**

**FECHA  
FEBRERO, 2022**



## 1. CONTENIDO

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | CONTENIDO.....                                   | 2  |
| 2.     | INTRODUCCIÓN .....                               | 6  |
| 2.1.   | ANTECEDENTES.....                                | 6  |
| 2.2.   | LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....                   | 7  |
| 2.3.   | SITUACIÓN ACTUAL .....                           | 7  |
| 2.3.1. | Accesos .....                                    | 7  |
| 2.3.2. | Características del camino y de los puentes..... | 8  |
| 2.3.3. | Condiciones estructurales.....                   | 8  |
| 2.3.4. | Condiciones hidrológicas e hidráulicas .....     | 9  |
| 2.3.5. | Condiciones del tráfico.....                     | 10 |
| 2.4.   | COMUNIDADES INVOLUCRADAS .....                   | 11 |
| 3.     | DATOS GENERALES.....                             | 12 |
| 3.1.   | INFORMACIÓN GENERAL .....                        | 12 |
| 3.2.   | DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y ALCANCE DEL PROYECTO ..... | 12 |
| 3.3.   | MOTIVOS PARA EMPRENDER EL PROYECTO.....          | 12 |
| 3.4.   | OBJETIVOS.....                                   | 13 |
| 3.5.   | PLANES ESTRATÉGICOS DE LOS QUE FORMA PARTE ..... | 13 |
| 3.6.   | ENTIDADES RESPONSABLES .....                     | 13 |
| 4.     | ALCANCES.....                                    | 14 |
| 4.1.   | ESTUDIOS BÁSICOS Y OTROS ESTUDIOS .....          | 14 |
| 4.2.   | DISEÑO BASADO EN RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO.....  | 14 |
| 4.3.   | ESTUDIO COSTO/BENEFICIO .....                    | 18 |
| 4.4.   | ESTUDIOS ECONÓMICOS.....                         | 18 |
| 4.5.   | PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL .....                | 19 |
| 4.5.1. | Diseño de conjunto. ....                         | 19 |
| 4.5.2. | Proyecto diseñado. ....                          | 20 |
| 4.5.3. | Construcción de desvíos.....                     | 36 |
| 4.6.   | PLAN DE EJECUCIÓN DE OBRAS.....                  | 38 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 5.     | METODOLOGÍA GENERAL .....                                    | 39 |
| 5.1.   | NORMAS APLICABLES .....                                      | 39 |
| 5.1.1. | Normas y reglamentos dominicanos .....                       | 39 |
| 5.1.2. | Normas internacionales. ....                                 | 39 |
| 5.1.3. | Normas y reglamentos dominicanos revisados por la ATI .....  | 40 |
| 5.2.   | RECOPIACIÓN DE DOCUMENTACIÓN EXISTENTE .....                 | 40 |
| 5.3.   | TRABAJO DE GABINETE .....                                    | 41 |
| 5.4.   | TRABAJO DE CAMPO .....                                       | 41 |
| 5.4.1. | VISITAS DE CAMPO .....                                       | 41 |
| 5.4.2. | ENTREVISTAS A COMUNITARIOS .....                             | 42 |
| 5.4.3. | GEORREFERENCIACIÓN .....                                     | 42 |
| 6.     | ELABORACIÓN DE INFORMES Y MEMORIAS .....                     | 43 |
| 7.     | RESULTADOS .....   | 44 |
| 7.1.   | DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE DISEÑO ADOPTADA .....          | 44 |
| 7.2.   | ESTUDIOS BÁSICOS Y OTROS ESTUDIOS REALIZADOS .....           | 45 |
| 7.2.1. | TOPOGRAFÍA .....   | 45 |
| 7.2.2. | GEOTÉCNIA .....  | 45 |
| 7.2.3. | MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES .....                        | 47 |
| 7.2.4. | PAVIMENTO DE HORMIGÓN ASFÁLTICO. RECOMENDACIONES.DISEÑO..... | 47 |
| 7.2.5. | HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA. ....                                | 49 |
| 7.2.6. | AMBIENTALES .....  | 56 |
| 7.2.7. | CENTROS DE PRODUCCIÓN .....                                  | 56 |
| 7.2.8. | ADQUISICIONES .....  | 56 |
| 7.3.   | DISEÑO BASADO EN RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO .....             | 57 |
| 7.4.   | ESTUDIO COSTO/BENEFICIO .....                                | 59 |
| 7.5.   | ESTUDIOS ECONÓMICOS .....                                    | 59 |
| 7.6.   | PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL .....                            | 59 |
| 7.7.   | PLAN DE EJECUCIÓN DE OBRAS .....                             | 91 |
| 8.     | ANEXOS .....   | 92 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 8.1.   | ESTUDIOS BÁSICOS Y OTROS ESTUDIOS REALIZADOS .....     | 92  |
| 8.1.1. | TOPOGRAFÍA .....                                       | 92  |
| 8.1.2. | GEOTÉCNIA.....   | 93  |
| 8.1.3. | GEOLOGÍA.....  | 97  |
| 8.1.4. | MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES.....                   | 100 |
| 8.1.5. | CAMBIO CLIMÁTICO, HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA .....        | 100 |
| 8.1.6. | AMBIENTALES.....                                       | 136 |
| 8.1.7. | CENTROS DE PRODUCCIÓN .....                            | 137 |
| 8.1.8. | ADQUISICIONES .....                                    | 138 |
| 8.1.9. | DISEÑO BASADO EN RIESGO.....                           | 138 |
| 8.2.   | ESTUDIO COSTO/BENEFICIO .....                          | 144 |
| 8.2.1. | ESTUDIO DE MOVILIDAD .....                             | 144 |
| 8.2.2. | ESTUDIO DE TRÁFICO .....                               | 145 |
| 8.2.3. | ESTUDIO Y RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD VIAL.....       | 145 |
| 8.2.4. | ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FINANCIERA DEL PUENTE.....     | 146 |
| 8.3.   | PATRIMONIO CULTURAL .....                              | 146 |
| 8.4.   | SOCIALIZACIÓN COMUNITARIA .....                        | 148 |
| 8.5.   | DESVIO, CONTROL DE TRANSITO Y SEGURIDAD .....          | 148 |
| 8.6.   | ESTUDIOS ECONÓMICOS.....                               | 152 |
| 8.6.1. | PRESUPUESTO DE OBRA.....                               | 152 |
| 8.7.   | PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL .....                      | 165 |
|        | ÍNDICE DE TABLAS, MAPAS, GRÁFICOS, ILUSTRACIONES ..... | 166 |

## LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

|                     |   |
|---------------------|---|
| ATI:                | Asistencia Técnica Internacional IDOM-VNG   |
| BEI:                | Banco Europeo de Inversiones  |
| DGRS:               | Dirección General de Reglamentos y Sistemas   |
| D.M.:               | Distrito Municipal  |
| IEI:                | Informe de evaluación inicial   |
| IDC:                | Informe de Diseño Conceptual  |
| INDRHI:             | Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos  |
| MDC:                | Mesa de Coordinación MMARN: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales                       |
| MOPC:               | Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones   |
| Multilateral-MEPyD: | Dirección General de Cooperación Multilateral del Ministerio de Economía Planificación y Desarrollo |
| OMM:                | Organización Meteorológica Mundial  |
| SEV:                | Sondeos Eléctricos Verticales   |
| SPT:                | Sondeo de Penetración Estándar  |
| TDR:                | Término de Referencia   |
| Tr:                 | Períodos de retorno   |
| UE:                 | Unión Europea   |

## 2. INTRODUCCIÓN

En el Contrato de Financiamiento del Marco Multisectorial acordado entre el Gobierno de la República Dominicana y el Banco Europeo de Inversiones, en adelante el Proyecto, se incluyen la implementación de subproyectos de infraestructura y viviendas resilientes al cambio climático en 4 provincias (Monte Cristi, Puerto Plata, Espaillat y Duarte).

Entre las inversiones en infraestructuras identificadas por las autoridades dominicanas, el BEI y la Mesa de Coordinación del Proyecto ha aprobado una primera priorización que incluye la **Rehabilitación del camino Las Espinas** que une la comunidad de Las Espinas con **Jamao al Norte**.

Este Informe denominado **Estudios Básicos y Diseño Conceptual del Camino Las Espinas**, forma parte de los aportes de la Asistencia Técnica para la Gestión de Proyectos y Fortalecimiento de Capacidades en Resiliencia ante Desastres y Cambio Climático;

### 2.1. ANTECEDENTES

El procedimiento acordado para realizar el diseño conceptual empieza con el consenso y aprobación del MOPC del Informe de Evaluación Inicial del proyecto. El mismo continúa con el proceso siguiente:

1. Visitas técnicas al proyecto para realizar los estudios básicos y el diseño conceptual
  - 1.1. Realización de los estudios básicos conforme a las recomendaciones del Informe de Evaluación Inicial del proyecto y a los criterios del que fueron aprobados en dicho informe.
  - 1.2. Realización del diseño conceptual. a partir las recomendaciones del Informe de Evaluación Inicial del proyecto, de los reportes y recomendaciones de los estudios básicos y de las normativas aplicables.
  - 1.3. Elaboración de información gráfica y planos básicos del diseño conceptual
2. Preparación de información financiera.
  - 2.1. Presupuesto base conceptual
3. Emisión de borrador de informe de diseño conceptual
4. Revisión y aprobación del Diseño conceptual definitivo.

El contenido de este reporte de **estudios básicos y diseño conceptual** se resume en lo siguiente:

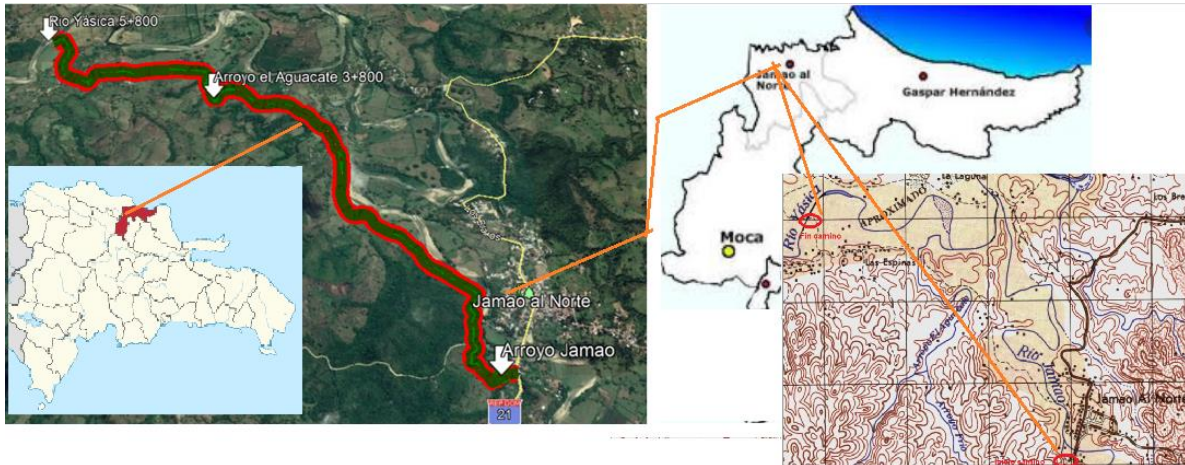
Un Informe digital conteniendo: 1-Datos generales, nombre del proyecto, introducción, antecedentes, localización, comunidades beneficiadas, 2-Alcance. 3-Diseño conceptual. Diseño del conjunto, diseño conceptual del proyecto. 4. Recomendaciones... Anexos: Reportes de los estudios básicos realizados

Este documento sobre **Estudios Básicos y Diseño Conceptual de la rehabilitación del camino Las Espinas** corresponde al entregable con el contenido señalado en el párrafo anterior.

## 2.2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto **Rehabilitación del camino vecinal en la comunidad Las Espinas** comunica el poblado de **Jamao al Norte** con la comunidad **Las Espinas**, en el municipio de Jamao al Norte, en la provincia Espaillat.

Ilustración 1. Ubicación y trazado del camino Las Espinas en Jamao al Norte



Fuente IDOM-VNG

La **Rehabilitación del camino vecinal** es indispensable para la comunidad **Las Espinas**, ya que es la única vía de comunicación entre ella y el municipio cabecera de Jamao al Norte, siendo la única salida de la producción agropecuaria y de sus moradores a los mercados y centros de acopios; destacándose que hay cinco puntos importantes de drenaje que requieren estructuras mayores, como puentes tipo cajón o puentes estándares de hormigón armado (tipologías descritas más adelante), por lo que el proyecto tiene dos componentes principales: 1-La rehabilitación del camino y 2-La construcción de estructuras y puentes.

## 2.3. SITUACIÓN ACTUAL

### 2.3.1. Accesos

El camino empieza al sur del poblado Jamao Al Norte, sobre la Carretera N° 21 justo antes de cruzar el Río Jamao en una salida de esta carretera hacia el Oeste. Con una longitud de 5.8 km, el camino posee un recorrido que bordea al río Jamao, pasa por la comunidad Las Espinas y termina en el río Yásica, recorriendo una zona de producción agropecuaria.

La comunidad Las Espinas, desde el punto de riesgo de inundación, está sujeta a quedar aislada en los periodos de lluvia, debido a la carencia de estructuras de drenaje mayores como alcantarillas tipo cajón y la falta de puentes en el arroyo Jamao, en el Arroyo Aguacate y en una cañada.

Ilustración 2 Situación actual del camino existente



Fuente: IDOM-VNG

### 2.3.2. Características del camino y de los puentes.

El camino tiene una longitud de 5.8 km, con una calzada promedio de 5 m de ancho, limitada por alambradas en ambos lados. El pavimento consiste en un material tipo caliche en condiciones actuales de transitabilidad, pero que con las lluvias se interrumpe en varios puntos por falta de obras de drenaje para los cuerpos de agua mayores. Corresponde a un camino secundario que necesita ser rehabilitado y dotado de las importantes obras de drenaje que requiere para poder aumentar la resiliencia.

### 2.3.3. Condiciones estructurales

La vía tiene de pavimento una capa de material tipo caliche, no está asfaltada, salvo un corto tramo que tiene asfalto al inicio del camino y otro que tiene hormigón en zona de gran pendiente. En sentido general, la superficie de rodadura de caliche está en condiciones transitable, dentro de las limitaciones típicas de este tipo de caminos.

En los primeros 500 m hay un tramo de talud inestable que presenta derrumbes, pero que con una mejora en el talud y la correspondiente limpieza debiera corregirse, una vez conocida la característica del suelo.

Algunos tramos tienen fuertes pendientes y cunetas erosionadas que deberán ser revestidas. En alguna de ellos se requiere mejorar la seguridad vial con barandas. La velocidad de recorrido con el pavimento de tierra es de aproximadamente 35 km/h, lo cual hace que la vía sea segura en materia de velocidad, por lo que se han evaluado varias alternativas de pavimento y capa de rodadura, así como de dispositivos y medidas adicionales para mantener los parámetros de seguridad similares a los actuales, ya que históricamente, no se reporta ningún accidente en dicho camino.



Salvo los tramos del camino con pendientes fuertes que no pueden ser mejoradas; el camino tiene un trazado bastante plano y seguro. La falta de estructuras de drenaje en los cuerpos mayores de agua, la construcción de puentes, de cunetas revestidas, mejoras en los talud, están dentro de los requerimientos principales a ser resueltos con la rehabilitación del camino vecinal.

Ilustración 3. Algunas dificultades existentes en el camino



Fuente:IDOM-VNG

### 2.3.4. Condiciones hidrológicas e hidráulicas

A pesar de que en la vía existen algunas alcantarillas que ayudan al drenaje transversal, el drenaje longitudinal requiere ser reconstruido, dotándolo de revestimiento para evitar la erosión. Mientras que los puntos bajos que ameritan estructuras mayores como alcantarillas tipo cajón o puentes, son evidentes, por lo que la rehabilitación del camino resulta prioritaria para mejorar la resiliencia en la comunidad Las Espinas.

Los puntos de la progresiva que requieren estructuras mayores de drenaje y puentes son los siguientes:

1-En el K 0+100 iniciando el recorrido desde la intersección con la carretera No 21, a unos 100 m en sentido este-oeste sobre el camino, deberá construirse un puente en el arroyo Jamao.

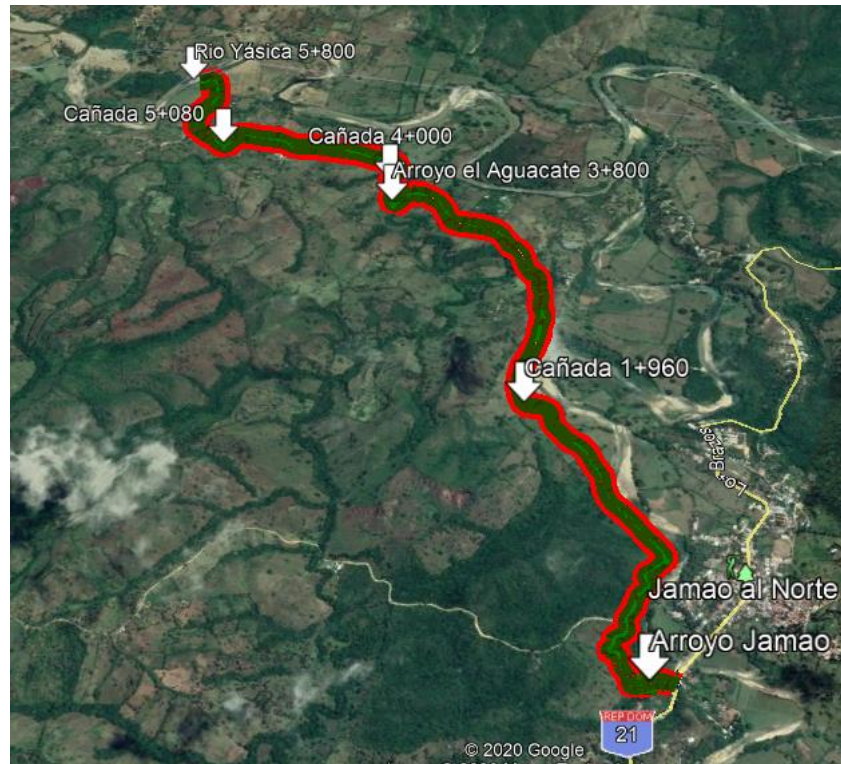
2-En el Km 1+960 en una cañada, se requiere construir una alcantarilla tipo cajón.

3-En el Km 3+800 en el Arroyo Aguacate, se requiere construir un puente de hormigón armado cuyas características se indican en las diferentes secciones de este documento. Este arroyo drena la mayor parte de la cuenca situada al oeste del camino Las Espinas.

4-En el Km .3+990 en una cañada, se requiere construir una alcantarilla tipo cajón.

5-En el Km 5+080 en una Quebrada seca, se requiere construir un puente mostrado en la sección correspondiente.

Ilustración 4. Principales sitios que requieren obras de drenaje o puentes



Fuente: IDOM-VNG

### 2.3.5. Condiciones del tráfico

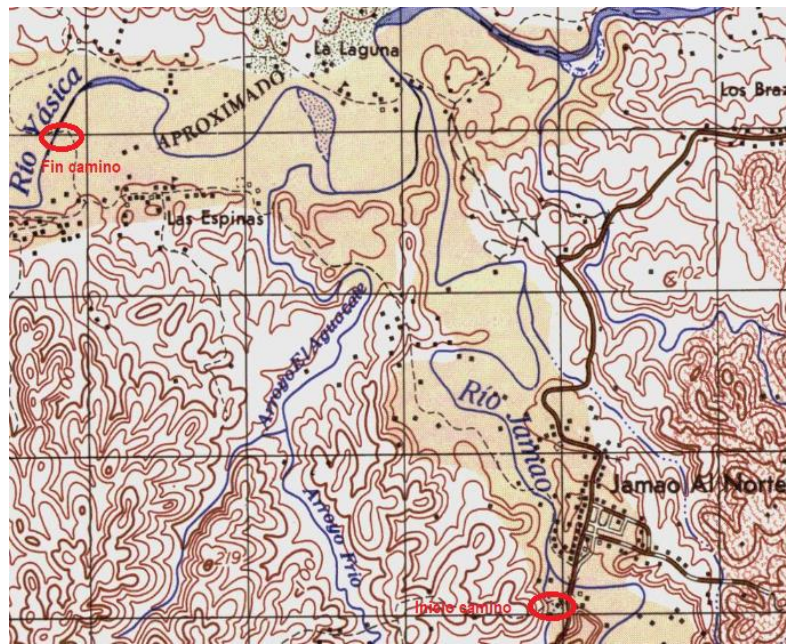
Por el camino existente circulan vehículos que van a la comunidad Las Espinas y a los predios aledaños de producción agropecuaria. Las actividades económicas que desarrolla este bajo tráfico vehicular se ven interrumpidas con frecuencia por la falta del puente y de las obras de drenajes del camino, antes citadas.

Al ser esta la única vía de comunicación de la comunidad con su centro de servicios que es el poblado de Jamao al Norte, se justifica la inversión. Por ser la única conexión vial, el Contrato de Financiación entre la República Dominicana y el Banco Europeo de Inversiones no obliga a obtener una rentabilidad económica mínima considerando los flujos de tráfico reales y previstos.

## 2.4 COMUNIDADES INVOLUCRADAS

**Jamao al Norte-Las Espinas.** Las comunidades están ubicadas al pie de la cordillera Septentrional, al inicio de la llanura costera atlántica, a 12 km de Sabaneta de Yásica, cuya actividad económica es la agropecuaria y el turismo local que aprovecha las limpias aguas azules del río Jamao. Se ven beneficiadas por la alta pluviometría de los Haitises que alimentan al río Jamao.

Mapa 1. Ubicación del proyecto Jamao-Las Espinas



Fuente: Mapas 1:50,000. República Dominicana

## 3. DATOS GENERALES

### 3.1. INFORMACIÓN GENERAL

- Nombre del proyecto: Rehabilitación del camino vecinal en la comunidad Las Espinas
- Ubicación: Jamao al Norte-Las Espinas
- Municipio: Jamao al Norte
- Provincia: Esparillat

### 3.2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y ALCANCE DEL PROYECTO

El diseño conceptual del proyecto, tiene como alcance principal:

1. Evaluar el sitio de obra identificado originalmente en el documento de Línea base.
2. Evaluar el proyecto propuesto en el documento de Línea base.
3. Identificar y evaluar otras alternativas del sitio y del proyecto propuesto.
4. Hacer las recomendaciones correspondientes basadas en las evaluaciones, sobre el sitio y la solución propuesta a implementar.
5. Documentar las posibles modificaciones al proyecto original o la exclusión del mismo por razones válidas.
6. Emitir el reporte para la aprobación de los criterios del diseño conceptual y de los estudios básicos necesarios.
7. Realizar los estudios básicos requeridos según lo estipulado en el Informe de Evaluación Inicial
8. Realizar el diseño conceptual conforme a lo estipulado en el IIEI y demás documentos del proyecto
9. Documentar los estudios básicos y el diseño conceptual para los fines del proceso de licitación del diseño final y consecuente proceso constructivo.
10. Emitir el Informe de Diseño Conceptual (IDC).
11. Consensuar con el MOPC el IDC
12. Emitir el IDC definitivo, correspondiente al diseño conceptual consensuado con el MOPC

### 3.3. MOTIVOS PARA EMPRENDER EL PROYECTO

- Obra priorizada, dentro de las obras identificadas por DIGECOOM-BEI.
- Proyecto que cumple con los requerimientos del enfoque para mitigación y aumentar la resiliencia ante desastres y cambio climático.
- Resolver las dificultades de acceso en la comunidad que ha solicitado la obra.

- Cumplir con la estrategia nacional de desarrollo 2030.

### 3.4. OBJETIVOS

- Aumentar la resiliencia de la comunidad ante desastre y cambio climático.
- Mejorar la infraestructura vial en la región.
- Satisfacer las necesidades de la comunidad.

### 3.5. PLANES ESTRATÉGICOS DE LOS QUE FORMA PARTE

El proyecto se inserta o forma parte de varios objetivos estratégicos definidos en diferentes artículos de la Ley 1-12 de Estrategia Nacional de Desarrollo 2030, entre ellos:

- Objetivo General 3.5. Estructura productiva sectorial y territorialmente articulada, integrada competitivamente a la economía global y que aprovecha las oportunidades del mercado local.
- Objetivo General 4.1. Manejo sostenible del medio ambiente.
- Objetivo General 4.2. Eficaz gestión de riesgos para minimizar pérdidas humanas, económicas y ambientales, como por ejemplo en lo que se refiere a Seguridad Vial
- Objetivo General 4.3. Adecuada adaptación al cambio climático.
- Artículo 2.5.1.2 Elevar la calidad del entorno y el acceso a servicios básicos e infraestructura comunitaria en aquellos asentamientos susceptibles de mejoramiento.

### 3.6. ENTIDADES RESPONSABLES

#### **Financiamiento multilateral**

- Banco Europeo de Inversiones (BEI)
- Union Europea

#### **Nacionales**

- Multilateral/MEPyD
- MOPC
- INDRHI

#### **Asistencia técnica internacional**

IDOM-VNG

## 4. ALCANCES

### 4.1. ESTUDIOS BÁSICOS Y OTROS ESTUDIOS

Para el diseño conceptual se han realizados los siguientes estudios básicos, los cuales aparecen en el contenido de este informe y en los anexos correspondientes:

- Recopilación de información documental y en campo
- Informe de evaluación inicial
- Levantamientos topográficos
- Estudios geotécnicos
- Documentación geológica
- Estudios hidrológicos e hidráulicos
- Evaluación de alternativas para diferentes periodos de retorno
- Evaluación de alternativas para construcción de pavimentos
- Evaluación financiera de las alternativas de pavimento evaluadas
- Evaluación de alternativas basadas en riesgo
- Evaluación ambiental preliminar
- Evaluación de tráfico existente
- Evaluación y recomendaciones de Seguridad Vial
- Evaluación de patrimonio cultural

### 4.2. DISEÑO BASADO EN RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO

Se propone realizar el mismo proyecto previsto de rehabilitación al camino vecinal, cuya sección existente que oscila entre 5.0 m @ 5.50 m, se estandariza conforme a los nuevos criterios del MOPC para caminos en 6.0 m de ancho de carriles 3.0 m.

La rehabilitación del camino consiste básicamente en mejorar la calzada, completar el drenaje longitudinal y transversal, mejorar la seguridad vial y otras mejoras puntuales.

En cuanto a la falta de estructuras mayores de drenaje, se propone construir tres nuevos puentes en los principales curso de agua que carecen de dichas obras, para aumentar la resiliencia eliminando el riesgo de interrupción del tránsito vehicular por inundación, como ocurre ahora. Igualmente se proponen dos alcantarillas tipo cajón en los otros dos puntos de drenaje que necesitan estructuras.

Tabla 1: Ubicación puentes

| Progresiva                  | Estructura | Tipo            |
|-----------------------------|------------|-----------------|
| Est 0+100 (Arroyo Jamao)    | Puente     | Hormigón armado |
| Est 3+850 (Arroyo Aguacate) | Puente     | Hormigón armado |
| Est 5+070 (Quebrada Seca)   | Puente     | Hormigón armado |

Fuente: IDOM-VNG

Fueron evaluadas cuatro alternativas de diseño conceptual de cada uno de los puentes, diferenciadas por los periodos de retorno analizados que fueron 10, 50, 100 y 200 años, para una longitud óptima prefijada. Cada una fue diseñada geoméricamente, presupuestada y evaluada para determinar la mejor opción en base a los criterios de diseño.

Depués de haber hecho los estudios comparativos y evaluaciones de alternativas para los diferentes periodos de retorno y de criterios de diseño, según se expone más adelante, se han seleccionado como mejores opciones para los puentes las siguientes; mostrando las alturas de las láminas de agua obtenidas en las modelaciones y las dimensiones resultantes del puente en cada caso:

### Puente No. 1. Est 0+100 sobre Arroyo Jamao.

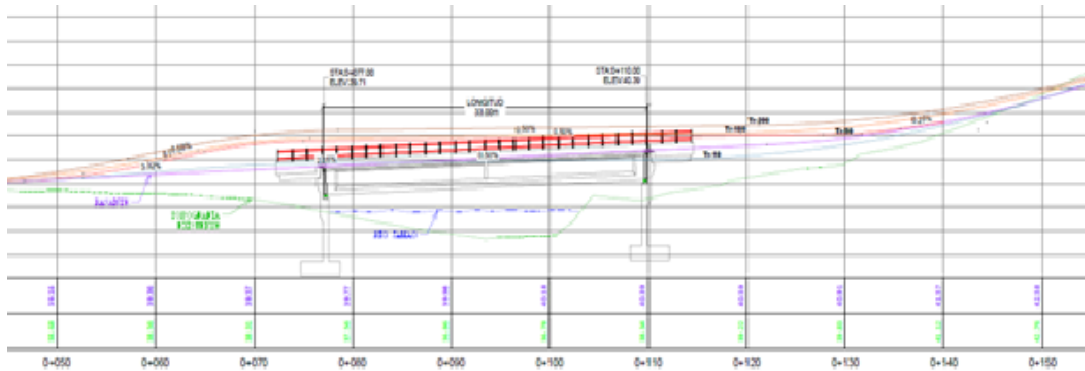
Ilustración 5. Ubicación puente a construir en el Arroyo Jamao



Fuente IDOM-VNG

- Tr seleccionado: 200 años
- Longitud del puente: 33 m
- Ancho: el especificado en la sección típica
- Cota del tablero en estribo de entrada (Est 0+077), 39.71 msnm

Ilustración 6: Alturas del puente No. 1 para una longitud de 33 m, para los diferentes Tr analizados

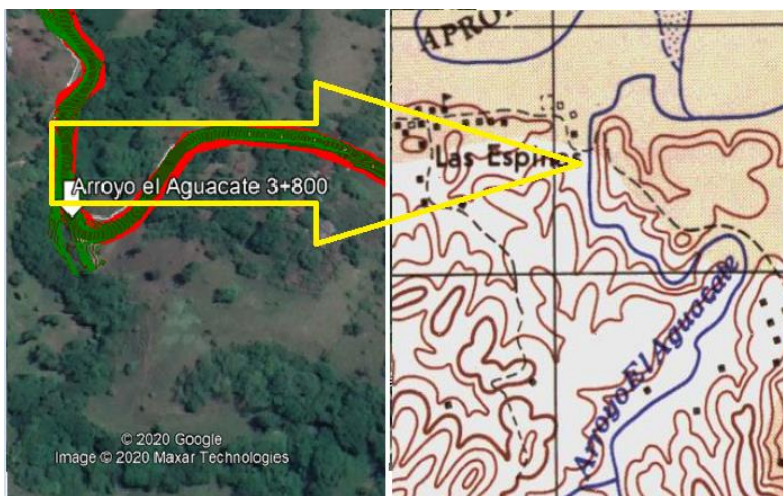


| Longitud puente / Tr |           |                    |                            |                 |
|----------------------|-----------|--------------------|----------------------------|-----------------|
| simbolo              | Tr (años) | Lámina agua (msnm) | Cota mínima rasante (msnm) | Longitud Puente |
|                      | 10        | 37.80              | 39.80                      | 33.00m          |
|                      | 50        | 38.75              | 40.75                      | 33.00m          |
|                      | 100       | 38.87              | 40.87                      | 33.00m          |
|                      | 200       | 39.19              | 41.19                      | 33.00m          |

Fuente: IDOM-VNG

### Puente No. 2 (Est 3+080) sobre Arroyo Aguacate

Ilustración 7. Ubicación puente a construir en Km 3+800 en el Arroyo Aguacate



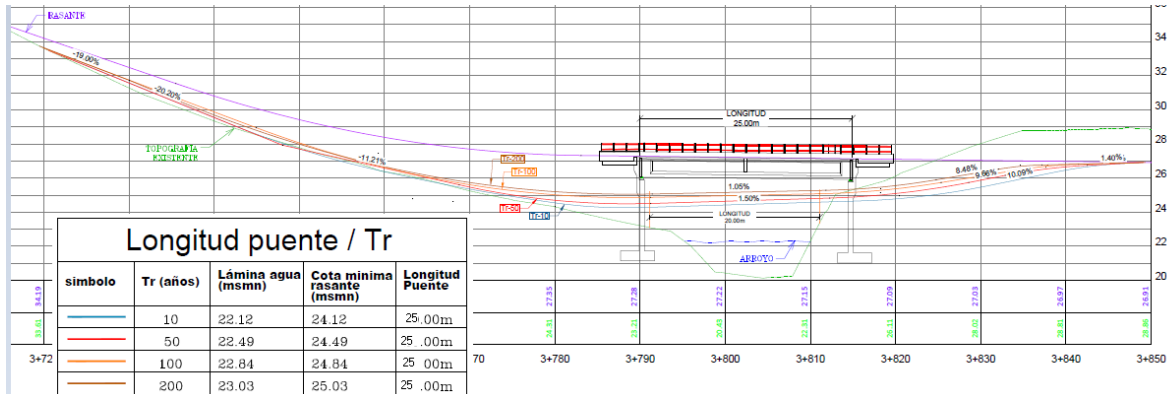
Fuente IDOM-VNG



MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

- Tr seleccionado: 200 años
- Longitud del puente: 25 m
- Ancho: el especificado en la sección típica
- Cota del tablero en estribo de entrada (Est 3+790), 27 msnm

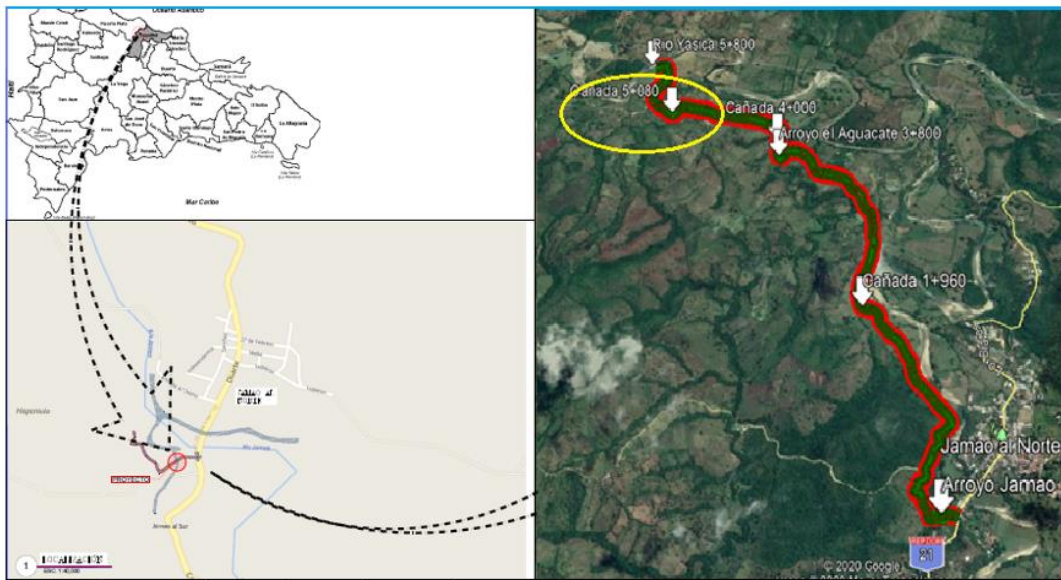
Ilustración 8: Alturas del puente No. 2 para una longitud de 20 m, para los diferentes Tr analizados



Fuente: IDOM-VNG

Puente No. 3 (Est 5+070) sobre Quebrada sin nombre

Ilustración 9. Ubicación puente a construir en Km 5+070 en cañada

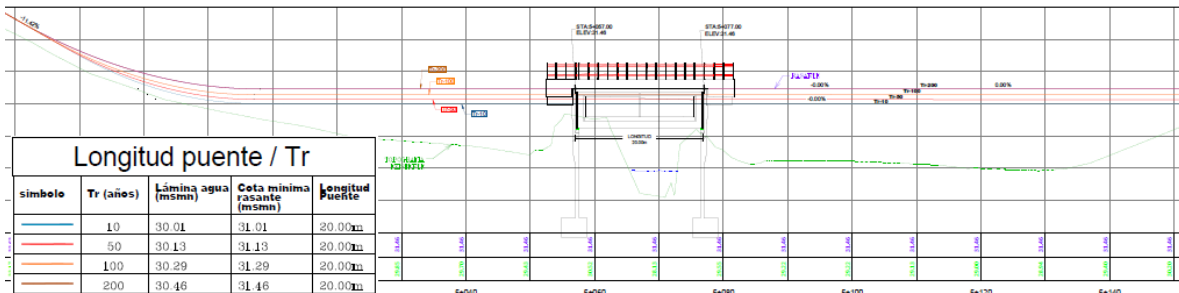


Fuente IDOM-VNG

- Tr: 200 años
- Longitud del puente: 20 m

- Ancho: el especificado en la sección típica
- Cota del tablero en estribo de entrada (Est 5+057), 31.46 msnm

Ilustración 10: Alturas del puente No. 3 para una longitud de 20 m, para los diferentes periodos de retorno



Fuente: IDOM-VNG

En el anexo correspondiente se presentan los estudios hidrológico-hidráulico y el diseño basado en riesgo así como los resultados en materia de diseño geométrico de cada puente, para las elevaciones resultantes de los diferentes periodos de retornos (Tr) analizados que fueron seleccionados.

### 4.3. ESTUDIO COSTO/BENEFICIO

El Anexo A del Contrato de financiación entre la República Dominicana y el Banco Europeo de Inversiones en el que se enmarca este subproyecto, establece que la rentabilidad debe ser superior al 10% considerando los flujos de tráfico reales y previstos, excepto en carreteras y puentes que sean la única vía de conexión, como es el caso de esta infraestructura. Por lo que no se ha llevado a cabo dicho análisis al no ser un elemento decisor, aun siendo previsiblemente rentable.

### 4.4. ESTUDIOS ECONÓMICOS

Se elaboró un presupuesto para la rehabilitación del camino Las Espinas, que incluye las mejoras identificadas, entre ellas, mejora del material de base, mejora del ancho de la calzada (ampliación de 5.0 m a 6 m) y de la rasante mediante construcción de pavimento de hormigón asfáltico, construcción de obras de drenaje transversal y longitudinal, eliminación de derrumbes y tratamiento de taludes, mejoramiento de la seguridad vial que incluye varias medidas, entre ellas, señalización, barandas de protección en los sitios con riesgos, reductores de velocidad, construcción de aceras y contenes donde hay escuelas y mayor densidad de viviendas, etc.

Por separado, se elaboraron presupuestos para cada puente seleccionado.

El resumen de los costos de construcción se presenta en la sección 7, mientras que los presupuestos detallados están en la sección 8.

## 4.5. PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL

### 4.5.1. Diseño de conjunto.

#### **DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE OBRA Y EL DISEÑO CONCEPTUAL DEL CONJUNTO.**

El proyecto consiste en rehabilitar el camino Jamao al Norte-Las Espinas solucionando el serio problema de la falta de obras de drenaje para los principales cuerpos de agua que cruzan el camino, siguiendo las normativas del MOPC y los criterios de diseño basado en riesgo.

La rehabilitación debe incluir, además de las obras de drenaje, una mejora en la calzada que incluye la estructura del pavimento, señalización vial y mejoras en la seguridad.

Construir tres nuevos puentes (Arroyo Jamao-Km 0+100, en el Arroyo Aguacate-Km 3+800 y en la Quebrada sin nombre-Est 5+070) con un ancho igual al de dos carriles de 3.0 m cada uno, de aceras (1.0 m a ambos lados) y barandas, según se muestra en la sección transversal propuesta'

Las características estructurales serán las exigidas por el MOPC para el diseño y construcción de alcantarillas tipo cajón, para puentes de hormigón armado apoyados en vigas y en pilotes, con losas de hormigón armado, paseos y barandas. Se han adoptado los criterios de diseño de pavimento rígido

#### **PLANOS Y GRÁFICOS ELABORADOS PARA EL CONJUNTO**

##### **Formato de presentación de planos.**

Los planos del diseño conceptual se han elaborado en formato 24"x36", entregables en versión digital.

Se elaboraron dos grupos de juegos de planos, uno para cada puente y otro para el camino, los cuales se muestran a continuación:

##### **Planos elaborados para los puentes**

- Localización del proyecto
- Planta levantamiento topográfico
- Planta General
- Planta dimensionada-perfil
- Sección tipo

##### **Planos elaborados para el camino**

- Localización del proyecto
- Planta levantamiento topográfico
- Planta General
- Planos de planta y perfil

- Sección tipo

#### 4.5.2. Proyecto diseñado.

### LOCALIZACIÓN DEL CAMINO Y DE LOS NUEVOS PUENTES

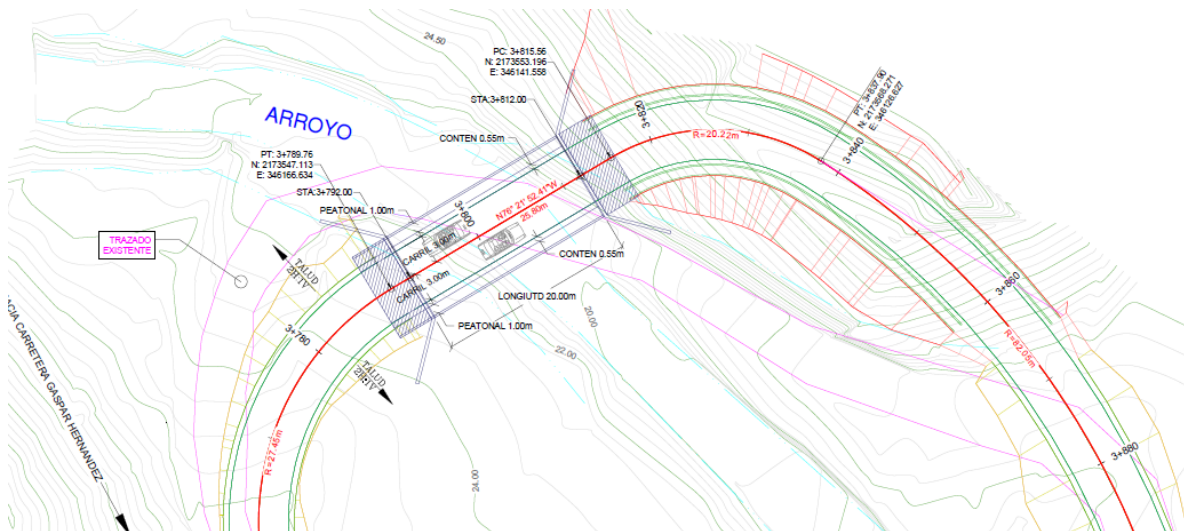
La rehabilitación del camino vecinal existente, cuyas coordenadas de inicio y fin se muestran en la tabla siguiente, se realizará sin introducir cambios en el trazado geométrico actual, salvo la variante que se introduce para mejorar el trazado en el puente del arroyo Aguacate y algunas mejoras en el ancho de la calzada y de la rasante.

Tabla 2. Coordenadas del camino a rehabilitar

| Proyecto  | Coordenadas UTM |            |           |
|---|-----------------|------------|-----------|
|   | NORTE           | ESTE       |           |
| Rehabilitación Del Camino Vecinal En La Comunidad Las Espinas | Inicio          | 2171257.00 | 348081.00 |
|   | Fin             | 2174166.77 | 344841.37 |

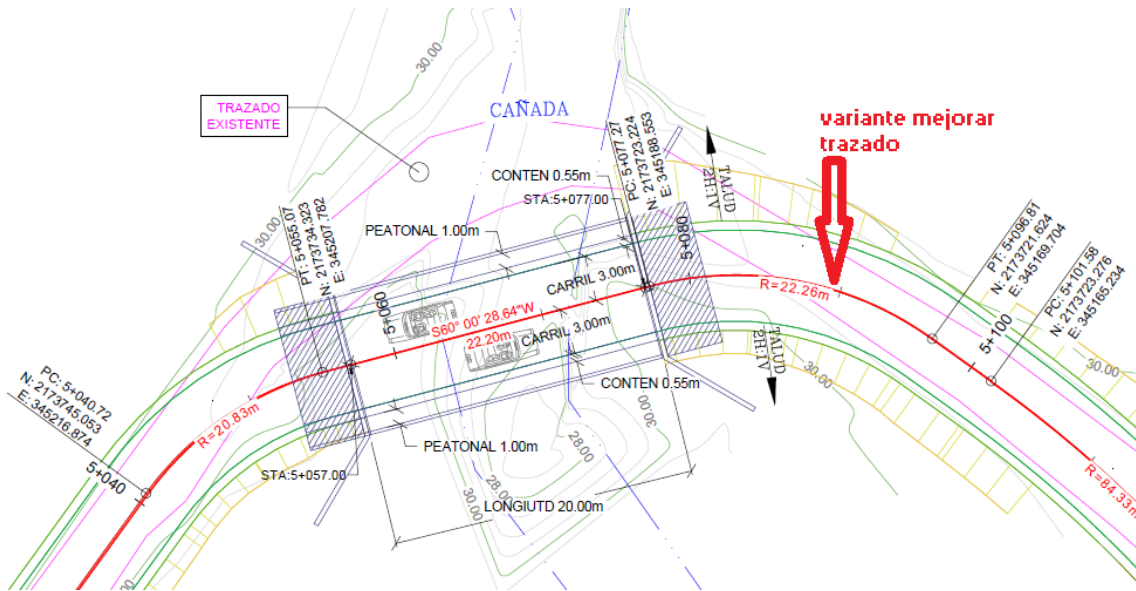
Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 11: Variante en el trazado actual en el puente Arroyo Aguacate



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 12: Variante en el trazado actual en el puente Est 5+070



Fuente: IDOM-VNG

Se recomienda construir los puentes y estructuras requeridos en los principales cuerpos de agua que son causantes actualmente de la baja resiliencia del camino, cuyos emplazamientos o coordenadas se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 3: Coordenadas de puentes y alcantarillas tipo cajones

| COORDENADAS                             |         |        |
|---|---------|--------|
| OBRAS                                   | NORTE   | ESTE   |
| Puente sobre Arroyo Jamao (Km 0+100)    | 2171125 | 348023 |
| Alcantarilla tipo cajón (Km 1+960)      | 2172455 | 347153 |
| Puente sobre Arroyo Aguacate (Km 3+800) | 2173541 | 346159 |
| Alcantarilla tipo cajón (Km 4+000)      | 2173695 | 346093 |
| Puente badén tipo cajón (Km 5+070).     | 2173718 | 345190 |

Fuente: IDOM-VNG

### MEJORAS GENERALES CONSIDERADAS DEL CAMINO

- Limpieza general y de alcantarillas existentes
- Ampliaciones de algunos tramos para mantener el ancho del pavimento en 6.0 m
- Mejora de la rasante en algunos sitios
- Ampliación de calzada para eliminar derrumbes y tratamiento de taludes
- Construcción de base con material clasificado
- Construcción de pavimento en hormigón asfáltico
- Construcción de cunetas revestidas

- Construcción de aceras y contenes
- Construcción de alcantarillas
- Señalización vertical, señalización horizontal y colocación de barandas en tramos inseguros.

## MEJORAS CONSIDERADAS DEL PAVIMENTO

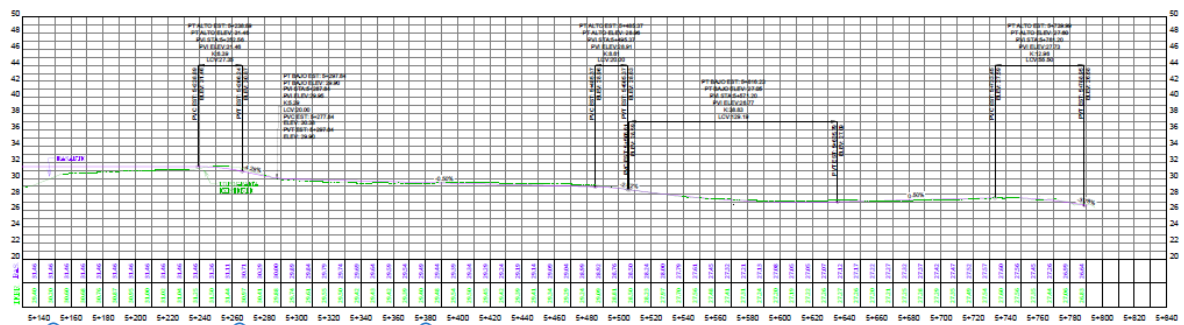
Se opta por utilizar una capa de rodadura hormigón asfáltico, por razones varias, entre ellas las normativas utilizadas por el MOPC para caminos vecinales y niveles de inversión inicial más bajos, más acorde con las políticas de inversión del MOPC.

Se incluyen medidas adicionales para mejorar la seguridad vial y para cumplir con los requerimientos del BEI.

En los anexos se presentan los diseños de pavimentos y capas de rodaduras.

## PERFIL LONGITUDINAL DEL DISEÑO CONCEPTUAL DEL CAMINO.

Ilustración 13: Perfil longitudinal del camino



Fuente: IDOM-VNG

## SECCIÓN TRANSVERSAL DEL DISEÑO CONCEPTUAL DEL CAMINO.

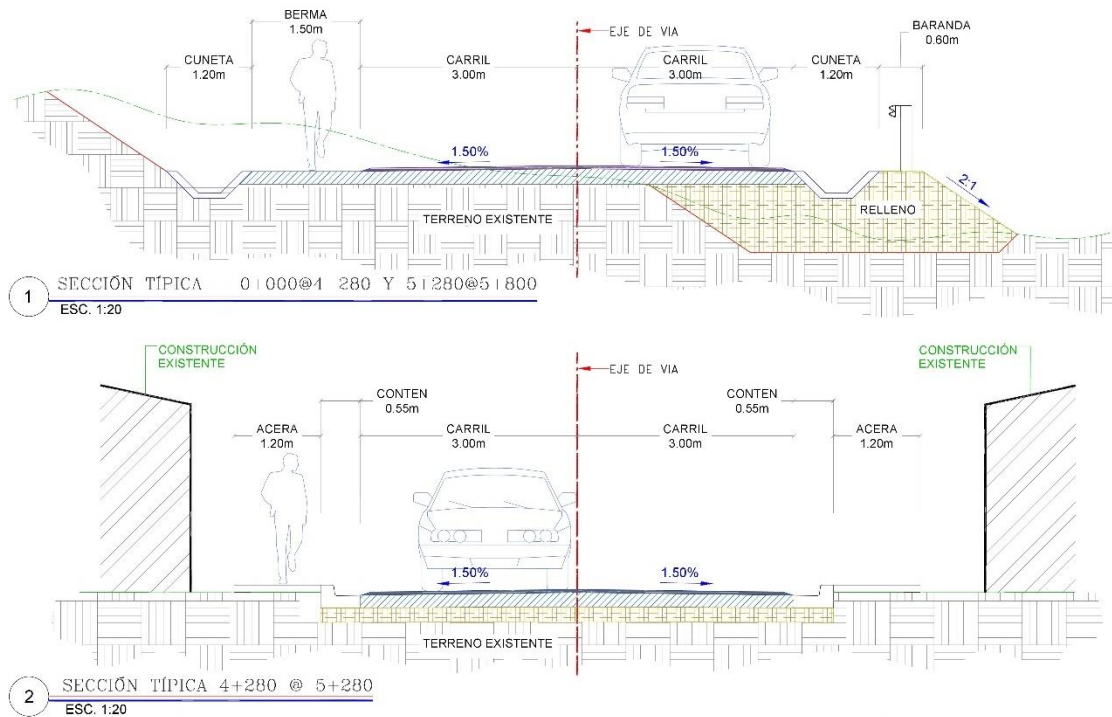
Para este camino se opta por presentar dos tipos de secciones transversales, ajustadas acorde a la concentración del requerimiento peatonal.

Se identifica que la concentración de viviendas, así como la escuela primaria de la comunidad se ubican entre las Progresivas 4+280 y 5+280 del camino; por lo cual se propone para ese segmento una sección que conste de 3m de ancho por canal de circulación, contenes, acera de 1m de ancho en ambos lados de la vía y la implementación del drenaje longitudinal.

Para el resto del camino, se propone una sección que conste de 3 m de ancho por canal de circulación, caminería (en material suelto) de 1.5 m de ancho en sólo un lado de la vía y la implementación del drenaje longitudinal.

Para todo el camino se plantea la implementación de barandas de seguridad únicamente en curvas cerradas y/o donde la diferencia de cota entre la rasante y el terreno original supere los 1.5 m; para tener un control de la velocidad se plantean, a modo conceptual, 3 reductores de velocidad por kilómetro, así como dos reductores extras en el acceso a la escuela primaria. Estas medidas de seguridad serán modificadas/detalladas en el Diseño Final.

Ilustración 14. Secciones tipo propuestas en el camino vecinal en la comunidad Las Espinas



Fuente: IDOM-VNG

## DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO CONCEPTUAL DE LOS NUEVOS PUENTES Y ALCANTARILLAS TIPO CAJONES

El diseño conceptual no modifica lo establecido en el Informe de Evaluación Inicial de rehabilitar el camino Las Espinas incluyendo la construcción de tres nuevos puentes que cumplan los requerimientos técnicos estándares del MOPC y del diseño basado en riesgo y cambio climático.

Se diseñan a nivel conceptual la rehabilitación, los nuevos puentes de hormigón y las alcantarillas tipo cajones a construir sobre el camino Las Espinas.

Se introducen variantes de enlace a la entrada y salida de los puentes Arroyo Aguacate y en el puente de la Quebrada sin nombre (Est 5+070), con la vía existente, para mejorar el trazado y para un mejor emplazamiento de los puentes; no hay variante en las demás obras. Se introducen rampas o rellenos

soportados por muros laterales de hormigón armado para poder subir las alturas de los puentes y en las alcantarillas tipo cajones a las cotas de diseño.

Dependiendo del caso, se deben construir desvíos del tránsito dentro de la misma vía utilizando los espacios laterales disponibles, igualmente podrán construirlos fuera de la vía donde la topografía del terreno circundante lo permita.

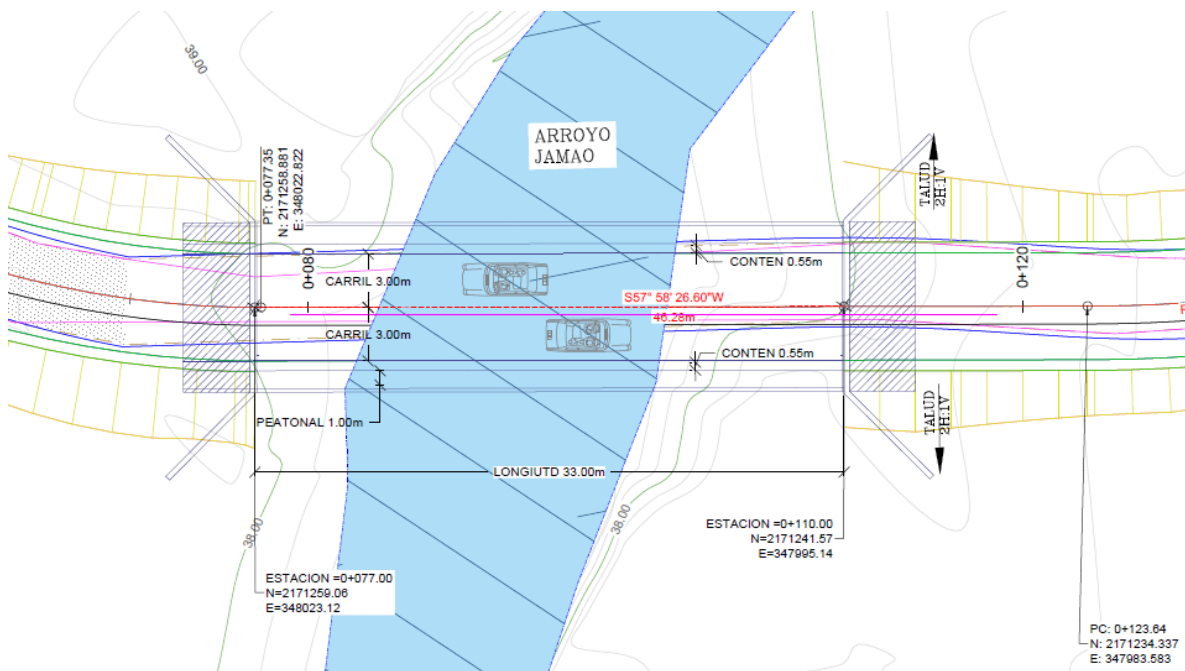
Tabla 4: Dimensiones de los 3 Puentes en el Camino Las Espinas- La Jaguita

| Progresiva                  | Ancho (m) | Longitud (m) | Cota tablero (msnm) |
|-----------------------------|-----------|--------------|---------------------|
| Est 0+100 (Arroyo Jamao)    | 9.9       | 33           | 39.71               |
| Est 3+800 (Arroyo Aguacate) | 9.9       | 25           | 27                  |
| Est 5+070                   | 9.9       | 20           | 31.46               |

Fuente: IDOM-VNG

## PLANTA DIMENSIONADA DE LOS NUEVOS PUENTES

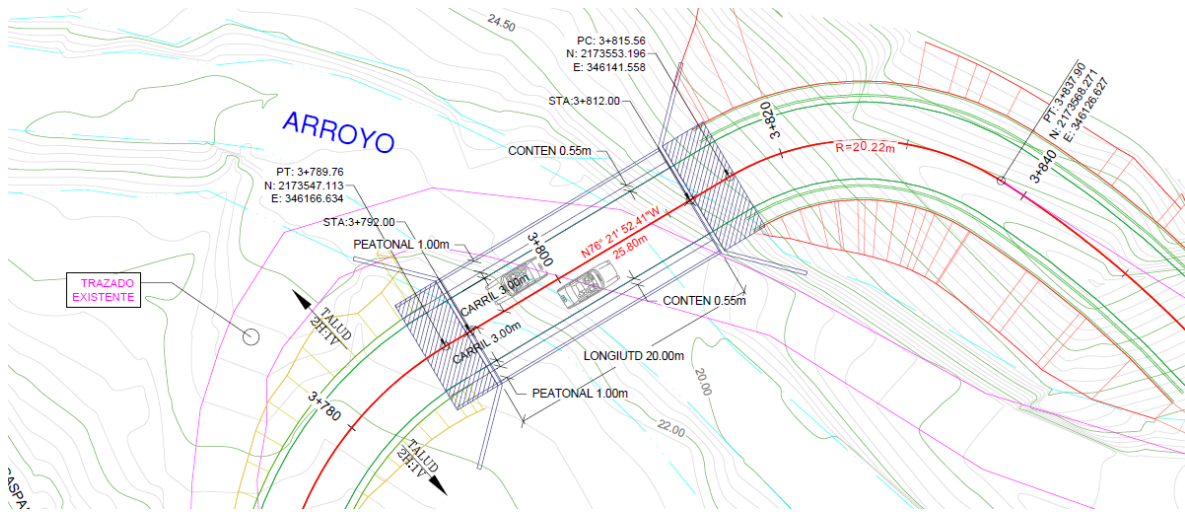
Ilustración 15: Planta dimensionada del nuevo puente sobre el Arroyo Jamao



Fuente: IDOM-VNG

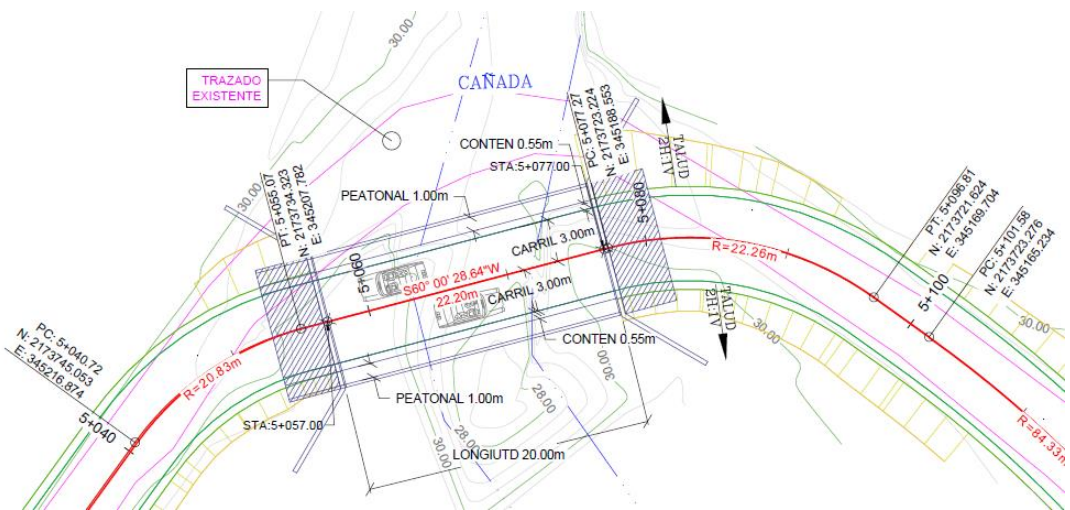


Ilustración 16: Planta dimensionada del nuevo puente sobre el Arroyo Aguacate



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 17: Planta dimensionada del nuevo puente sobre la Quebrada en Est 5+070



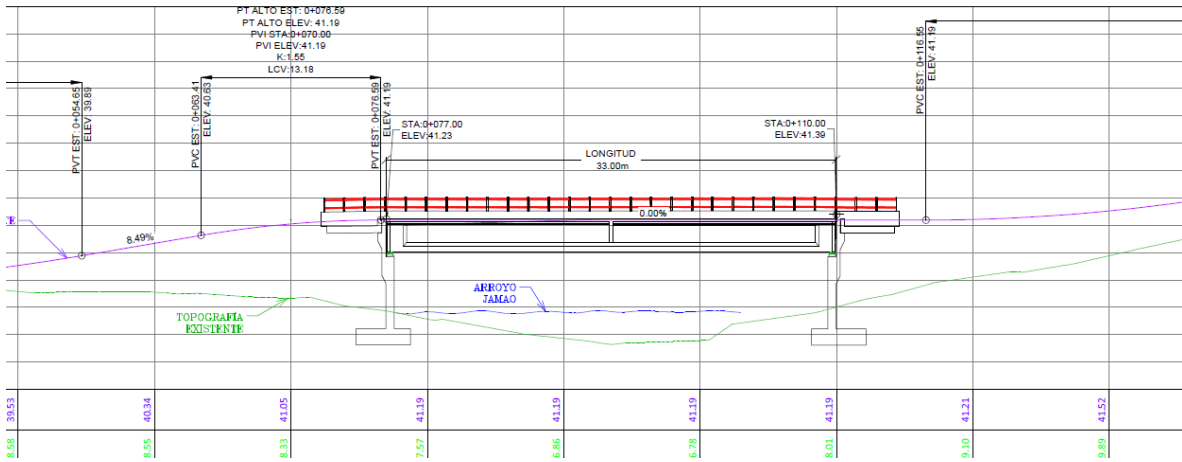
Fuente: IDOM-VNG

## SECCIÓN LONGITUDINAL DEL DISEÑO CONCEPTUAL DE LOS PUENTES.

La sección longitudinal del diseño consiste en un puente de hormigón armado, fundado sobre pilote de acero o de hormigón vaciado en situ (drill shaft), apoyado en sus dos estribos, vigas postensadas, tablero, losa de aproches y demás elementos en hormigón armado, conforme a los puentes estándares del MOPC. A continuación se muestran las secciones longitudinales de cada uno de los puentes.

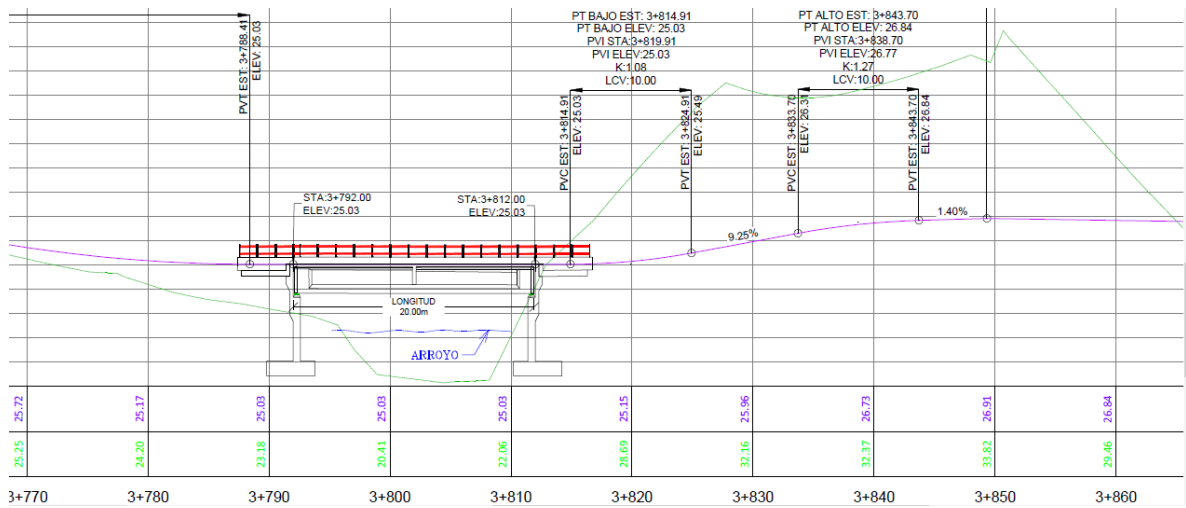
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 18: Sección longitudinal del nuevo puente sobre el Arroyo Jamao



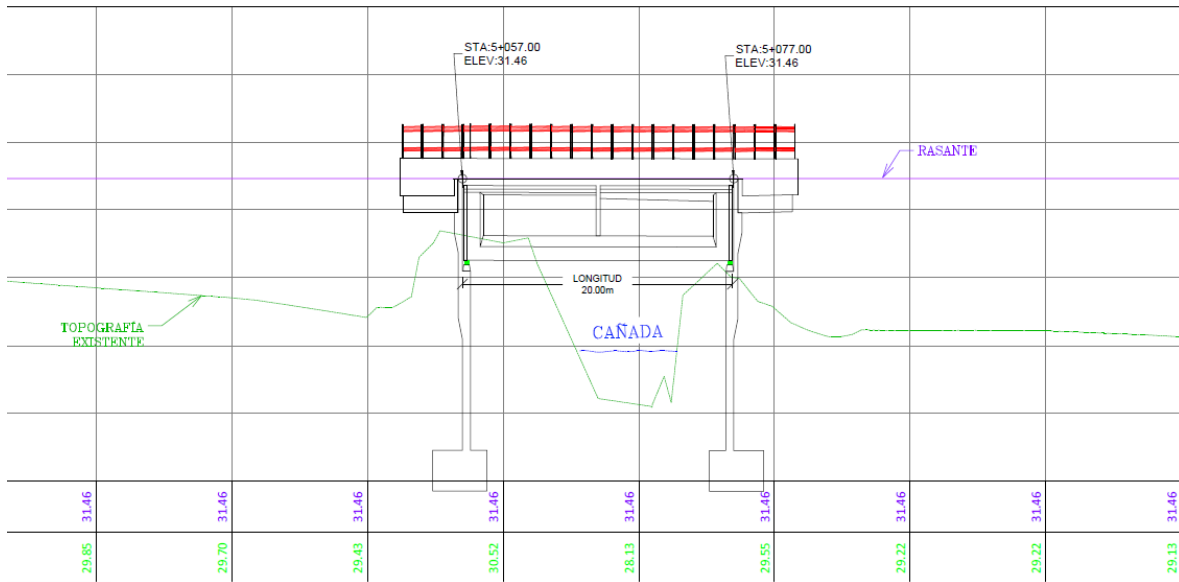
Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 19: Sección longitudinal del nuevo puente sobre el Arroyo Aguacate



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 20: Sección longitudinal del nuevo puente sobre la Quebrada en Est 5+070

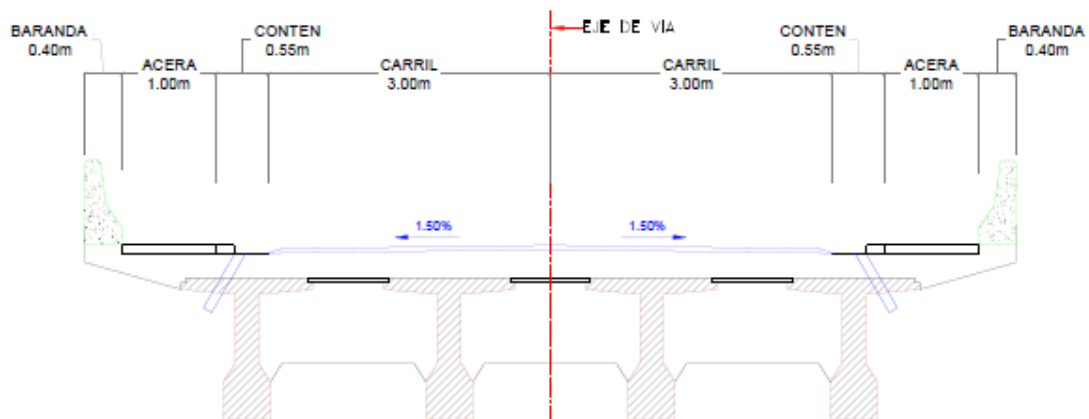


Fuente: IDOM-VNG

### SECCIÓN TRANSVERSAL DEL DISEÑO CONCEPTUAL DE LOS PUENTES.

Se propone realizar el mismo proyecto previsto en el programa, consistente en la construcción de los tres puentes nuevos, que cumplan con todos los reglamentos del MOPC y demás normas, cuya sección transversal para los tres puentes es de dos carriles de 3.0 m (ancho total de la calzada de 6.0 m), aceras peatonales y baranda con un ancho total de 9.90 m.

Ilustración 21: Detalle Sección típica propuesta para los 3 Puentes en el Camino Las Espinas- La Jaguita



Fuente: IDOM-VNG

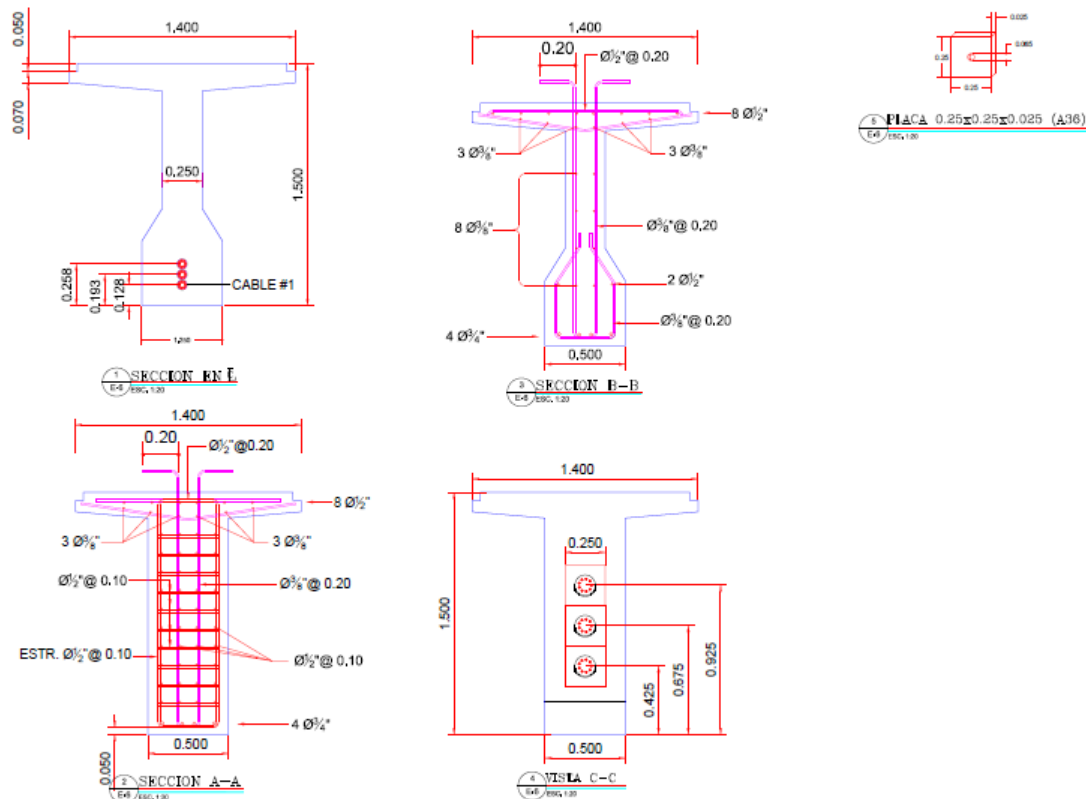
## ESTRUCTURA DE LOS NUEVOS PUENTES

**Tipo.** Los nuevos puentes serán del tipo puente-viga, de hormigón armado, con fundación en pilotes en ambos estribos, vigas postensadas en sitio, losas típicas de 20 a 30 m de longitud, losas de enfoques de 3 a 4 m de longitud, de dos carriles, con bordillo, aceras peatonales y barandas de hormigón.

**Pilotes.** La profundidad mínima del hinchado de los pilotes, según los perfiles estratigráficos resultante del estudio preliminar geotécnico hecho con sondeos eléctricos verticales, las cartas geológicas de la zona y otros estudios consultados, es de 8 a 10 m de profundidad. Se utiliza la profundidad mínima por experiencia, en el caso en que los estudios geotécnicos muestren un material consolidado a menor profundidad.

Se considera utilizar pilotes de acero, tipo HP 14X73 lb/pl o pilotes vaciados en sitio (drill shaft) de 0.60 m a 0.80 m de diámetro. Para el diseño final, los pilotes y su profundidad de hincado, han de ser calculados a partir de los estudios geotécnicos finales a ser realizados con sondeos SPT, debiendo el estructuralista modelar la solución con los tres tipos de pilotes antes indicados, a fin de generar un diseño final con la mejor relación de costos para el proyecto.

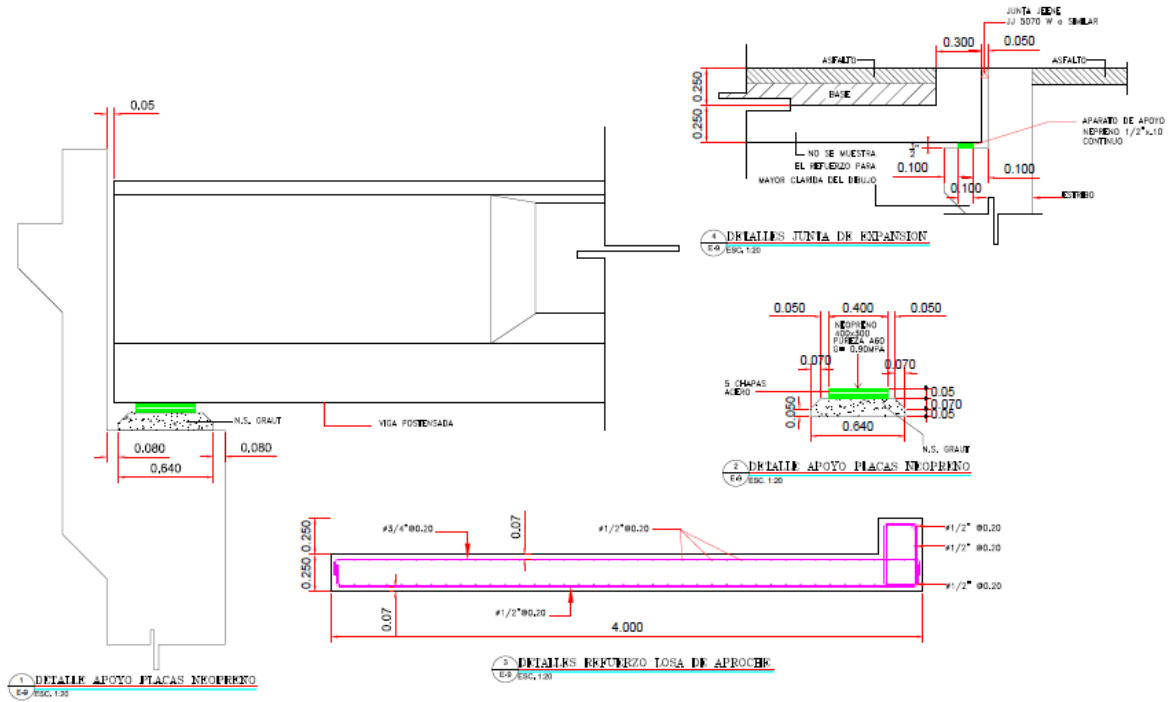
Ilustración 22: Plano detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado



Fuente: IDOM-VNG

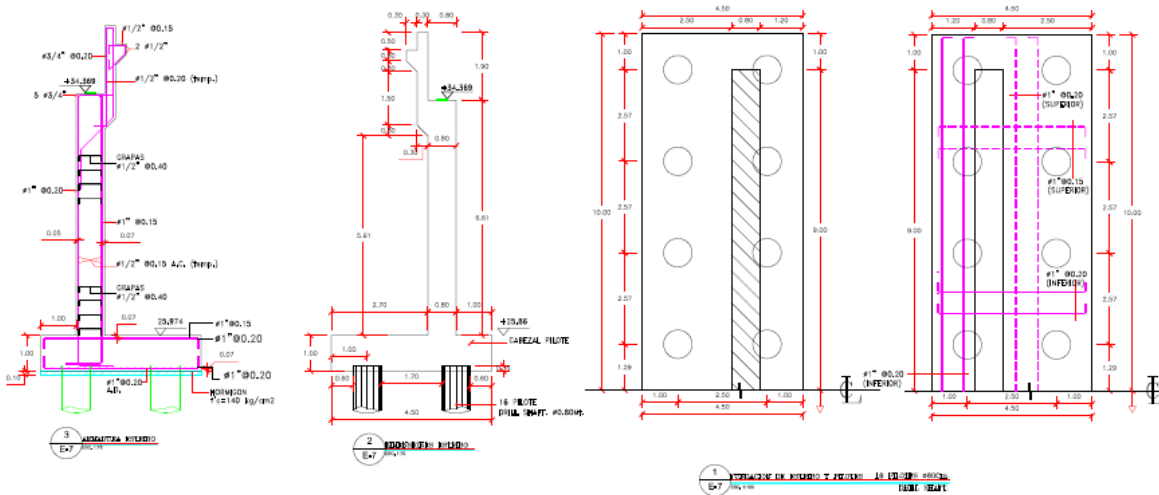
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 23: Plano detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 24 : Plano detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado



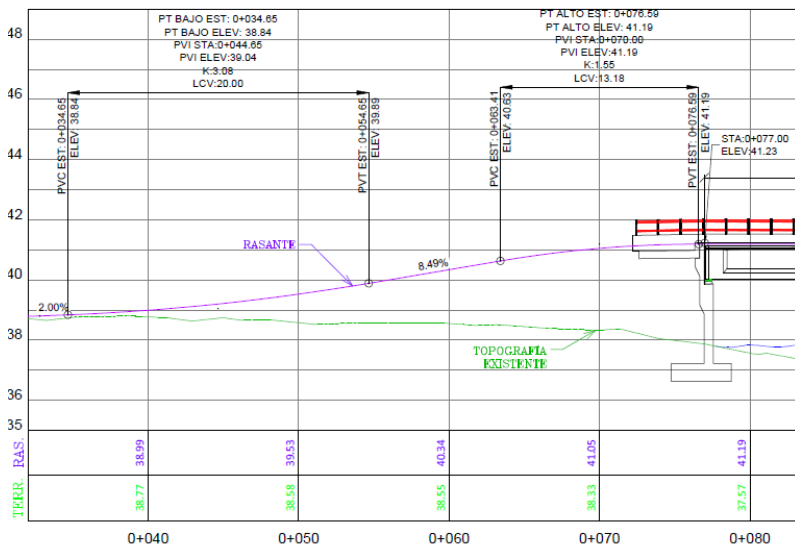
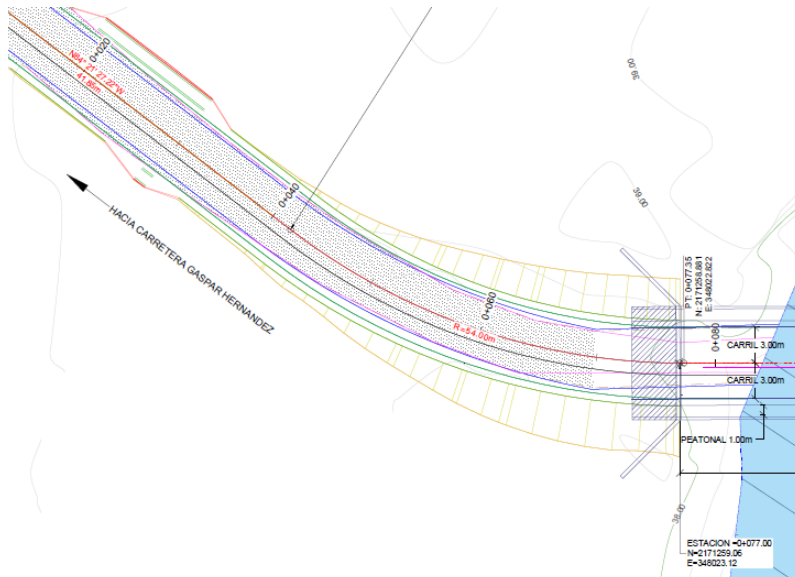
Fuente: IDOM-VNG.

## ACCESOS

### Acceso de entrada y salida a los puentes.

Corresponden a tramos diseñados como una rampa con muros laterales de hormigón armado para contener el relleno, para conectar la vía existente con los respectivos puentes. Se muestran a continuación las plantas y elevaciones de cada uno de los accesos de entrada y salida a los 3 puentes.

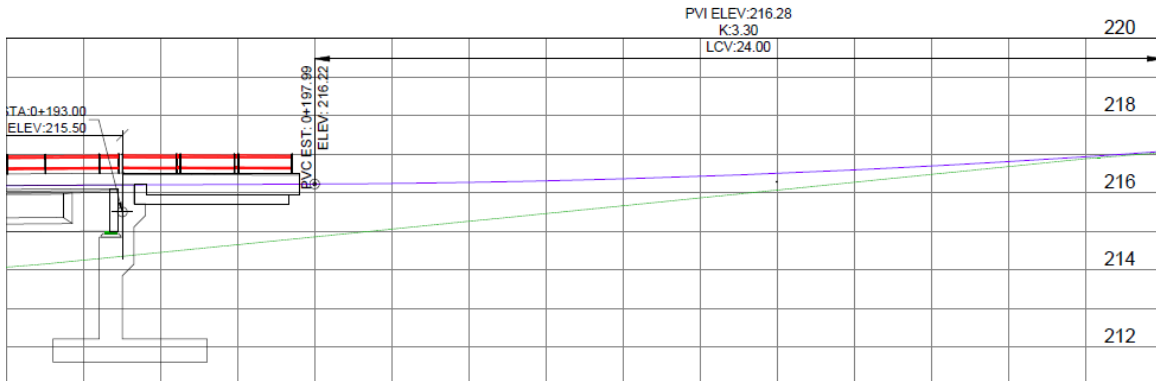
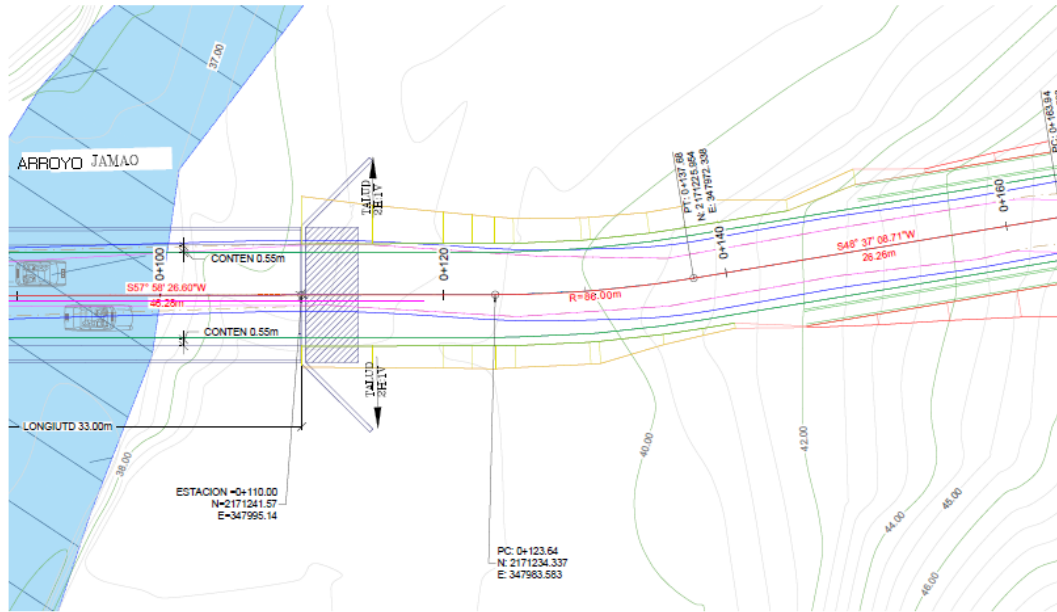
Ilustración 25: Planta y elevación del tramo de acceso al puente sobre el Arroyo Jamao



Fuente: IDOM-VNG

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

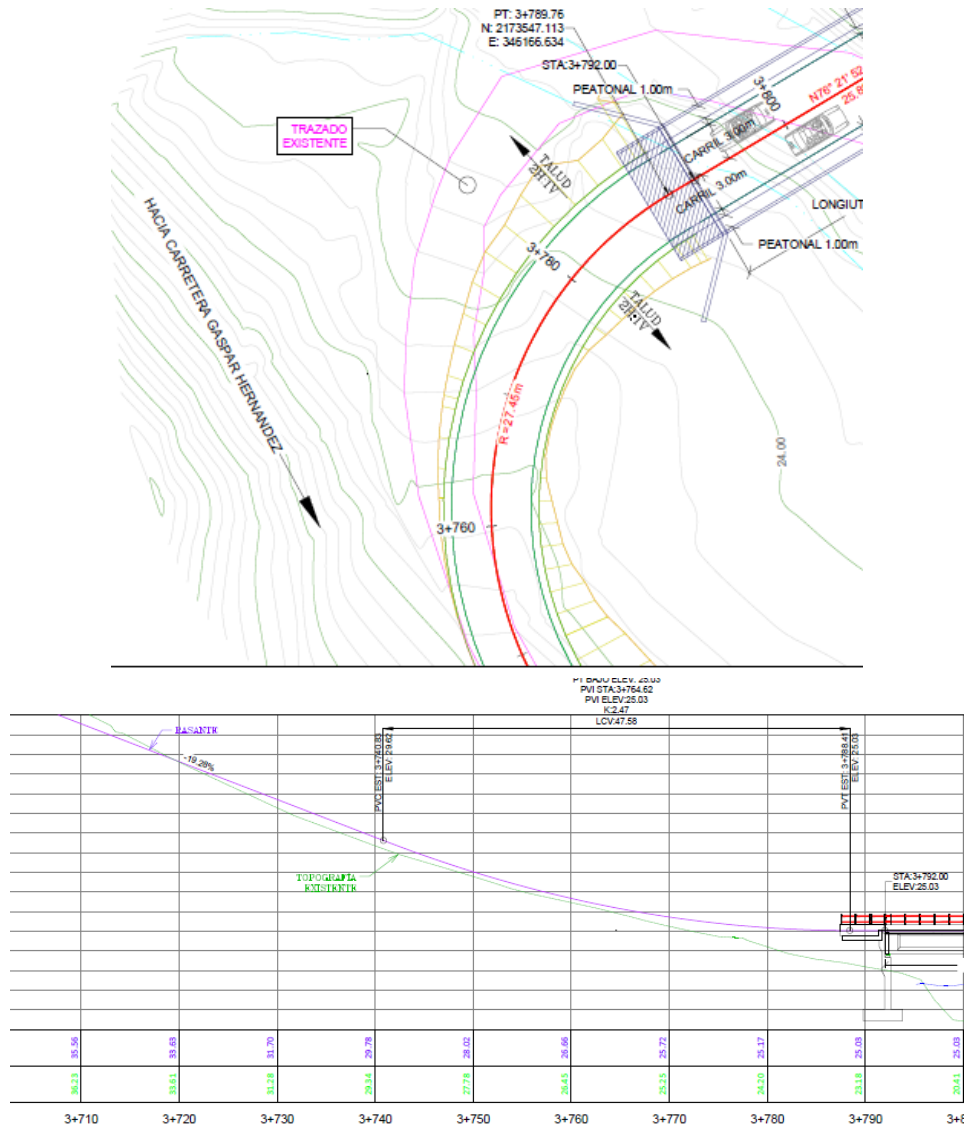
Ilustración 26: Planta y elevación del tramo de salida del puente sobre el Arroyo Jamao



Fuente: IDOM-VNG

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 27: Planta y elevación del tramo de acceso al puente sobre el Arroyo Aguacate

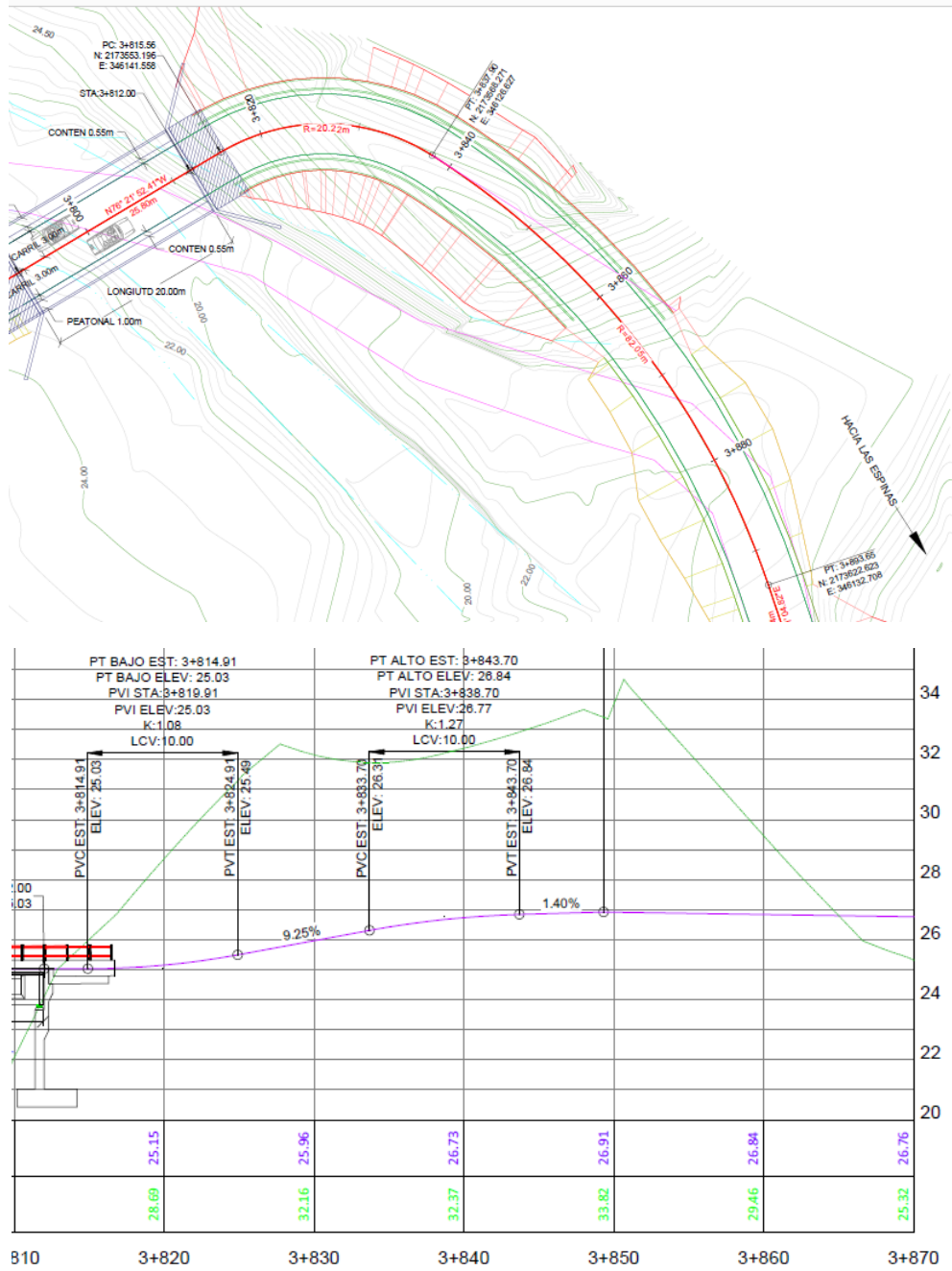


Fuente: IDOM-VNG



MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

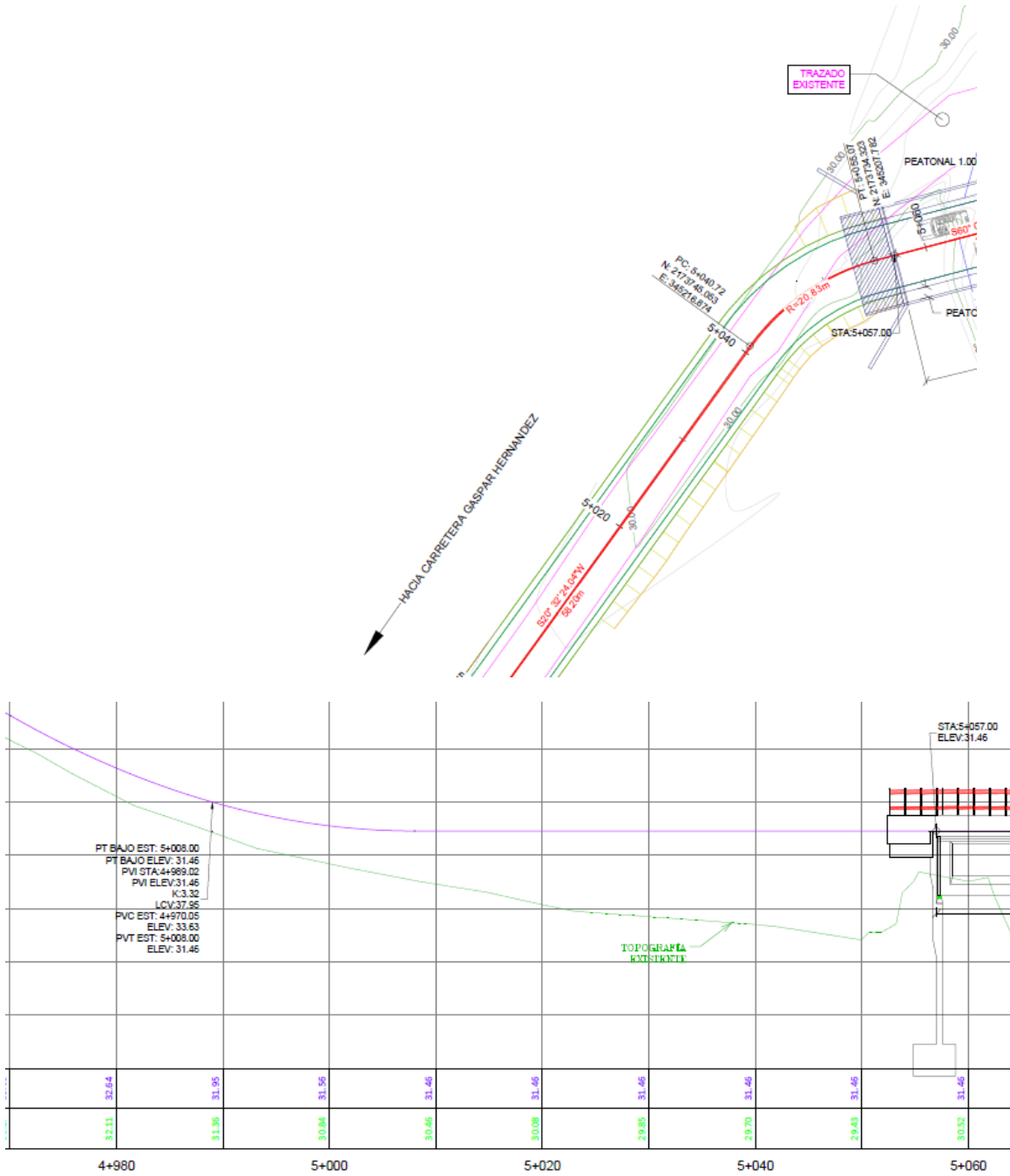
Ilustración 28: Planta y elevación del tramo de salida del puente sobre el Arroyo Aguacate



Fuente: IDOM-VNG

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

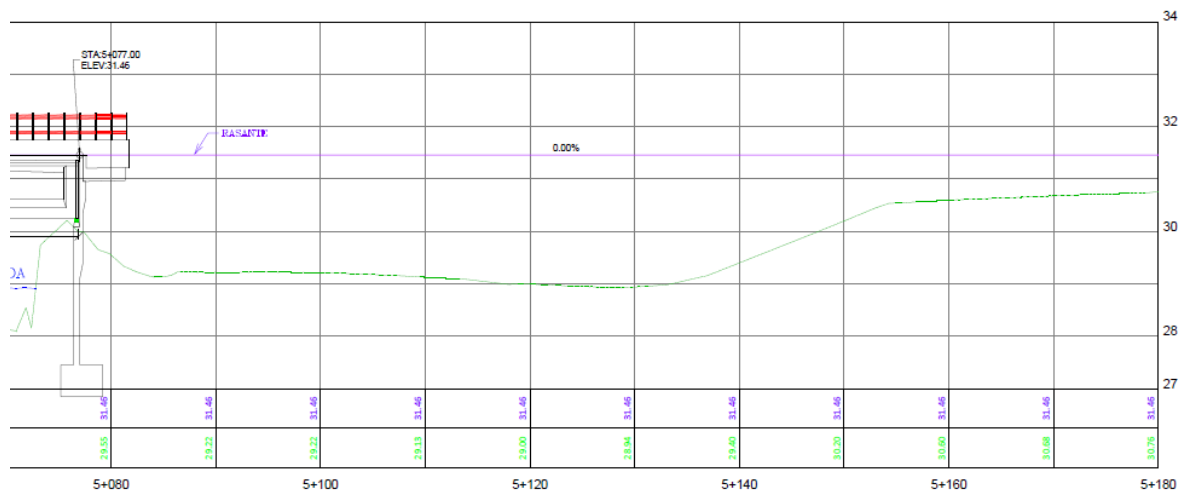
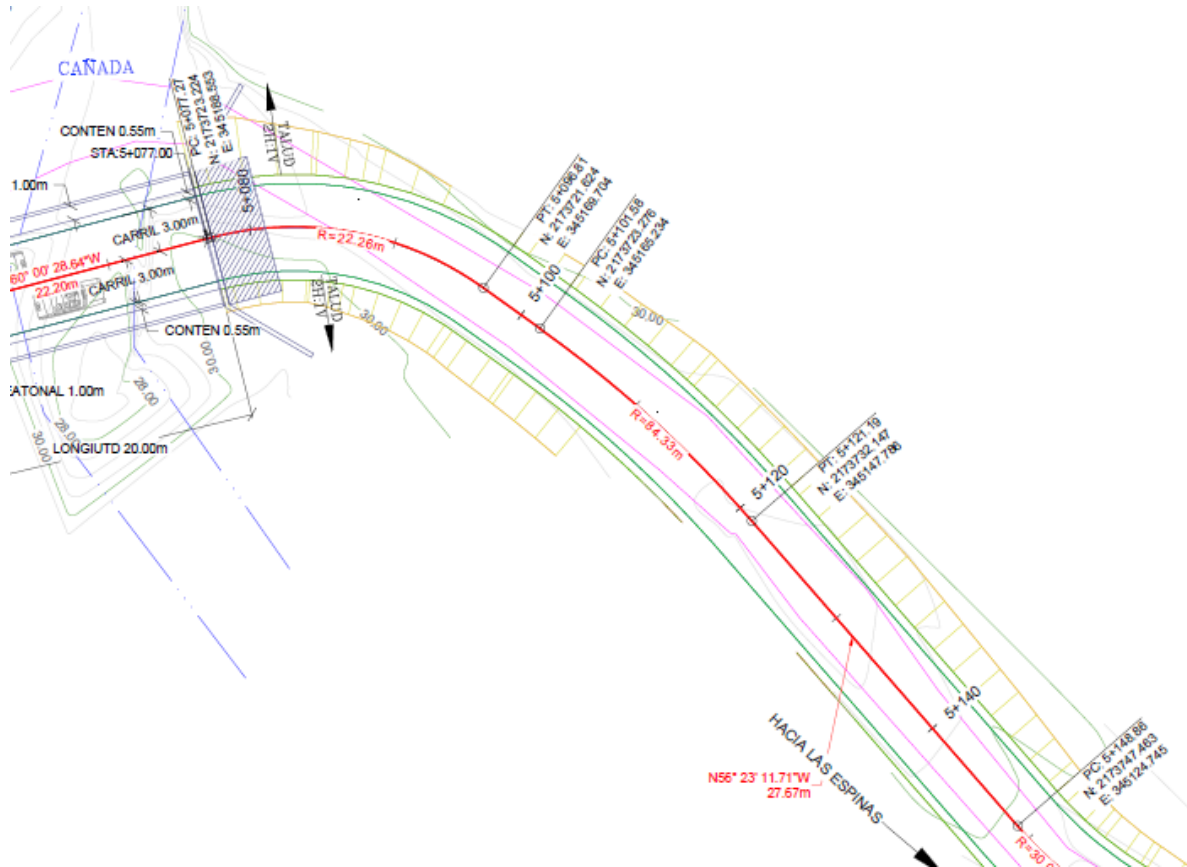
Ilustración 29: Planta y elevación del tramo de acceso al puente sobre la Quebrada sin nombre



Fuente: IDOM-VNG

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 30: Planta y elevación del tramo de salida del puente sobre la Quebrada sin nombre



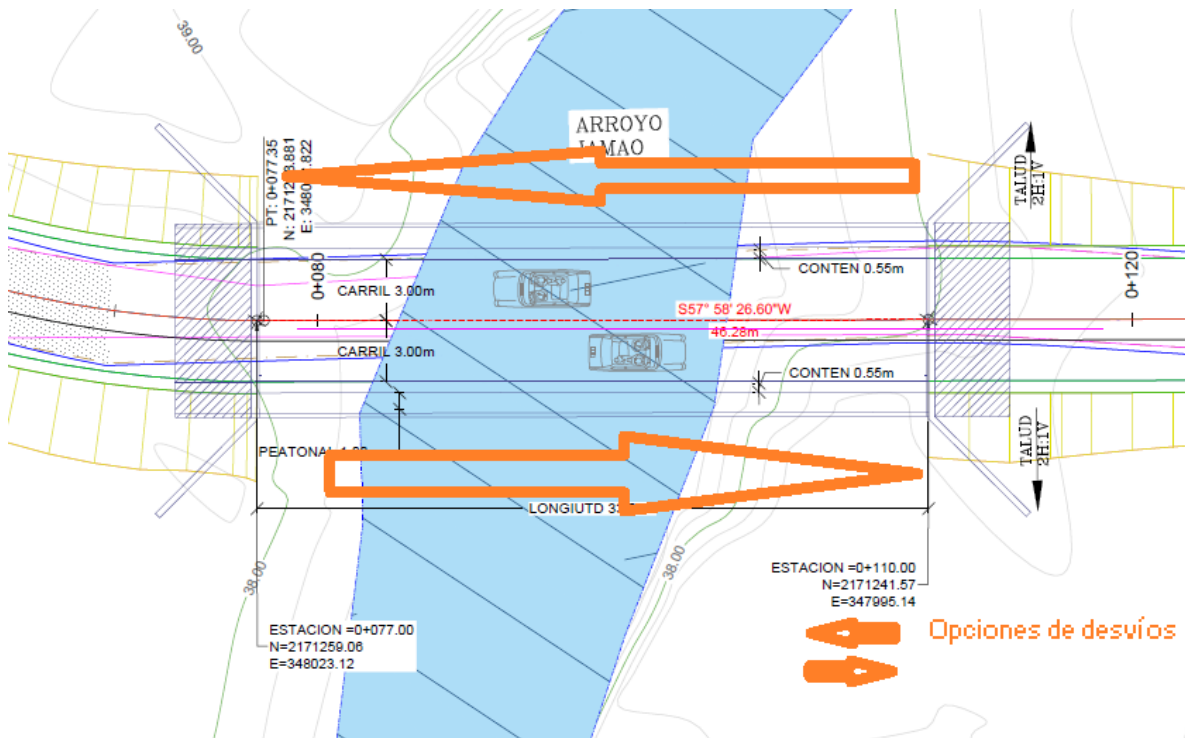
Fuente: IDOM-VNG

### 4.5.3. Construcción de desvíos.

Se requiere la construcción de desvíos para el tráfico durante la construcción de los puentes y los cajones, ya que los mismos están sobre la vía existente. En los casos de los puentes sobre el arroyo Aguacate y sobre la Quebrada sin nombre de la Est 5+070, se utilizará la calzada actual como parte de los desvíos. Se proponen desvío de ancho mínimo de 3.0 m, en uno de los laterales del camino, lo cual se considera suficiente debido al bajo tráfico vehicular.

Los desvíos deberán ser diseñados y presupuestados durante el diseño final. Los mismos se construirán utilizando badenes tubulares en el lecho de los arroyos y cañadas o sobre el terreno natural en los casos en que la topografía lo permita, sobre todo en los casos donde no hay cursos permanentes de agua.

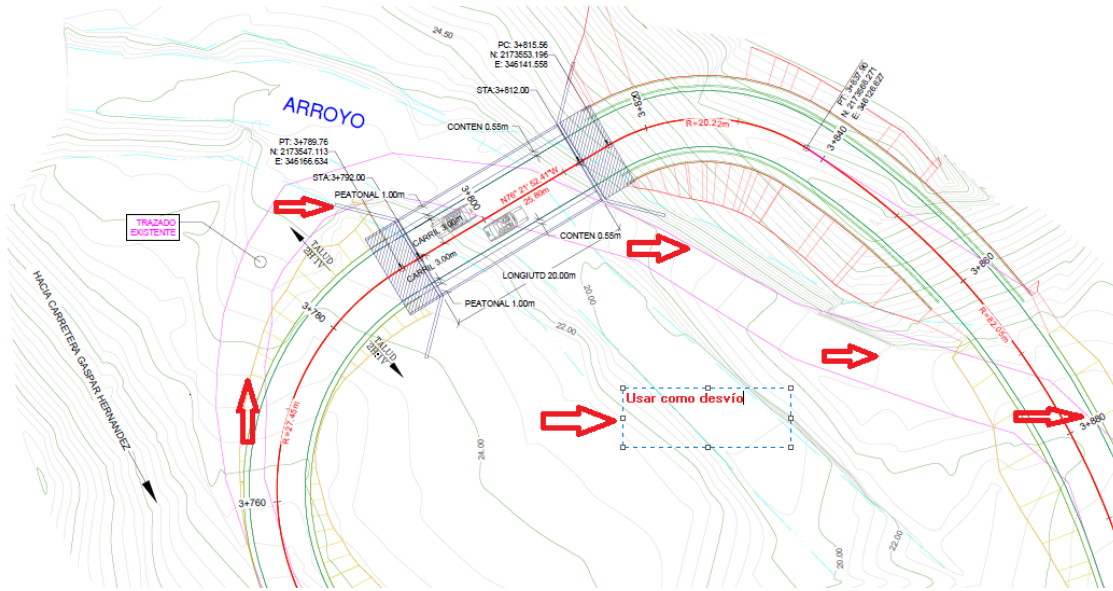
Ilustración 31. Desvío propuesto para el puente sobre el Arroyo Jamao



Fuente: IDOM-VNG

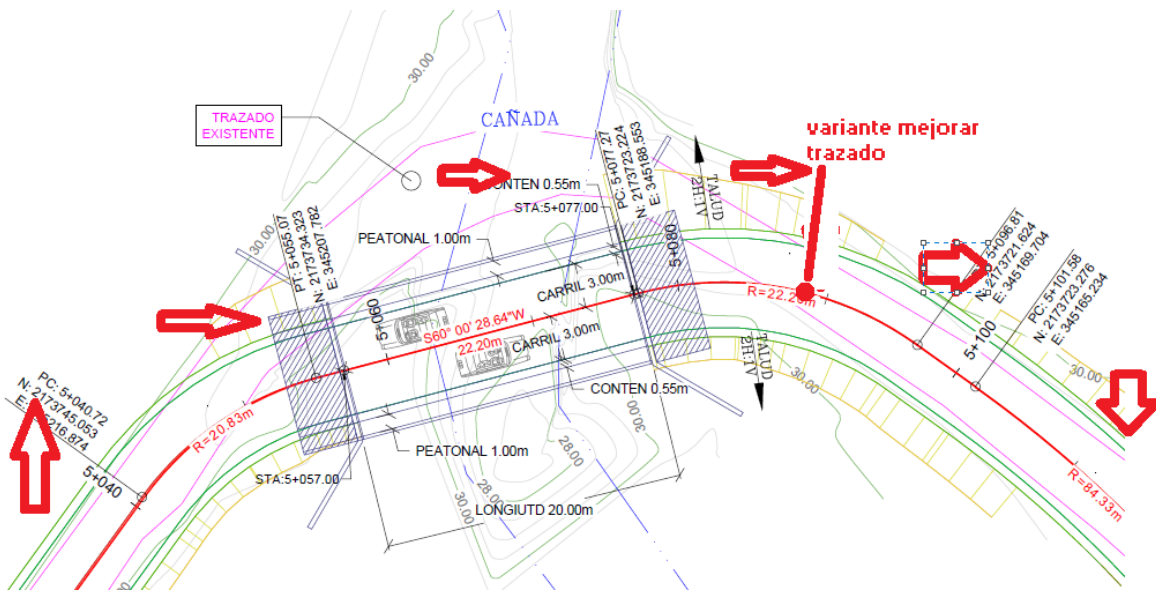
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 32. Desvío propuesto para el puente sobre el Arroyo Aguacate



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 33. Desvío propuesto para el puente sobre la Quebrada en Est 5+070



Fuente: IDOM-VNG

## 4.6. PLAN DE EJECUCIÓN DE OBRAS

El proceso constructivo del proyecto, a partir de la emisión de este documento, debe pasar por las etapas siguientes:

1. Aprobación consensuada del diseño conceptual
2. Elaboración final de los TDR
3. Licitación del diseño final
4. Elaboración y aprobación del diseño final. Incluida Auditoría de Seguridad Vial en fase II (ASV sobre el proyecto constructivo)
5. Elaboración de TDR de construcción
6. Licitación de construcción
7. Proceso constructivo
8. Supervisión y recepción de obra. Incluida Auditoría de Seguridad Vial en fase II (ASV sobre el proyecto constructivo)

## 5. METODOLOGÍA GENERAL

### 5.1. NORMAS APLICABLES

#### 5.1.1. Normas y reglamentos dominicanos

- **M011** – Criterios Básicos para Estudios Geotécnicos de Carreteras -DGRS-MOPC.
- **M012** – Criterios Básicos para Diseño Geométrico de Carreteras-DGRS-MOPC.
- **M013** – Instrucciones para Presentación de Propuestas de Estudios y Proyectos de Carreteras-DGRS-MOPC.
- **M014** – Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras-DGRS-MOPC.
- **M017** – Recomendaciones provisionales para la Presentación de Proyectos Viales-DGRS-MOPC.
- **M019** – Recomendaciones provisionales para el diseño y construcción de sistemas de drenaje en carreteras Proyectos Viales-DGRS-MOPC.
- **M026** – Reglamento para la Ejecución de Trabajos de Excavación en las Vías Públicas-DGRS-MOPC.
- **Atlas de los Recursos Naturales de la República Dominicana-MMARN.**

#### 5.1.2. Normas internacionales.

El MOPC permite que en casos donde las Normas Dominicana no contemplen el tema, podrán usarle las listadas a continuación, prevaleciendo las indicaciones y recomendaciones de la actualización más reciente de dichas publicaciones.

- **AASHTO**-American Association of State Highway and Transportation
- **MUTCD** - Manual on Uniform Traffic Control Device.
- Roadside Design Guide AASHTO
- Access Management Manual.
- Manual of Transportation Engineering Studies, ITE
- Highway Hydrology (HDS-2), de FHWA.
- Urban Drainage Design Manual (HEC-22), de FHWA
- Hydraulic Design of Highway Culvert (HDS-5), de FHWA
- Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels (HEC-14), de FHWA.
- **ACI** - American Concrete Institute.
- **BDS** - Bridge Design Specifications.
- **LRFD** - Load and Resistance Factor Design.

- **Diseño de Pavimento bajo método mecanístico AASHTO**
- **ASME** - American Society of Mechanical Engineers.
- **ASTM**-American Society Standard Material
- **ANSI** - American National Standards Institute.
- **AISC** - American Institute of Steel Construction.
- **AWS** - American Welding Society.
- **ASBRUS** - Bureau of Reclamation.
- **NBS** - National Bureau of Standards.
- **MUTCD** - Manual on Uniform Traffic Control Device.
- Roadside Design Guide AASHTO
- Access Management Manual.
- Manual of Transportation Engineering Studies, ITE.

### 5.1.3. Normas y reglamentos dominicanos revisados por la ATI

La ATI realiza como parte del alcance del proyecto, una revisión comparada con recomendaciones de adaptaciones de procedimiento y tecnologías de diseño y construcción, debido a que muchos de los Reglamentos vigentes en el MOPC, tienen más de 30 años.

Los cambios más relevantes de especificaciones recomendadas que son utilizados en los estudios y diseños de este proyecto son los siguientes:

- Periodos de retorno analizados mayores que los sugeridos en el R-19. Se analizan periodos de 100 y 200 años.
- Diseño basado en riesgo
- Diseño con pilotes vaciado en situ de hormigón
- Consideraciones ambientales
- Consideraciones de patrimonio cultural

## 5.2. RECOPIACIÓN DE DOCUMENTACIÓN EXISTENTE

La primera etapa de los trabajos consistió en recopilar la información existente en torno al proyecto, objeto de este diseño conceptual. Entre ellas están las siguientes.

- Documento base del programa
- Información climática nacional y de la cuenca
- Estándares de diseño de puente a ser requeridos por el MOPC



- Datos elaborados por el MOPC útiles para los estudios y diseño
- Reglamentos de estudios y diseños del MOPC (R-012, R-014, R-011, R-019, R-017, y otros)
- Normas internacionales o nacionales aceptadas como complemento por el MOPC

### 5.3. TRABAJO DE GABINETE

Todo el proceso de diseño y redacción de documentos ha sido realizado en gabinete por un equipo multidisciplinario de la ATI, conformado por especialista en:

- Diseño basado en riesgo
- Hidrología e hidráulica
- En puente
- En diseño vial
- En diseño geométrico
- Analista de costo
- Ambientalistas
- Sociólogos
- Urbanistas
- Seguridad Vial

El proceso de estudios y diseño ha sido acompañado de la utilización de las más avanzadas técnicas y tecnología de diseño aplicado a cada disciplina

### 5.4. TRABAJO DE CAMPO

#### 5.4.1. VISITAS DE CAMPO

Para la elaboración del diseño conceptual, fue necesario realizar varias visitas de campo, vinculadas al proceso de levantamiento de información y elaboración de estudios básicos indispensables para concluir el diseño conceptual, entre ellas:

- Levantamiento de información mediante inspección visual
- Entrevistas relativas a datos hidrológicos, tráfico y otros.
- Estudios topográficos
- Conceptualizaciones del proyecto
- Estudio geotécnico
- Evaluación de patrimonio cultural
- Inspección de seguridad vial
- Verificaciones de datos para elaboración de presupuestos y estudios económicos

## 5.4.2. ENTREVISTAS A COMUNITARIOS

Muchas de las informaciones y datos utilizados para elaborar los estudios básicos y el diseño conceptual fueron obtenidos de entrevistas a comunitarios, quienes aportaron datos relevantes, entre ellos:

- Cota histórica de inundación
- Tráfico y comercio
- Poblaciones afectadas
- Importancia histórica y necesidad de la obra

## 5.4.3. GEORREFERENCIACIÓN

Se colocaron puntos georreferenciados con la red geodésica nacional, y coordenadas son las siguientes:

Tabla 5: Puntos de control georreferenciados

| No | Norte   | Este     | Elevación (msnm) | Punto |
|----|---------|----------|------------------|-------|
| 1  | 2171324 | 348084.6 | 41.3352          | PG01  |
| 2  | 2171291 | 348088.7 | 39.864           | PG02  |
| 3  | 2172831 | 347103.4 | 36.9977          | PG03  |
| 4  | 2172953 | 347092.5 | 60.9103          | PG04  |

Fuente: IDOM-VNG

## 6. ELABORACIÓN DE INFORMES Y MEMORIAS

En las diferentes secciones de este documento se incluyen parte de las memorias e informes elaborados en los diferentes estudios realizados para el diseño conceptual.

En la sección 8, se incluye información más amplia y complementaria de los respectivos estudios, indicándose generalmente en la sección 7 el resumen o conclusiones de los mismos.

Entre ellos están los siguientes:

- Estudios topográficos
- Planos del diseño geométrico
- Estudios geotécnicos
- Informe de geología
- Estudios hidrológicos e hidráulicos
- Estudios de alternativas y evaluación para diseño basado en riesgo
- Consideraciones ambientales
- Datos de patrimonio cultural
- Estudios económicos
- Estudio de beneficio/costo

## 7. RESULTADOS

### 7.1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE DISEÑO ADOPTADA

El diseño conceptual es el documento base para la elaboración del diseño final, el cual debe ser realizado por el consultor que sea contratado mediante licitación.

En este caso se han elaborado los estudios básicos, estudios de alternativas, diseño basado en riesgo con su respectivo diseño geométrico y análisis económico, complementado con los aspectos ambientales, de patrimonio cultural y el análisis financiero requerido por el BEI.

Los términos de referencia para la contratación de los diseños finales serán elaborados a partir del diseño conceptual, los mismos establecerán el alcance del diseño final, siendo complementarios a lo establecido en este documento.

El consultor a ser contratado para el diseño final debe considerar lo siguiente:

- El diseño conceptual está basado en una modelación estándar de puente que requiere una modelación y diseño estructural específica y definitiva de un especialista en diseño de puentes, conforme a los requerimientos del MOPC, a lo especificado en los TDR, sin desviarse del diseño conceptual, salvo en el caso en que haya una optimización demostrada por un análisis o ingeniería de valor.
- El diseño geométrico de los puentes que aparece en este informe igualmente necesita validación, como resultado de los estudios geotécnico y el diseño estructural. Cualquier desviación significativa durante el diseño final de la geometría contenida en este documento, necesita ser consultada con el MOPC y la ATI.
- Para el diseño final se requieren estudios geotécnicos y mecánica de suelo, según lo establecido en el Reglamento R-011 del MOPC y conforme a la práctica. Se requiere por lo menos un sondeo SPT por cada apoyo y los respectivos estudios de laboratorio, con un informe donde se dan las recomendaciones sobre fundaciones y pilotes.
- El diseño geométrico de la vialidad deberá ser validado y complementado con los planos y detalles constructivos, especialmente los resultantes del diseño final de pavimento y de drenajes, así como tener en cuenta las indicaciones señaladas sobre seguridad vial apuntadas en este IDC
- El consultor del diseño final identificará y validará con ensayos de laboratorio o certificaciones de calidad, los materiales a ser utilizados durante la construcción, incluyendo las fuentes de materiales para relleno, hormigón industrial, artículos ferreteros y suministros de productos terminados

- El consultor utilizará la solución de pilotes que demuestre ser viable, factible y de mejor relación riesgo/costo mediante análisis comparativo de los diferentes tipos de pilotes, por lo cual deberá suplir una descripción del proyecto final incluyendo la metodología del proceso constructivo recomendado.
- El consultor suministrará las especificaciones de construcción del proyecto, debiendo redactar aquellas que corresponden a especificaciones particulares o que no pueden ser referidas a las Especificaciones de Construcción de carreteras (R-014) por falta de la misma o cualquier otra razón pertinente.
- El presupuesto incluido en este documento será para uso en la planificación y separación de fondos, no para el proceso constructivo. El consultor del diseño final deberá elaborar el presupuesto base, a partir del diseño final, incluyendo listado de cantidades y análisis de precios, siendo dicho documento el que va a ser utilizado como referencia en las evaluaciones de la licitación de construcción.

## 7.2. ESTUDIOS BÁSICOS Y OTROS ESTUDIOS REALIZADOS

### 7.2.1. TOPOGRAFÍA

En el anexo de la sección 8 se explican los estudios topográficos realizados. En los planos topográficos de los caminos se muestran los levantamientos realizados

### 7.2.2. GEOTÉCNIA

En el anexo de la sección 8 se explica en detalle el estudio geotécnico realizado para el diseño conceptual.

**Estratigrafía.** Los perfiles estratigráficos mostrados a en la sección 8 corresponden a la litología de emplazamientos de los dos estribos. Se tomará el resultado menos favorable para la profundidad del hincado de pilote, para proyectarlo a los dos estribos y a las pilas, debido a que los SEV no permiten realizar ensayos dentro del agua. Los resultados fueron explicados en el citado anexo y se resumen en el cuadro siguiente.

Tabla 6: Resultados de los sondeos obtenidos partir de (SEV) camino Las Espinas.

| Sondeo No. | Sitio                       | Superficie | Estrato consolidado |                 |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------|-----------------|
|            |                             |            | Cota (msnm)         | Profundidad (m) |
| 35         | Est 0+100 (Arroyo Jamao)    | 39.25      | 37                  | 2.25            |
| 36         |                             | 39         | 35.5                | 3.5             |
| 37         | Est 3+850 (Arroyo Aguacate) | 38.5       | 32                  | 6.5             |
| 38         |                             | 36         | 32                  | 4               |
| 33         | Est 5+070 (Quebrada Seca)   | 28.5       | 26.5                | 2               |
| 34         |                             | 29         | 25.5                | 3.5             |

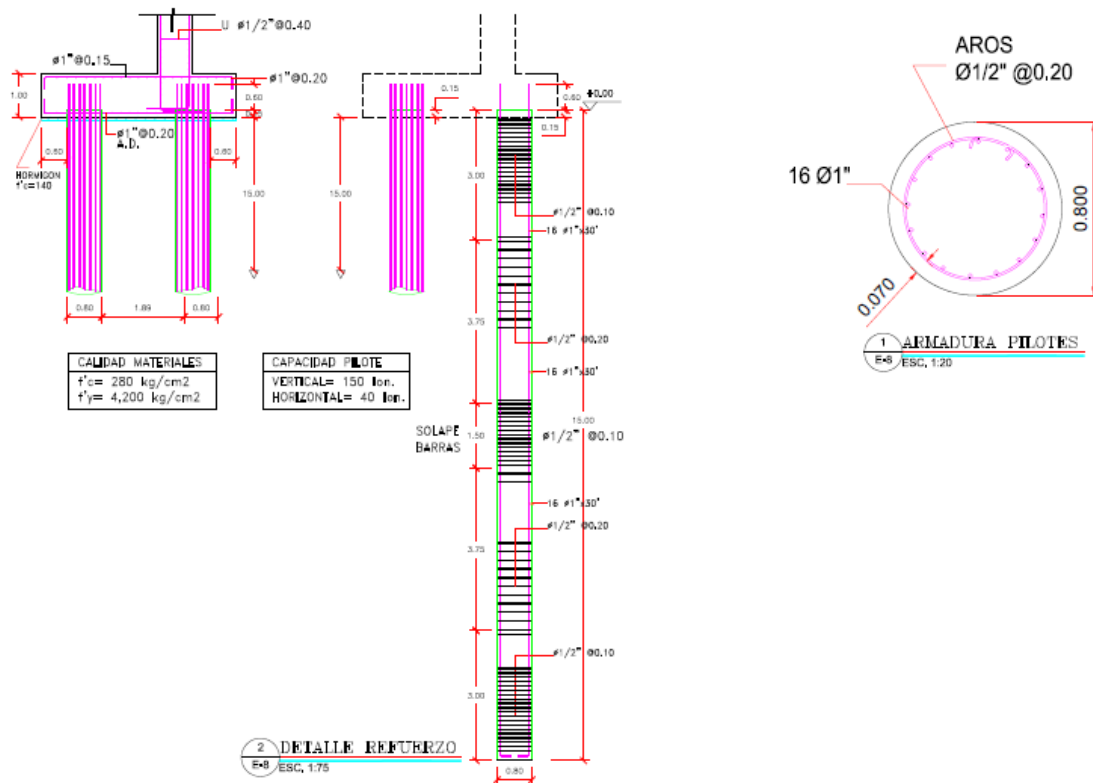
Fuente: IDOM-VNG

**Criterios para puentes.** Para el diseño conceptual, mediante los SEV se elaboraron los perfiles estratigráficos, con datos tomados en el área cercana a los estribos (perfil en el estribo derecho y perfil en el estribo izquierdo). Para el diseño conceptual se ha tomado el valor más desfavorable de todos los perfiles obtenidos y ha sido aplicado a todas las fundaciones. En la etapa de diseño final, la estratigrafía será obtenida mediante sondeos SPT a ser realizados en cada apoyo, conforme a las normativas del R-011.

**Fundaciones y pilotes.** Las normas del MOPC establecen que los puentes en el país deben estar fundados en pilotes, eliminándose el método antiguo de fundación directa, que aunque más económico, era la causa principal de colapso de los puentes por socavación.

**Resultados.** El perfil estratigráfico fue utilizado para calcular la longitud y la profundidad o cota del hincado de los pilotes, siendo adoptada de manera conservadora en el diseño conceptual la profundidad de 10 m para todos los casos.

Ilustración 34: Detalle tipo de fundación con pilotes de hormigón



Fuente: IDOM-VNG

### 7.2.3. MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

En la etapa de diseño conceptual no se realizan estudios de suelos y materiales, los cuales son parte del alcance del diseño final, que incluye los respectivos ensayos y resultados de laboratorio.

Los agregados para producción de hormigón y construcción del pavimento rígido se encuentran en los centros ferreteros de la zona cercana, así como en plantas procesadoras ubicadas Santiago y Puerto Plata.

### 7.2.4. PAVIMENTO DE HORMIGÓN ASFÁLTICO. RECOMENDACIONES. DISEÑO.

El MOPC no dispone de un reglamento específico para para el diseño de pavimento asfáltico. Las normas de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, guide for design of pavement structures. Washington: AASHTO, 1986,1993. 1998), constituyen el referente internacional en la materia, cuyo uso es aceptado y empleado por el Departamento de pavimento del MOPC.

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

En los casos de caminos vecinales, de muy bajo tráfico, no se requiere el cálculo exhaustivo de los espesores de pavimento, basta con cumplir con lo espesores indicado en dicha tabla.

Tabla 7: Cuadro de espesores mínimos de capas en pavimento asfálticos.

| Tráfico, ESAL's       | Carpeta asfáltica                  | Base granular |
|-----------------------|------------------------------------|---------------|
| Menos de 50 000       | 2,5 cm (o tratamiento superficial) | 10 cm         |
| 50 000 – 150 000      | 5 cm                               | 10 cm         |
| 150 001 – 500 000     | 6,5 cm                             | 10 cm         |
| 500 001 – 2 000 000   | 8 cm                               | 16 cm         |
| 2 000 001 – 7 000 000 | 9 cm                               | 16 cm         |
| Más de 7'000.000      | 10 cm                              | 16 cm         |

Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures 1993

Se hizo una estimación del tráfico en el camino las Espinas en base a las evaluaciones hechas en visitas al lugar, la cual se muestra en la tabla siguiente. El tráfico en el camino Las Espinas corresponde al segundo grupo, es decir, que no sobrepasa los 150,000 ejes equivalentes, para un periodo de diseño de 10 años.

Tabla 8: Proyección del tráfico estimado y ejes equivalentes de diseño

| Descripción/Año | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | Total   |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| N               | 4,380  | 4,380  | 4,380  | 4,380  | 4,380  | 4,380  | 4,380  | 4,380  | 4,380  | 4,380  | 4,380  | 43,800  |
| Nd              | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 131,400 |
| Fd              | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 13,140 | 131,400 |
| Fca             | 7,096  | 7,096  | 7,096  | 7,096  | 7,096  | 7,096  | 7,096  | 7,096  | 7,096  | 7,096  | 7,096  | 70,960  |
| r               |        | 1.00   | 1.03   | 1.06   | 1.09   | 1.13   | 1.16   | 1.19   | 1.23   | 1.27   | 1.30   | 11.46   |
| ESAL            |        | 7,096  | 7,308  | 7,528  | 7,754  | 7,986  | 8,226  | 8,473  | 8,727  | 8,988  | 9,258  | 81,343  |

Fuente IDOM-VNG

Visto lo anterior, a partir de lo establecido en la tabla de espesores de capas, se tomarán los siguientes espesores

- Carpeta de hormigón asfáltico caliente (HAC): 5 cm
- Base granular :10 cm
- Subbase: 20 cm

Ilustración 35: Estructura del pavimento



|                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| Capa Rodadura HAC | 2" HAC a colocar nuevo  |
| Base              | 10 Cm de base triturada |
| Subbase           | 20 Cm sub-base granular |
|                   | Subrasante              |

Fuente IDOM-VNG

El Consultor del diseño final deberá realizar la evaluación geotécnica de la subrasante a fin de determinar los parámetros de diseño de pavimento y validar el dimensionamiento de éste, para lo cual realizará calicatas, según lo estipulado en las normas del MOPC.

## 7.2.5. HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA.

### SALIDAS DE MODELOS HIDROLÓGICOS.

Se muestran a continuación los principales resultados obtenidos para los modelos de las cuencas de la Quebrada sin nombre y los Arroyos Jamao y El Aguacate para los periodos de retorno de 2, 10, 50, 100 y 200 años.

Tabla 9: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 2 años.

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Jamao    | 6.667                              | 28.7                             | 02:15          | 25.77        |
| Salida   | 6.667                              | 28.7                             | 02:15          | 25.77        |

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 10: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 10 años.

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Jamao    | 6.667                              | 47,0                             | 01:45          | 50,01        |
| Salida   | 6.667                              | 47,0                             | 01:45          | 50,01        |

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 11: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 50 años.

**MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Jamao    | 6.667                              | 78,7                             | 01:45          | 80,79        |
| Salida   | 6.667                              | 78,7                             | 01:45          | 80,79        |

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 12: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 100 años.

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Jamao    | 6.667                              | 93,9                             | 01:45          | 95,49        |
| Salida   | 6.667                              | 93,9                             | 01:45          | 95,49        |

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 13: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 200 años.

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Jamao    | 6.667                              | 110,5                            | 01:45          | 111,57       |
| Salida   | 6.667                              | 110,5                            | 01:45          | 111,57       |

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 14: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 2 años.

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Aguacate | 6,813                              | 16,3                             | 03:45          | 21,55        |
| Salida   | 6,813                              | 16,3                             | 03:45          | 21,55        |

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 15: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 10 años.

**MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Aguacate | 6,813                              | 44,7                             | 03:45          | 56,00        |
| Salida   | 6,813                              | 44,7                             | 03:45          | 56,00        |

Fuente: IDOM-VNG

**Tabla 16: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 50 años.**

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Aguacate | 6,813                              | 62,4                             | 03:15          | 85,33        |
| Salida   | 6,813                              | 62,4                             | 03:15          | 85,33        |

Fuente: IDOM-VNG

**Tabla 17: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 100 años.**

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Aguacate | 6,813                              | 82,1                             | 02:45          | 90,88        |
| Salida   | 6,813                              | 82,1                             | 02:45          | 90,88        |

Fuente: IDOM-VNG

**Tabla 18: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 200 años.**

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Aguacate | 6,813                              | 87,7                             | 02:15          | 111,13       |
| Salida   | 6,813                              | 87,7                             | 02:15          | 111,13       |

Fuente: IDOM-VNG

**Tabla 19: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 2 años.**

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Cuenca   | 3,662                              | 9,9                              | 02:15          | 17,15        |
| Salida   | 3,662                              | 9,9                              | 02:15          | 17,15        |

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 20: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 10 años.

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Cuenca   | 3,662                              | 28,6                             | 02:15          | 46,27        |
| Salida   | 3,662                              | 28,6                             | 02:15          | 46,27        |

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 21: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 50 años.

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Cuenca   | 3,662                              | 33,0                             | 01:45          | 64,60        |
| Salida   | 3,662                              | 33,0                             | 01:45          | 64,60        |

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 22: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 100 años.

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Cuenca   | 3,662                              | 40,5                             | 01:45          | 77,95        |
| Salida   | 3,662                              | 40,5                             | 01:45          | 77,95        |

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 23: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 200 años.

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Cuenca   | 3,662                              | 48,9                             | 01:45          | 92,73        |
| Salida   | 3,662                              | 48,9                             | 01:45          | 92,73        |

Fuente: IDOM-VNG

Para las 10 microcuencas restantes que drenan hacia los demás puntos bajos del Camino a Las Espinas se usará este método y determinará la sección de alcantarilla necesaria para desaguar el caudal resultante.

Las microcuencas poseen áreas variables entre 4,83 y 54,08 Ha. Considerando que la más pequeña representará el menor caudal y la más grande representará el caudal más desfavorable, se muestran a continuación los datos y resultados obtenidos de caudales para distintos Tr.

Tabla 24: Datos y resultado de caudal mínimo y máximo por el Método Racional.

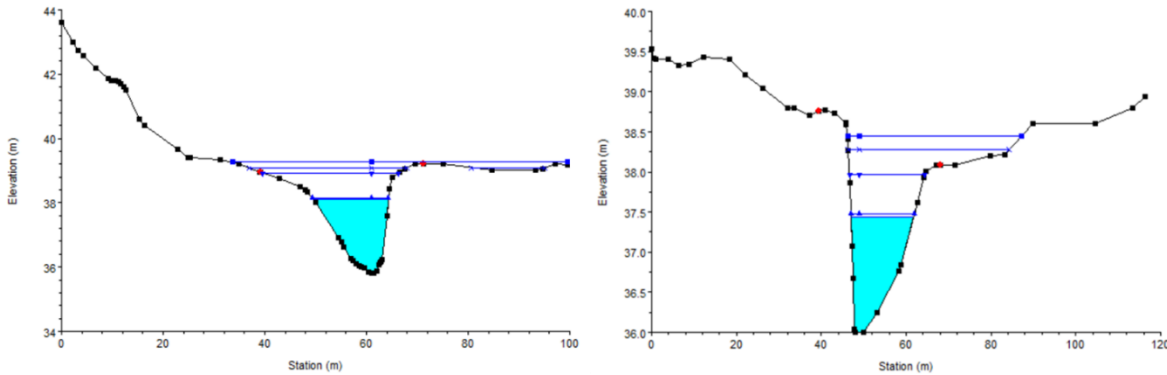
| TR (años)         | C*   | ΔH (m) | Long (m) | Tc (min) | I (mm/h) | Área (km <sup>2</sup> ) | Q (m <sup>3</sup> /s) |
|-------------------|------|--------|----------|----------|----------|-------------------------|-----------------------|
| Microcuenca Menor |      |        |          |          |          |                         |                       |
| 2                 | 0,75 | 5      | 331      | 8        | 110,99   | 0,04826                 | 1,12                  |
| 5                 | 0,75 | 5      | 331      | 8        | 151,88   | 0,04826                 | 1,53                  |
| 10                | 0,75 | 5      | 331      | 8        | 177,29   | 0,04826                 | 1,78                  |
| 25                | 0,75 | 5      | 331      | 8        | 212,05   | 0,04826                 | 2,13                  |
| Microcuenca Mayor |      |        |          |          |          |                         |                       |
| 2                 | 0,52 | 30     | 1255     | 20       | 100,3    | 0,54086                 | 7,84                  |
| 5                 | 0,52 | 30     | 1255     | 20       | 137,2    | 0,54086                 | 10,72                 |
| 10                | 0,52 | 30     | 1255     | 20       | 160,2    | 0,54086                 | 12,52                 |
| 25                | 0,52 | 30     | 1255     | 20       | 191,6    | 0,54086                 | 14,97                 |

Fuente: IDOM-VNG

## SALIDAS DE MODELOS HIDRÁULICOS

A continuación, se muestran los calados máximos del agua dentro del cauce para los 3 puntos de estudio, bajo las modelaciones de Tr2, 10, 50, 100 y 200 años para los modelos hidráulicos desarrollados para los Arroyos Jamao y Aguacate, así como la Quebrada sin nombre.

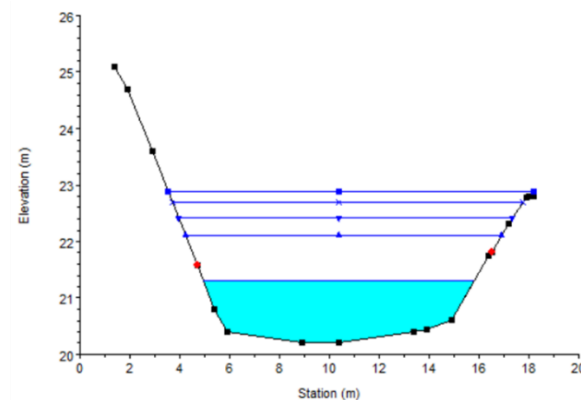
Ilustración 36: Calados máximos del Arroyo Jamao. Secciones Aguas Arriba (izq) y Aguas Abajo (der) del paso a nivel del camino - Actual. Periodo de retorno 2 años



Fuente: IDOM-VNG

Las imágenes muestran que el cauce del Arroyo Jamao tiene capacidad para soportar hasta un Tr50 sin generar desbordamientos, pero aquellos generados para los Tr100 y 200 no afectan viviendas, sino únicamente las secciones del camino que se nivelan con el cauce y algunas áreas de terreno de pastoreo.

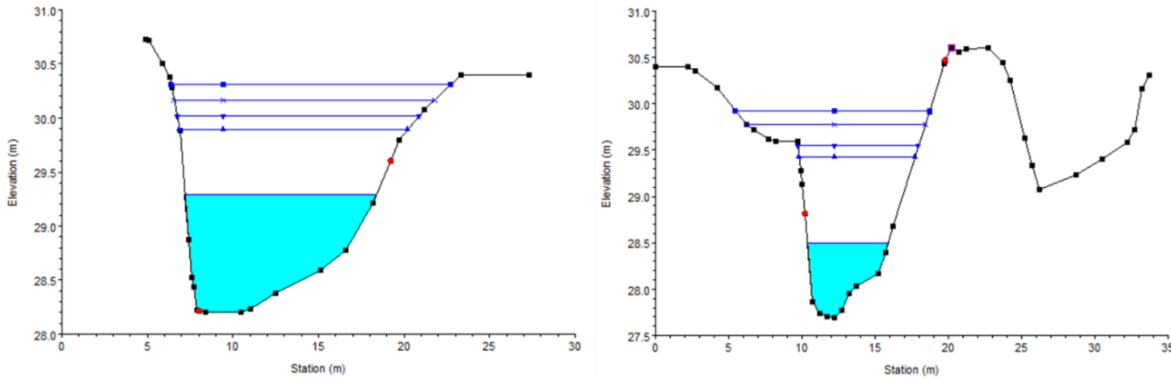
Ilustración 37: Calados máximos del Arroyo El Aguacate. Sección central del paso - Actual. Periodo de retorno 2 años



Fuente: IDOM-VNG

Para el caso del Arroyo El Aguacate, se percibe que el cauce tiene capacidad suficiente para soportar todos los caudales desde el Tr2 hasta el Tr200 sin generar desbordamientos adicionales a la secciones del camino que baja su cota hasta el mismo cauce.

Ilustración 38: Calados máximos de la Quebrada sin nombre. Secciones Aguas Arriba (izq) y Aguas Abajo (der) del paso a nivel del camino - Actual. Periodos de retorno 2, 10, 50, 100 y 200 años



Fuente: IDOM-VNG

Por su parte, la Quebrada sin nombre también tiene capacidad para conducir todos los Tr analizados, generando algún desborde menor sobre el camino ya que este desciende hasta la cota del cauce, pero no generan desbordamientos más allá de estas áreas.

Tabla 25: Cotas máximas del agua en cada sitio de estudio para distintos periodos de retorno

| Tr (años) | Lámina agua (msmn) |                    |                     |
|-----------|--------------------|--------------------|---------------------|
|           | Arroyo Jamao       | Arroyo El Aguacate | Quebrada sin nombre |
| 50        | 38.75              | 22.49              | 30.13               |
| 100       | 38.87              | 22.84              | 30.29               |
| 200       | 39.19              | 23.03              | 30.46               |

Fuente: IDOM-VNG

Se percibe que, para el puente sobre el arroyo Jamao, se produce un pequeño salto de 12 cm entre las cotas de agua para lluvias de Tr50 y las de Tr100, mientras que la diferencia posterior para un Tr200 es de 32 cm. En el puente sobre el arroyo El Aguacate, se tiene un salto de 24 cm entre el Tr50 y el Tr100 y otro de 19 cm para el Tr200. Por último, en el puente sobre la quebrada sin nombre se observan saltos de 16 y 17 cm entre los Tr50, Tr100 y el Tr200.

En relación a los demás puntos bajos se determina mediante la fórmula de Manning que, considerando los caudales mínimos y máximos obtenidos para la menor y mayor microcuenca drenante al camino a Las Espinas, las diferentes alcantarillas variarán entre tuberías de 1 metro de diámetro hasta cajones rectangulares (base 3.5m x altura 1m); esto tomando como base para los cálculos valores de pendientes de 1%. Durante la fase de diseño constructivo, se deberán determinar las dimensiones específicas de las diferentes alcantarillas en cada punto bajo del camino.

## 7.2.6. AMBIENTALES

**Proceso de aprobaciones ambientales dentro del diseño conceptual.** El diseño conceptual genera parte de la información requerida por el Ministerio de Medio Ambiente, en su Formulario de Registro para Autorización Ambiental de Proyecto, Obra o Actividad, con el que se inicia la solicitud de las autorizaciones ambientales que tienen que ser emitidas previo a la construcción del proyecto.

En función a lo anterior, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana ha asignado a este subproyecto de infraestructura la Categoría A, acorde a lo que dicta el “Compendio de Reglamentos y Procedimientos para Autorizaciones Ambientales de la República Dominicana” y ha remitido al MOPC los Términos de Referencia para la realización de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) que le permita a la concesión de una Licencia Ambiental para su aprobación. Dicho EIA será llevado a cabo a treves de la contratación de una consultoría especializada.

Se ha realizado la comprobación de que el ámbito de este proyecto no está incluido en ninguna de las áreas que integran el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, formado por las Áreas de protección estricta, los Parques Nacionales, los Monumentos Naturales, las Áreas de manejo de hábitat/especies, las Reservas Naturales y los Paisajes Protegidos (según se enumeran en las Leyes 121-03, 202-04, 174-09, 313-14 y 519-14 y Decretos 571-09, 249-11, 371-11, 654-11, 40-15, 90-16 y 266-16). Asimismo, se ha verificado que en los Términos de Referencia guía para la evaluación ambiental del proyecto, elaborados por el Departamento de Gestión Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, no se hace mención a ninguna posible afección del proyecto a áreas protegidas que deba ser objeto de estudio o evaluación

## 7.2.7. CENTROS DE PRODUCCIÓN

El proyecto no presenta dificultades en cuanto a los centros de producción, ya que están relativamente cercanos al sitio de obra.

Planta de producción de hormigón: ubicada Puerto Plata, así como planta de agregados.

Productos terminados, acero, materiales ferreteros, disponibles en el comercio de Gaspar Hernández, y Río San Juan.

## 7.2.8. ADQUISICIONES

Dada la naturaleza del subproyecto y ser la rehabilitación de un camino existente, el trazo geométrico se mantiene conforme al original en la mayoría de trayecto, reduciendo las posibilidades de adquisiciones y dando como resultado las necesarias por el ensanchamiento de la calzada que mejoren la seguridad vial; también se analizaron alternativas para el emplazamiento de los puentes resultando las presentadas como las de mejor solución a las problemáticas existentes por razones hidrológicas, hidráulicas, geométricas y económicas.



Aunque los terrenos a usar por el proyecto (aproximadamente 19,050 m<sup>2</sup>) sean de dominio privado, el estado por referirse a derechos de vía según la Ley 684-1965, así como cauces y riberas de ríos según Ley 64-00 tiene la potestad de reclamar el uso de los mismos; además en ciertos casos se identifican algunas cercas que invaden el derecho de vía.

Por esto se debe realizar un proceso formal para legalizar la transferencia que debe realizarse para la ejecución de este subproyecto. Se ha formulado un Plan de Adquisición de Inmuebles (PAI), que se presenta en anexo a este documento porque será necesario realizar la compensación por construcción de verja o alambradas en los casos que lo amerite.

### 7.3. DISEÑO BASADO EN RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO

El diseño basado en riesgo trata de optimizar el diseño de la infraestructura contabilizando el coste inicial necesario para construirla y el coste del riesgo durante toda la vida útil de ésta. La idea del diseño basado en riesgo es que a mayor inversión menos daños tendrá la infraestructura durante su vida útil y también menor riesgo de colapso, sin embargo, una infraestructura sobredimensionada podría no compensar el incremento de inversión con la reducción del coste del riesgo, por tanto, es necesario analizar las dos componentes que definen el coste de la infraestructura: Coste de inversión (Ci) y Coste del riesgo (Cr) para poder determinar la solución de diseño óptima.

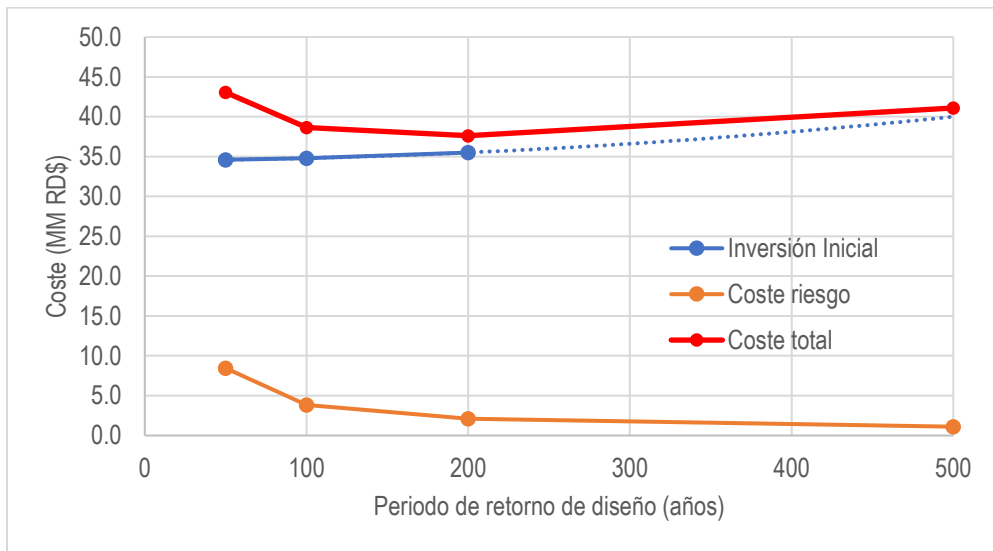
En el Anexo 8.1.9 del presente documento se detallan los análisis llevados a cabo para determinar la vulnerabilidad de las estructuras, la Pérdida Anual Esperada y el Coste del Riesgo durante la vida útil de las infraestructuras, fijada en 75 años. Se muestran también los costes de construcción de cada una de las alternativas de diseño obteniéndose los siguientes gráficos, donde la línea azul representa el coste de construcción de cada periodo de retorno de diseño, la línea naranja representa el coste del riesgo y el coste total como suma de ambas componentes en rojo.

La suma de la inversión necesaria para construir la infraestructura y los costes del riesgo esperados durante su vida útil arrojan que, para el diseño de los **Puentes sobre el Arroyo Jamao y la Quebrada sin nombre**, las alternativas con menor coste total asociado es la diseñada para una avenida de **200 años** de periodo de retorno.

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Gráfico 1. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño.

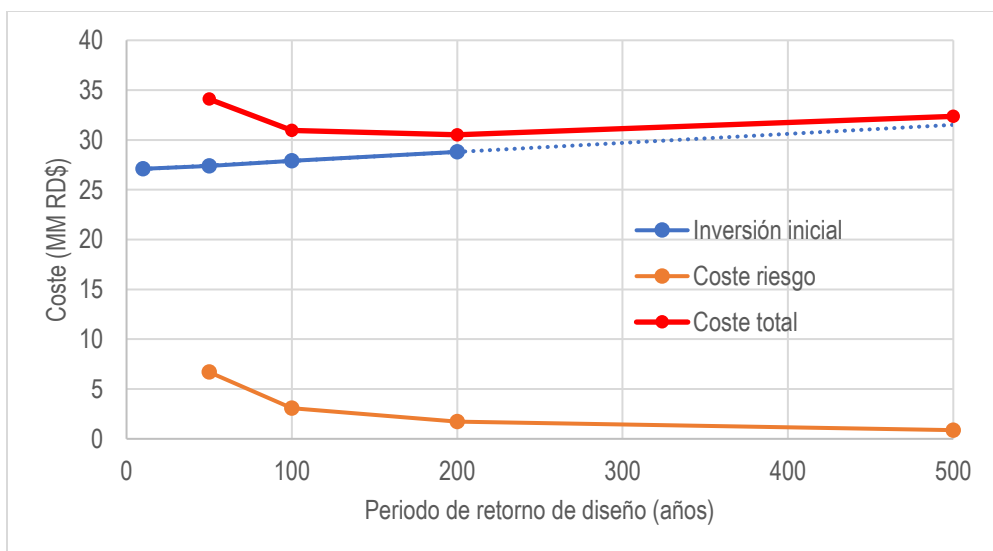
Puente Arroyo Jamao



Fuente: IDOM-VNG

Gráfico 2. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño.

Puente Quebrada sin nombre



Fuente: IDOM-VNG

Es importante mencionar que en el caso del puente sobre el Arroyo El Aguacate, no es necesario realizar este análisis ya que la modificación del trazado de la vialidad y el encuadre geométrico del puente hace que su altura de diseño se base en el balance de movimientos de tierra (corte vs relleno) necesario para nivelar los accesos del puente; resultando en una altura más que suficiente para superar las cotas de agua de todos los períodos de retorno analizados más el borde libre de seguridad.

#### 7.4. ESTUDIO COSTO/BENEFICIO

El Anexo A del Contrato de financiación entre la República Dominicana y el Banco Europeo de Inversiones en el que se enmarca este subproyecto, establece que la rentabilidad debe ser superior al 10% considerando los flujos de tráfico reales y previstos, excepto en carreteras y puentes que sean la única vía de conexión, como es el caso de esta infraestructura. Por lo que no se ha llevado a cabo dicho análisis al no ser un elemento decisor, aun siendo previsiblemente rentable.

#### 7.5. ESTUDIOS ECONÓMICOS

Como se indicó anteriormente, se realizaron estudios económicos de la rehabilitación del camino y de las diferentes alternativas evaluadas, el resumen de los costos asociados a la opción seleccionada y mostrada en este informe, se muestra a continuación.

Tabla 26: Resumen de costos de rehabilitación del camino Las Espinas y de construcción de los 3 puentes.

CONFIDENCIAL

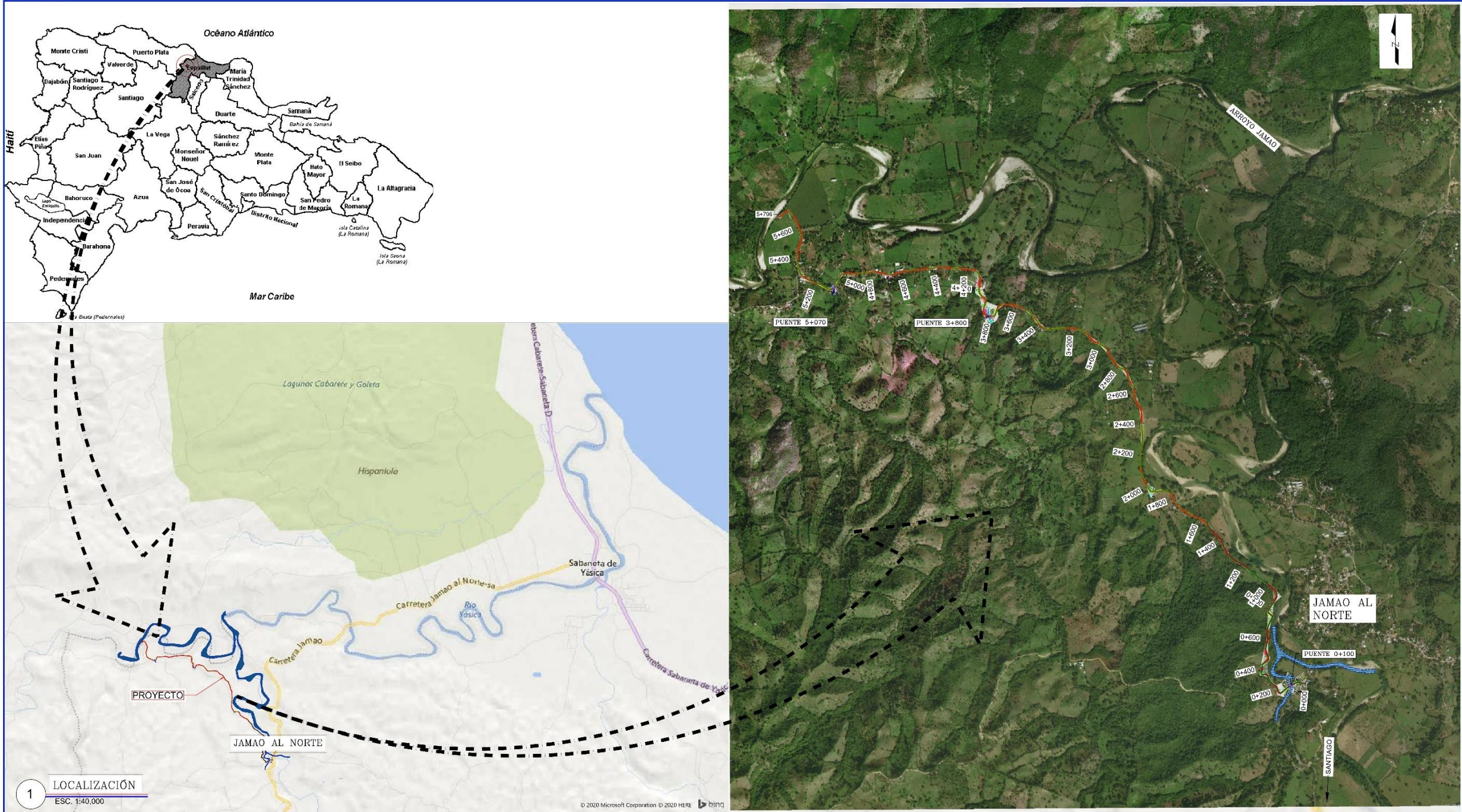
Fuente: IDOM-VNG

#### 7.6. PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL

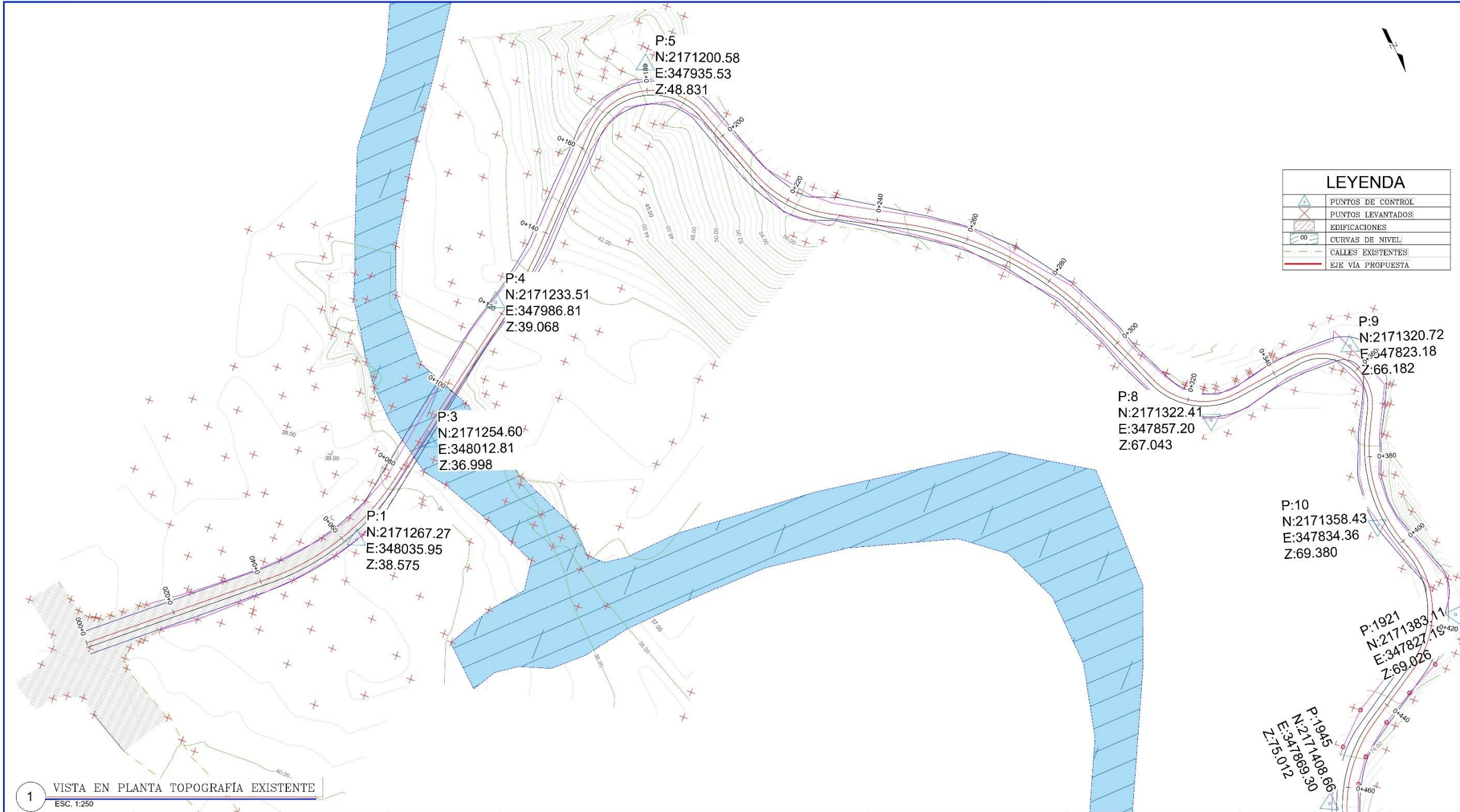
Los planos elaborados para el diseño conceptual son los siguientes, los mismos incluyen:

Planos del camino Las Espinas

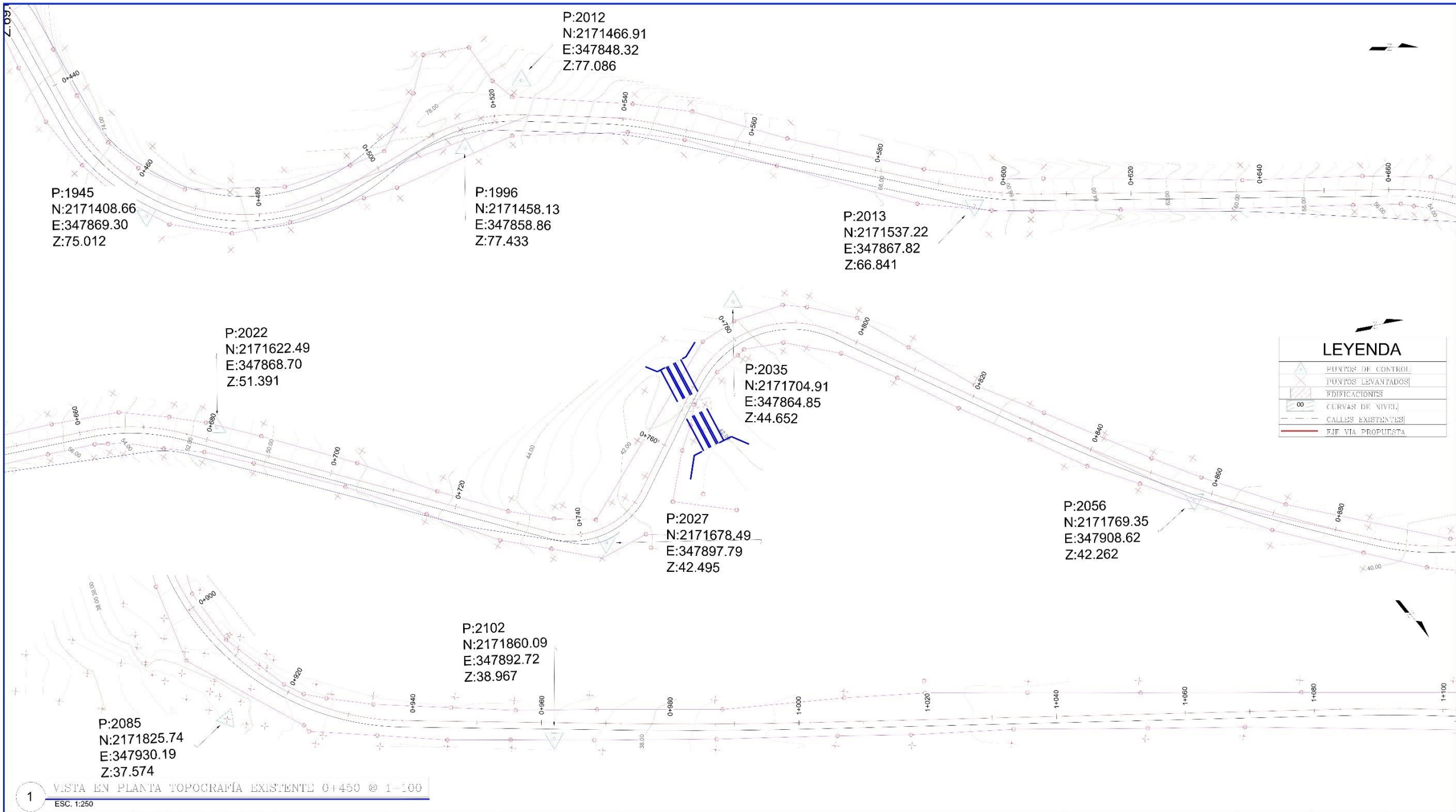
Planos de los nuevos puentes en el camino Las Espinas



|  |   |   |                   |                     |                    |                   |
|--|---|---|-------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  | Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | UBICACIÓN         | DOCUMENTO<br>No. 01 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL | VERSIÓN No.02       |                    |                   |



|  |   |   |                                       |                     |                    |                   |
|--|---|---|---------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  | Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | TOPOGRAFÍA EXISTENTE<br>0+000 @ 0+450 | DOCUMENTO<br>No. 02 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL                     | VERSIÓN No.01       |                    |                   |



1 VISTA EN PLANTA TOPOGRAFÍA EXISTENTE 0+450 @ 1-100  
ESC. 1:250



Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático

Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)  
REPÚBLICA DOMINICANA

TOPOGRAFÍA EXISTENTE  
0+450 @ 1+100

DOCUMENTO  
No. 03

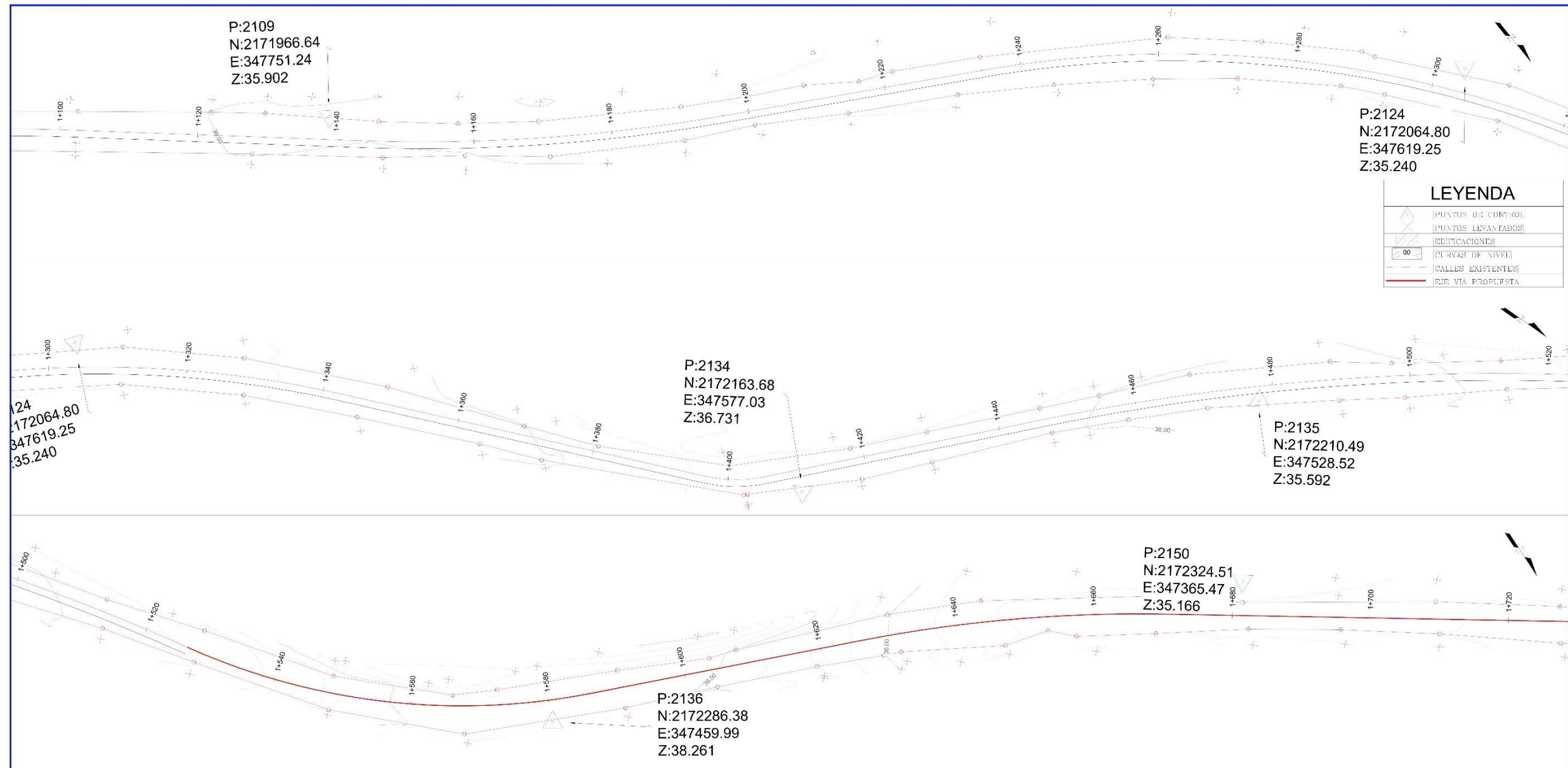
APROBACIÓN  
MOPC

APROBACIÓN  
ATI

CAMINO LAS ESPINAS

DISEÑO CONCEPTUAL

VERSIÓN No.01



1 VISTA EN PLANTA TOPOGRAFÍA EXISTENTE 1+100 @ 1-700  
ESC. 1:250



Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático

Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)  
REPÚBLICA DOMINICANA

TOPOGRAFÍA EXISTENTE  
1+100 @ 1+700

DOCUMENTO  
No. 04

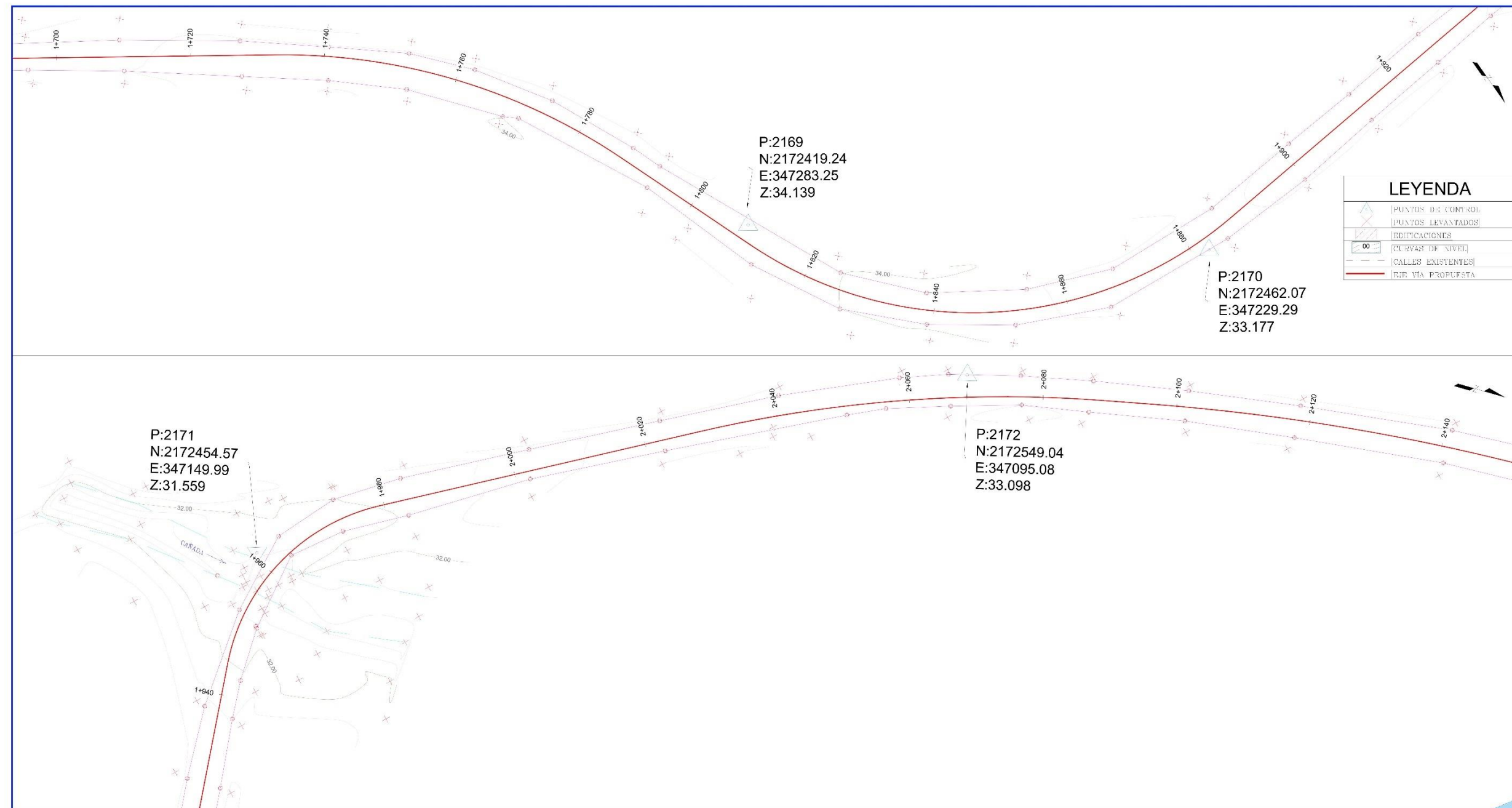
APROBACIÓN  
MOPC

APROBACIÓN  
ATI

CAMINO LAS ESPINAS

DISEÑO CONCEPTUAL

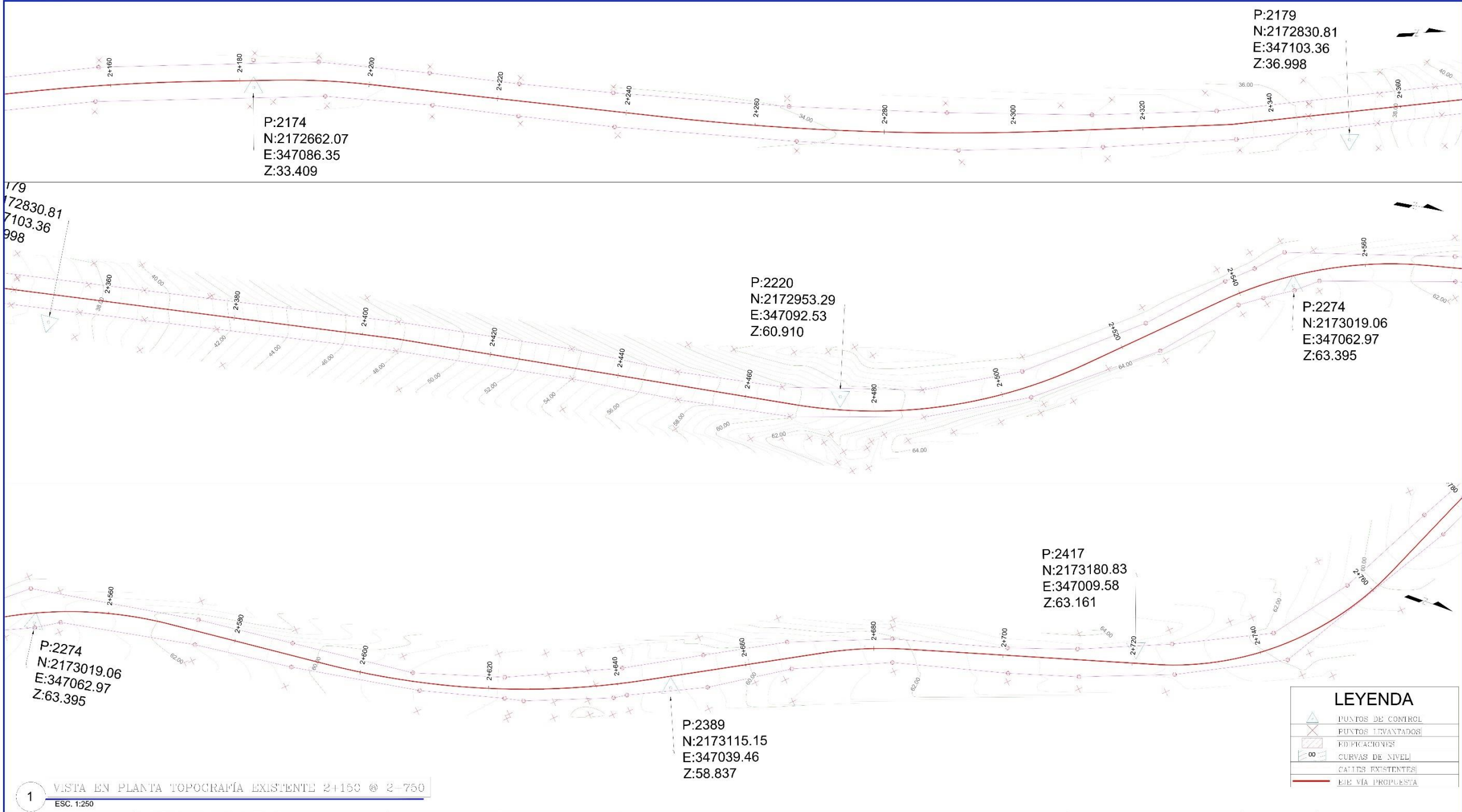
VERSIÓN No.01



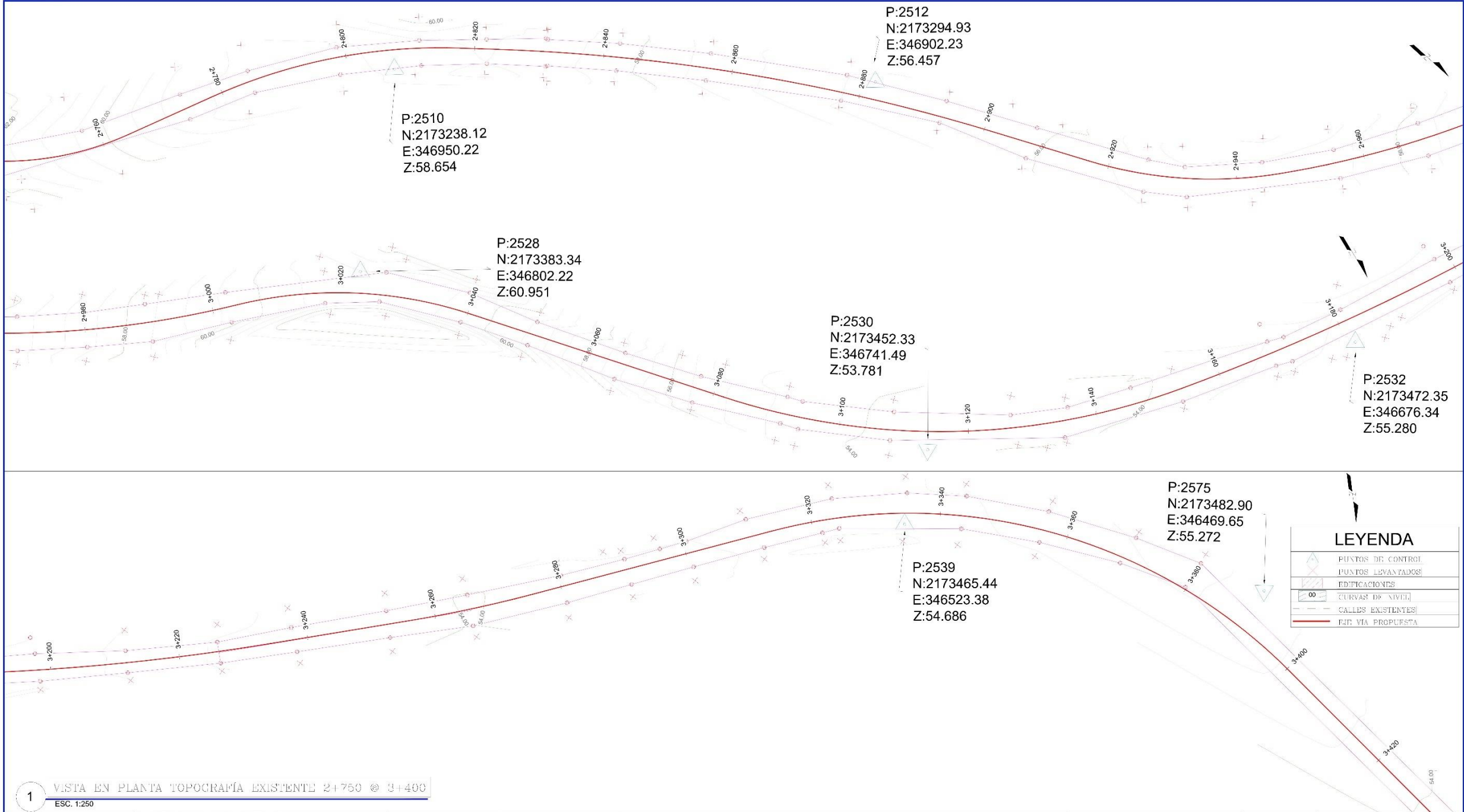
1 VISTA EN PLANTA TOPOGRAFÍA EXISTENTE 1+700 @ 2-150  
ESC. 1:250

|  |   |   |                                       |                     |                    |                   |
|--|---|---|---------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  | Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | TOPOGRAFÍA EXISTENTE<br>1+700 @ 2+150 | DOCUMENTO<br>No. 05 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL                     | VERSIÓN No.01       |                    |                   |

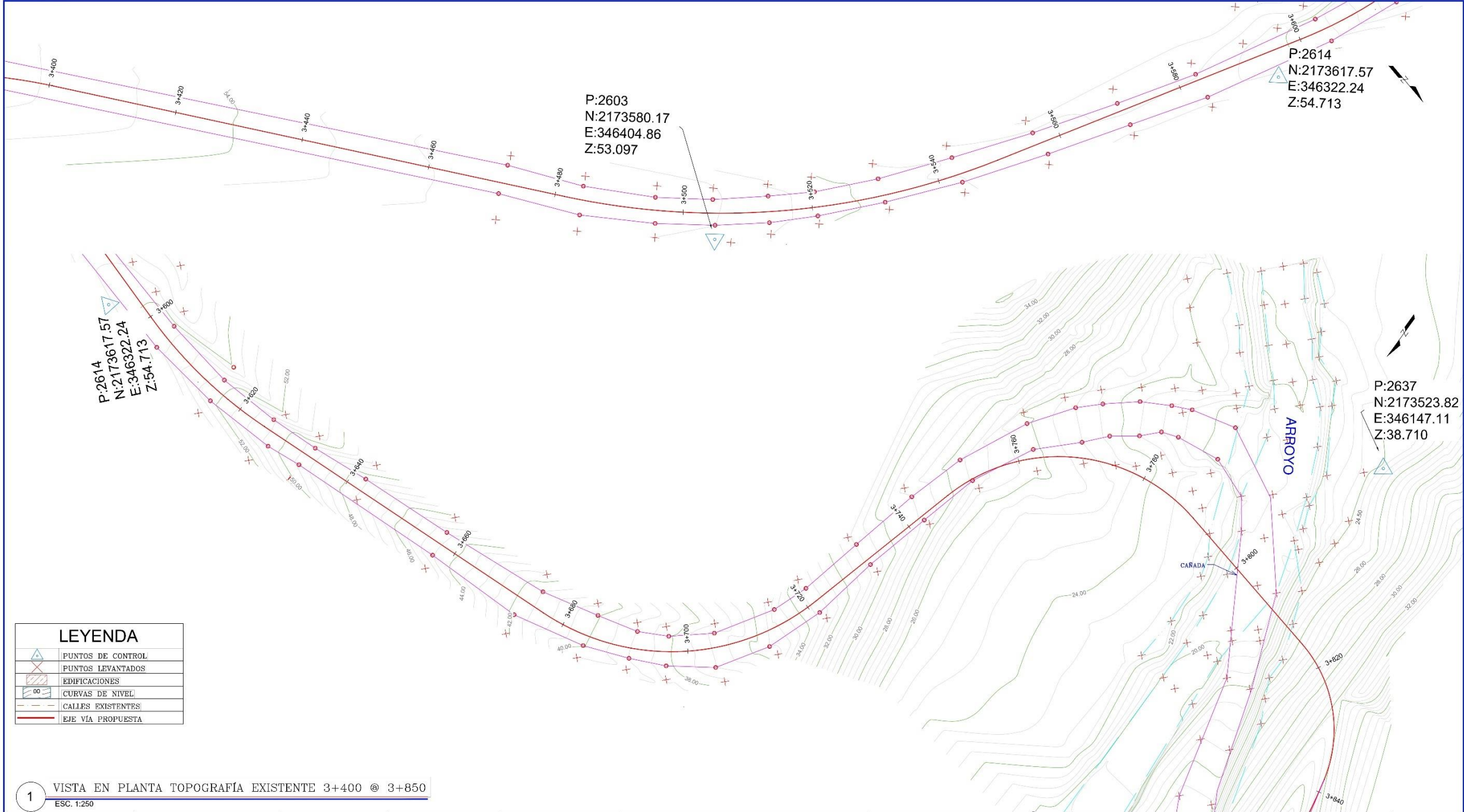




|  |   |   |                                       |                     |                    |                   |
|--|---|---|---------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  | Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | TOPOGRAFÍA EXISTENTE<br>2+150 @ 2+750 | DOCUMENTO<br>No. 06 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL                     | VERSIÓN No.01       |                    |                   |



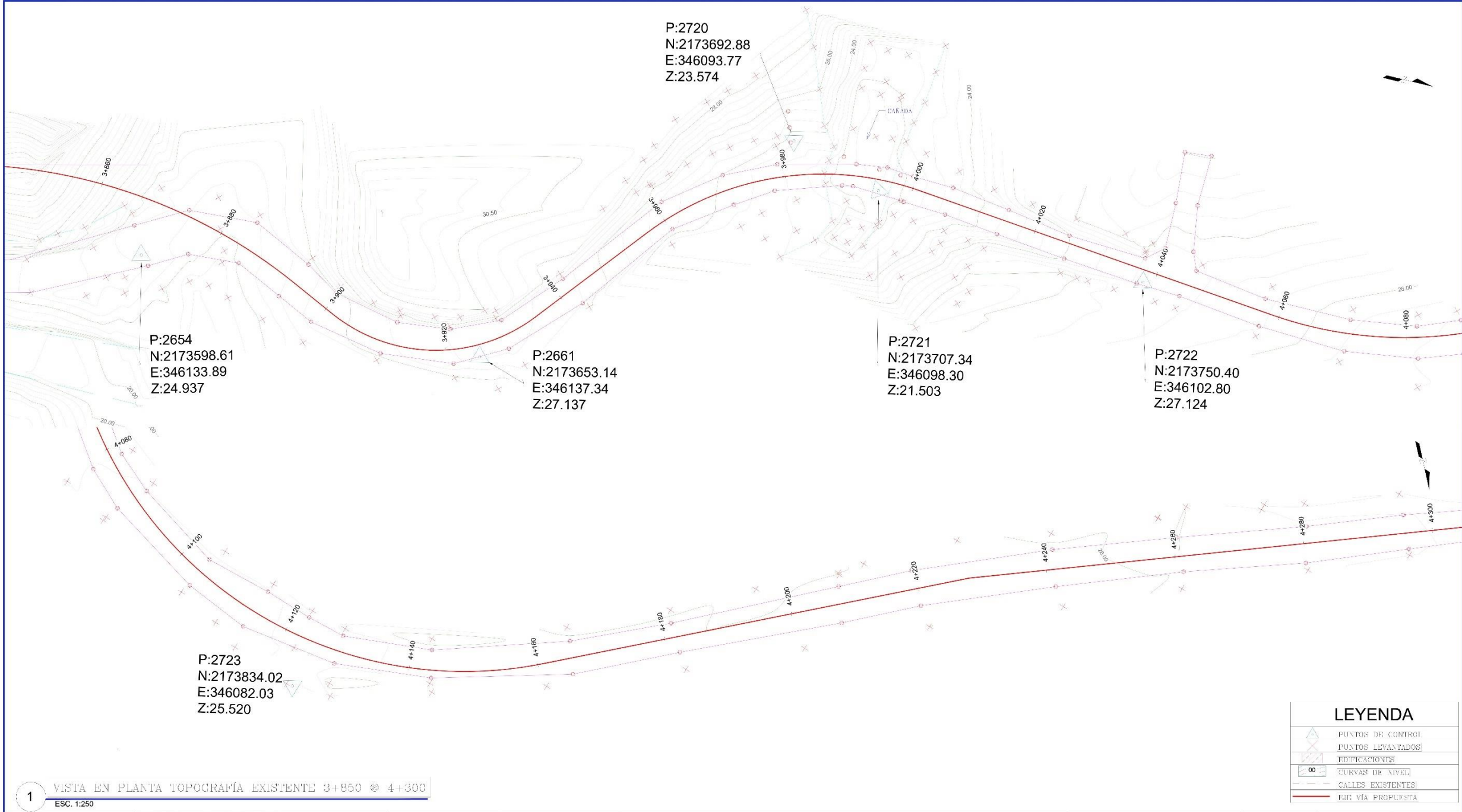
|  |   |   |                                       |                     |                    |                   |
|--|---|---|---------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  | Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | TOPOGRAFÍA EXISTENTE<br>2+750 @ 3+400 | DOCUMENTO<br>No. 07 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL                     | VERSIÓN No.01       |                    |                   |



| LEYENDA |                   |
|---------|-------------------|
|         | PUNTOS DE CONTROL |
|         | PUNTOS LEVANTADOS |
|         | EDIFICACIONES     |
|         | CURVAS DE NIVEL   |
|         | CALLES EXISTENTES |
|         | EJE VÍA PROPUESTA |

1 VISTA EN PLANTA TOPOGRAFÍA EXISTENTE 3+400 @ 3+850  
ESC. 1:250

|  |  |  |  |  |   |   |                                       |                     |                    |                   |
|--|--|--|--|--|---|---|---------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  |  |  |  |  | Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | TOPOGRAFÍA EXISTENTE<br>3+400 @ 3+850 | DOCUMENTO<br>No. 08 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |  |  |  |  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL                     | VERSIÓN No.01       |                    |                   |



1 VISTA EN PLANTA TOPOGRAFÍA EXISTENTE 3+850 @ 4+300  
ESC. 1:250



Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático

Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)  
REPÚBLICA DOMINICANA

TOPOGRAFÍA EXISTENTE  
3+850 @ 4+300

DOCUMENTO  
No. 09

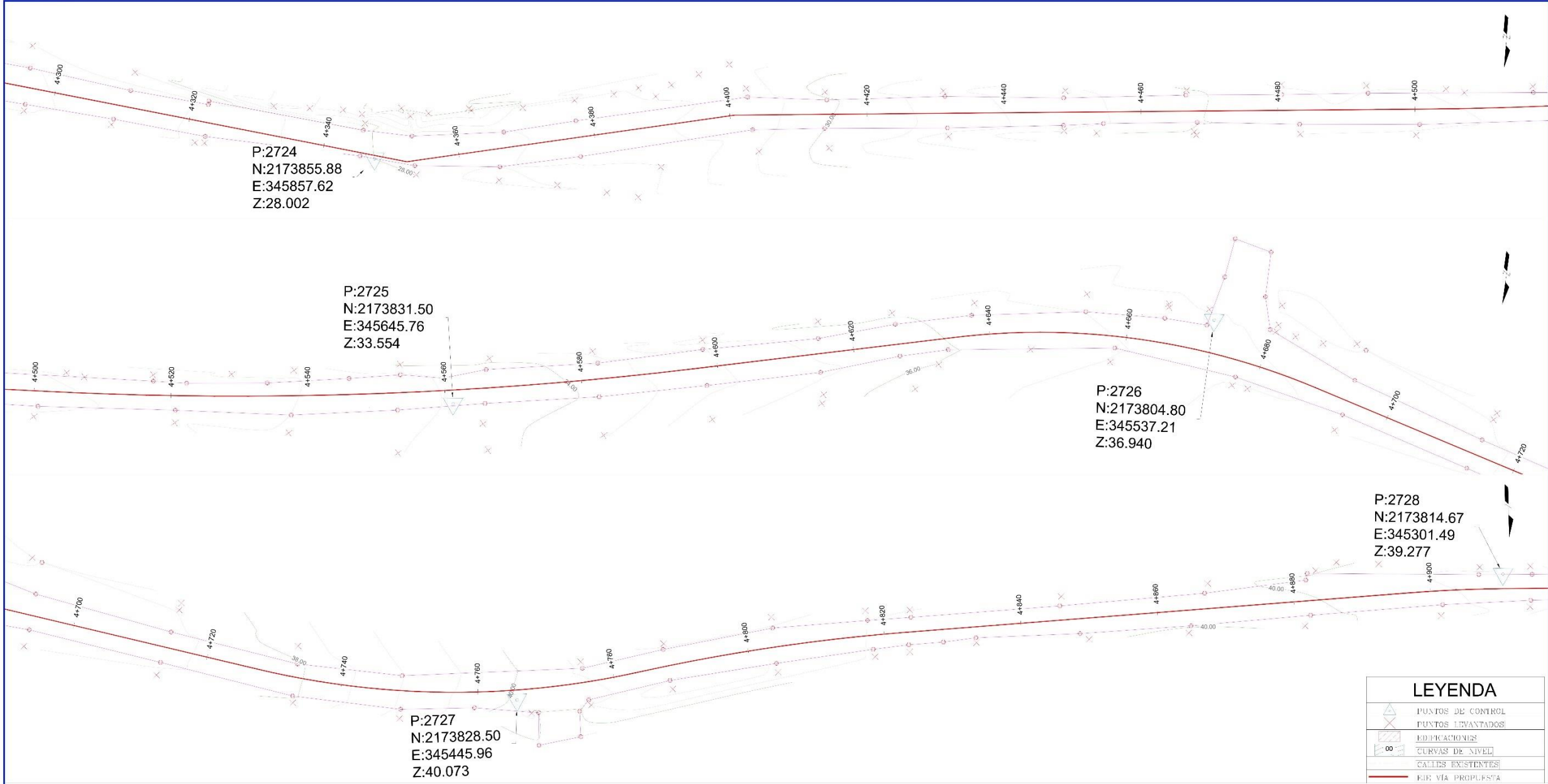
APROBACIÓN  
MOPC

APROBACIÓN  
ATI

CAMINO LAS ESPINAS

DISEÑO CONCEPTUAL

VERSIÓN No.01



1 VISTA EN PLANTA TOPOGRAFÍA EXISTENTE 4+300 @ 4+900  
ESC. 1:250



Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático

Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)  
REPÚBLICA DOMINICANA

TOPOGRAFÍA EXISTENTE  
4+300 @ 4+900

DOCUMENTO  
No. 10

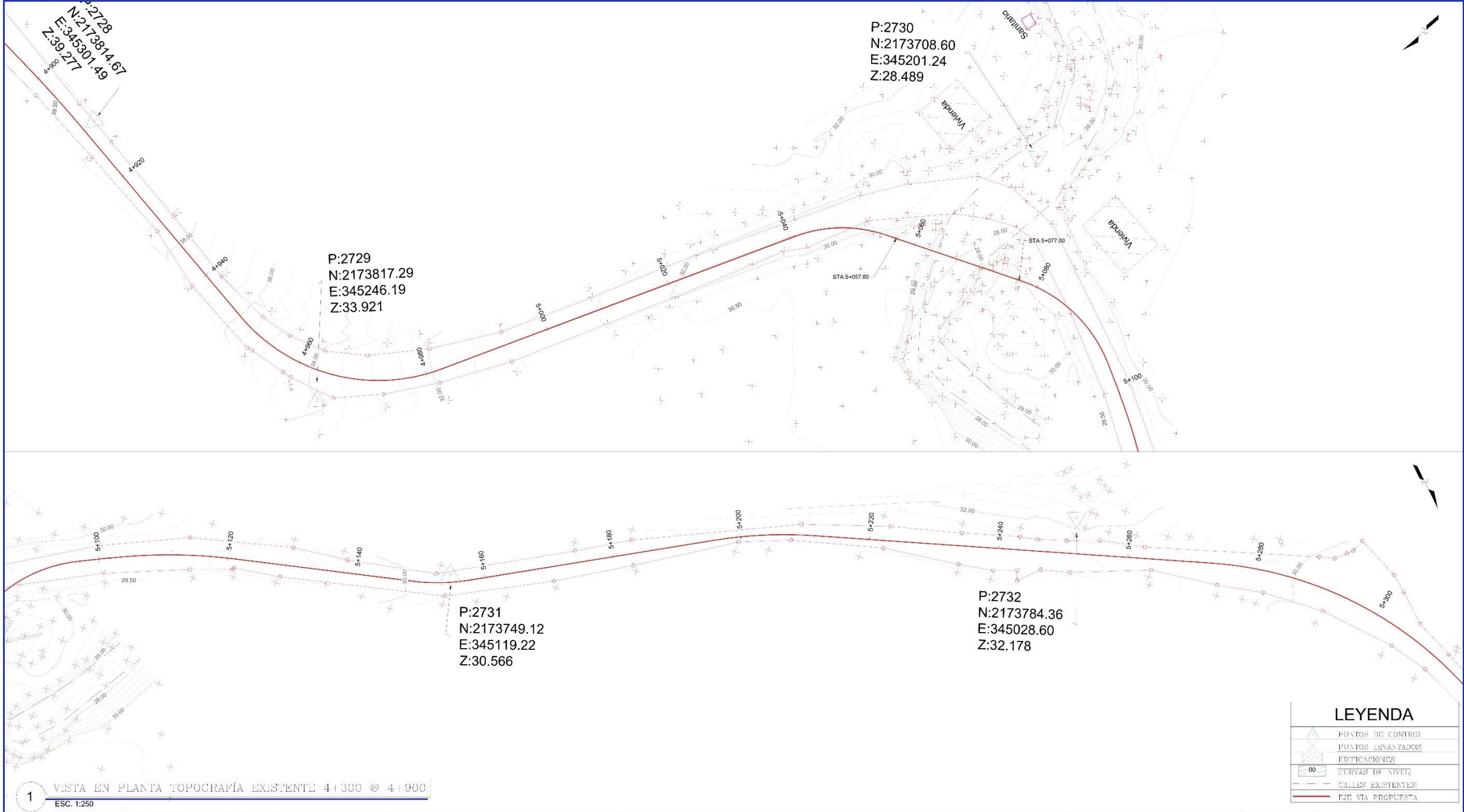
APROBACIÓN  
MOPC

APROBACIÓN  
ATI

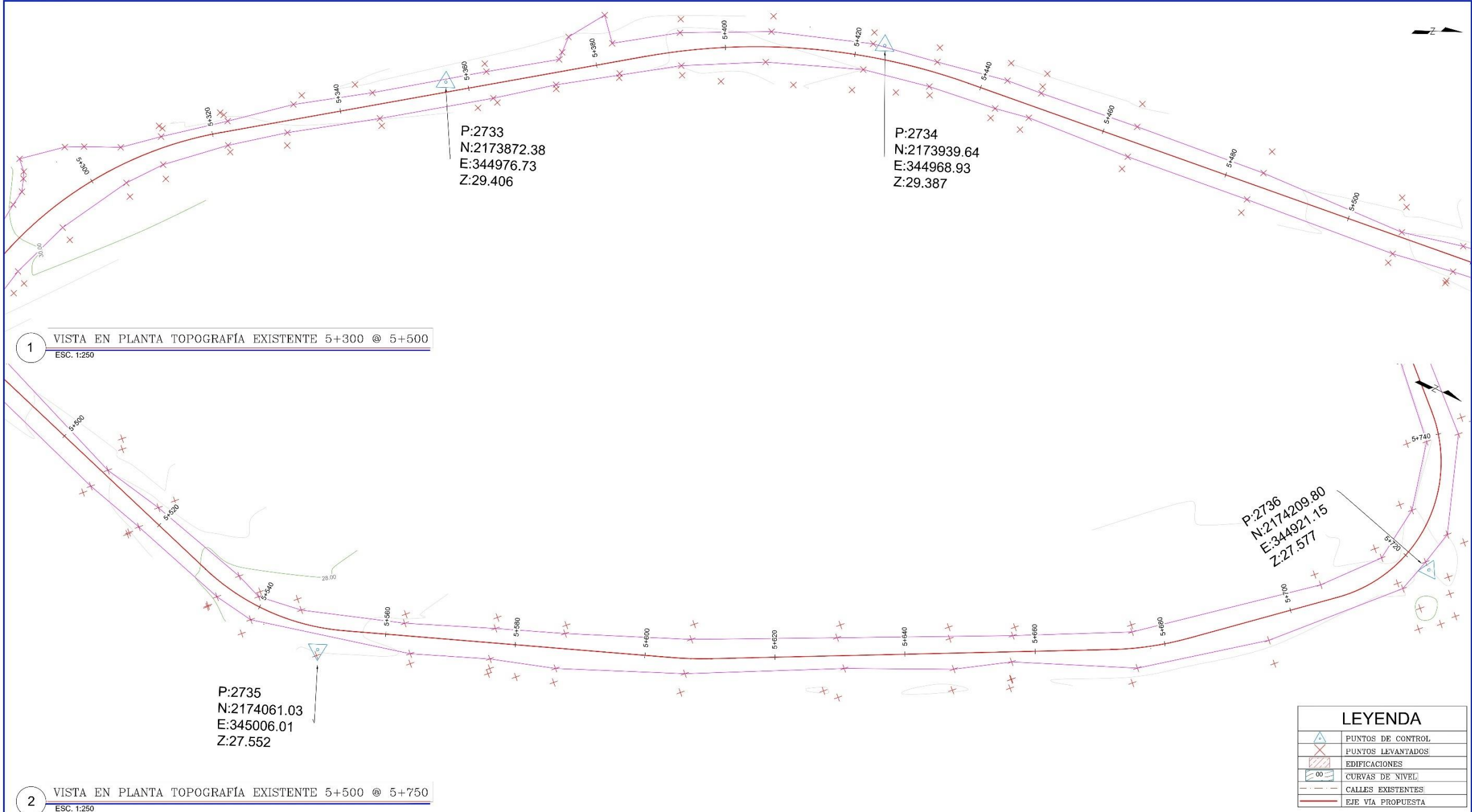
CAMINO LAS ESPINAS

DISEÑO CONCEPTUAL

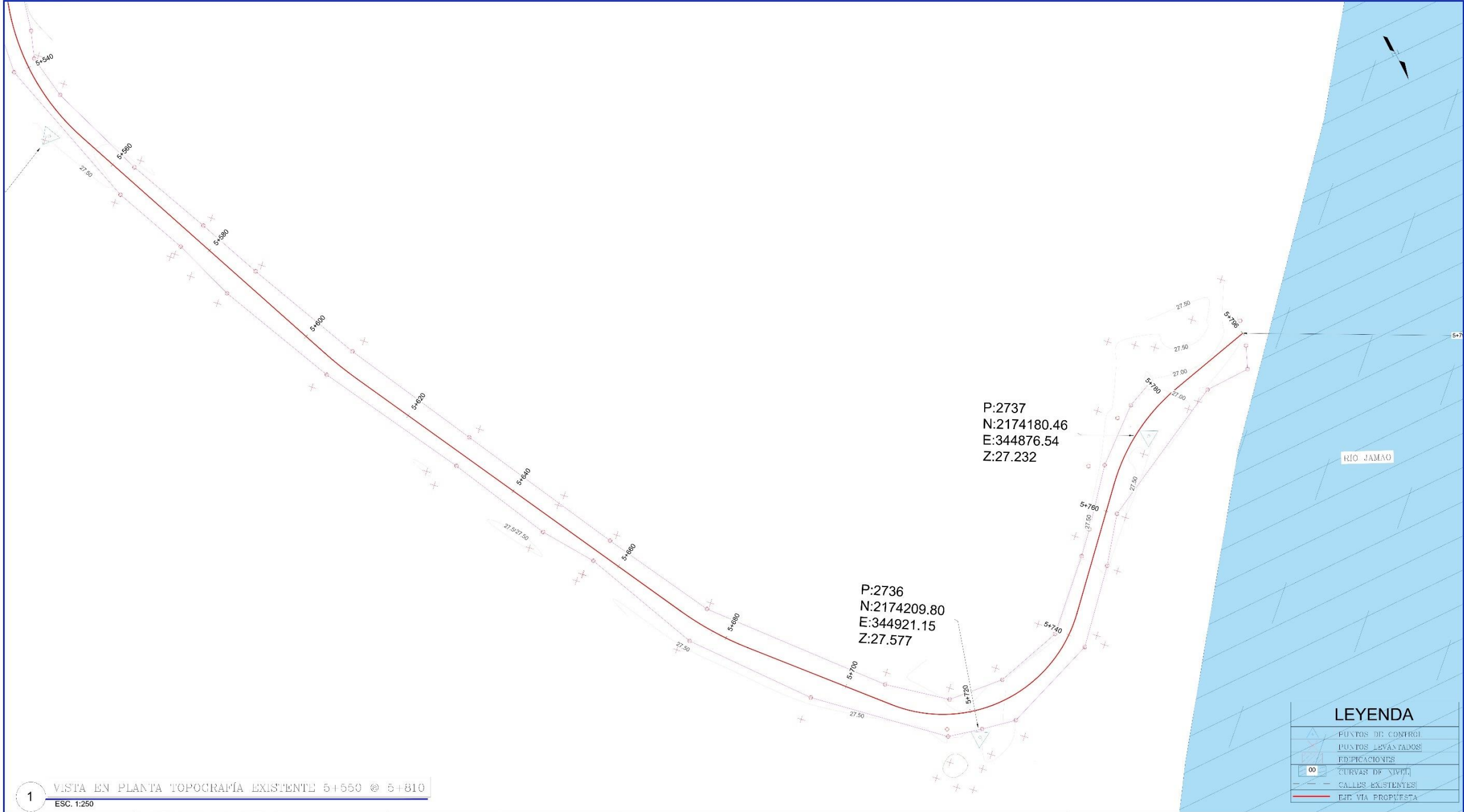
VERSIÓN No.01



|  |   |   |                                       |                     |                    |                   |
|--|---|---|---------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  | Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | TOPOGRAFÍA EXISTENTE<br>4+900 @ 5+300 | DOCUMENTO<br>No. 11 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL                     | VERSIÓN No.02       |                    |                   |

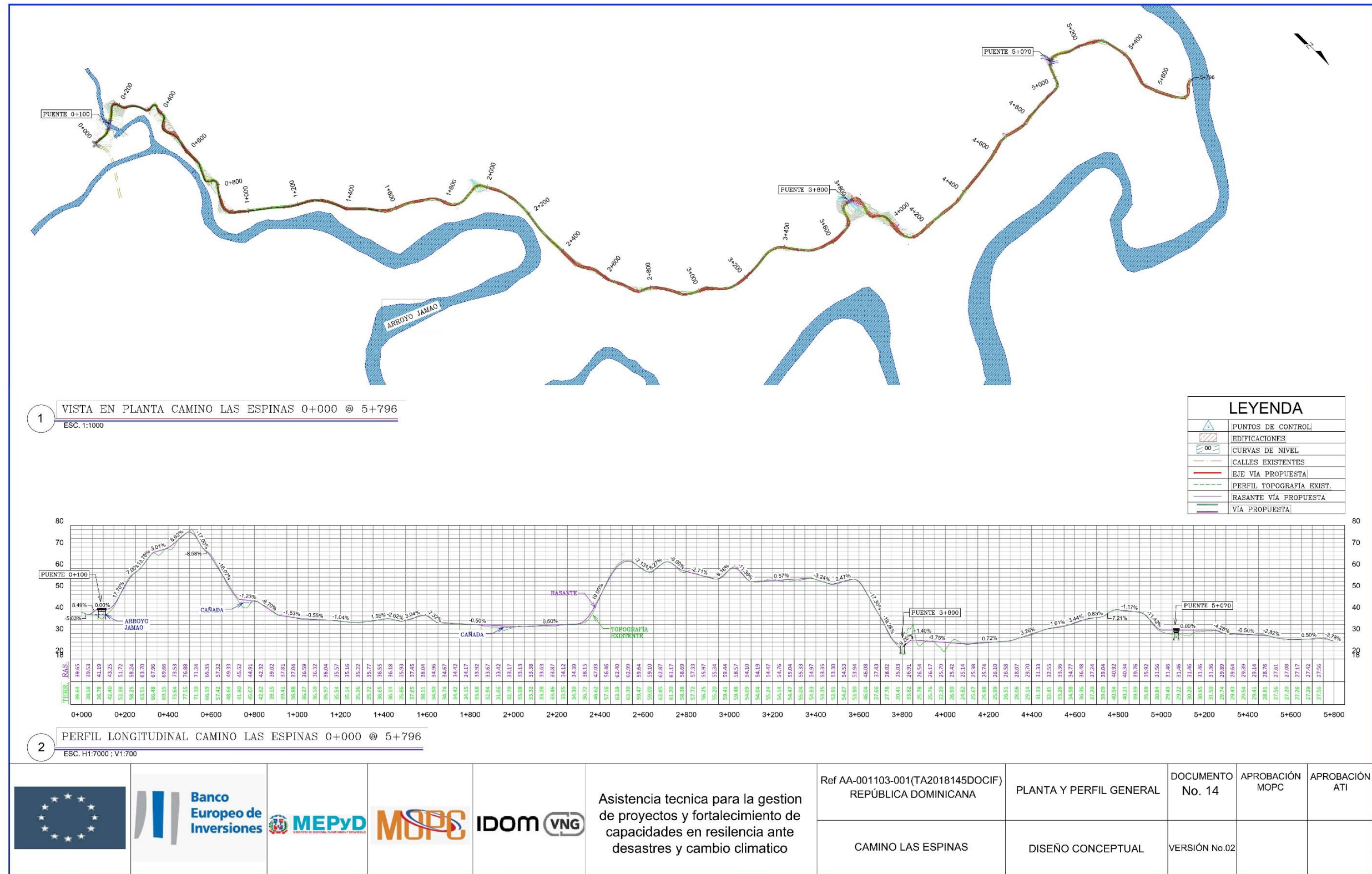


|  |   |   |                                       |                     |                    |                   |
|--|---|---|---------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  | Asistencia tecnica para la gestion de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climatico | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | TOPOGRAFÍA EXISTENTE<br>5+300 @ 5+750 | DOCUMENTO<br>No. 12 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL                     | VERSIÓN No.01       |                    |                   |

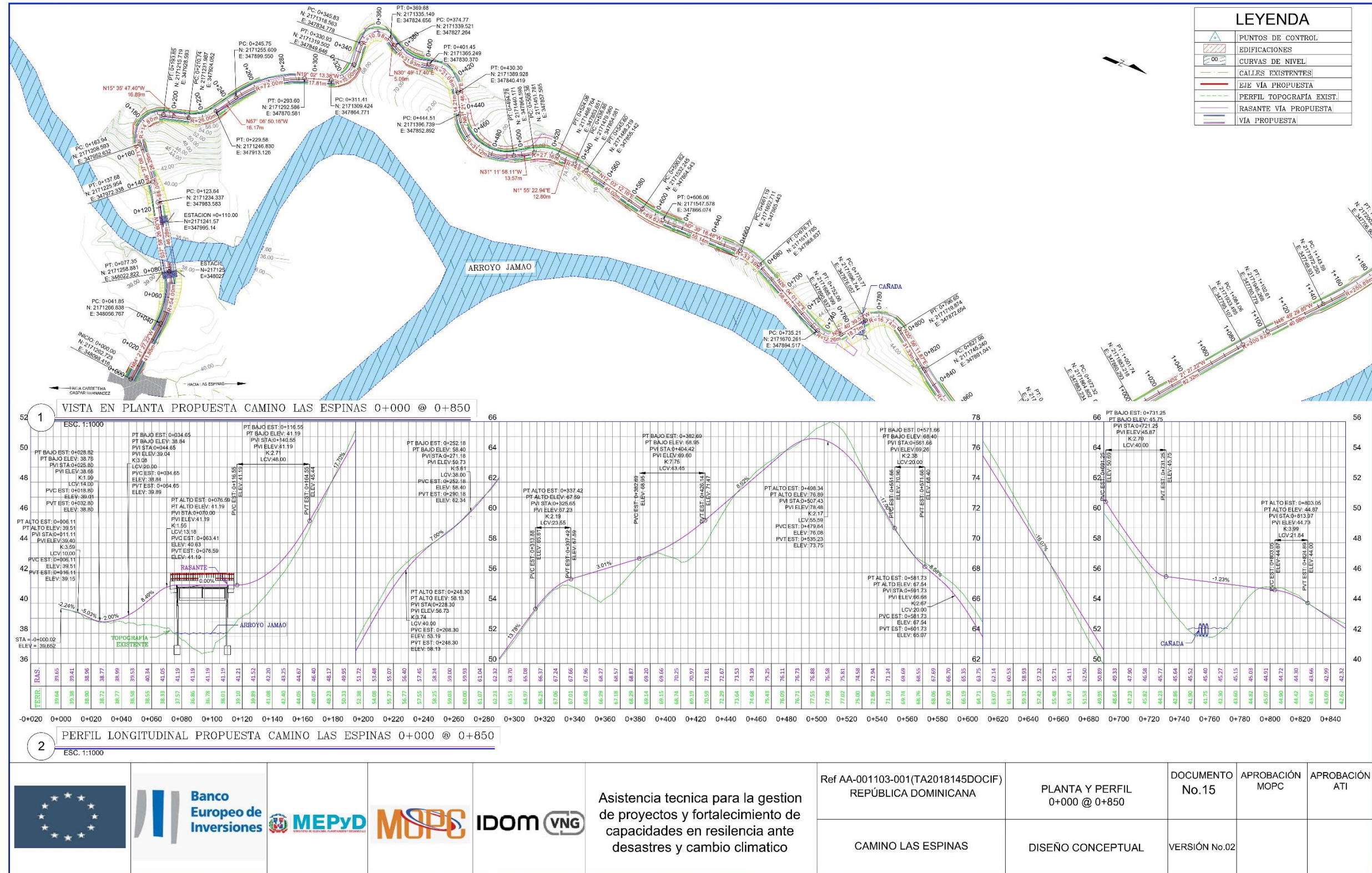


|  |   |   |                                       |                     |                    |                   |
|--|---|---|---------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  | Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | TOPOGRAFÍA EXISTENTE<br>5+550 @ 5+806 | DOCUMENTO<br>No. 13 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL                     | VERSIÓN No.01       |                    |                   |

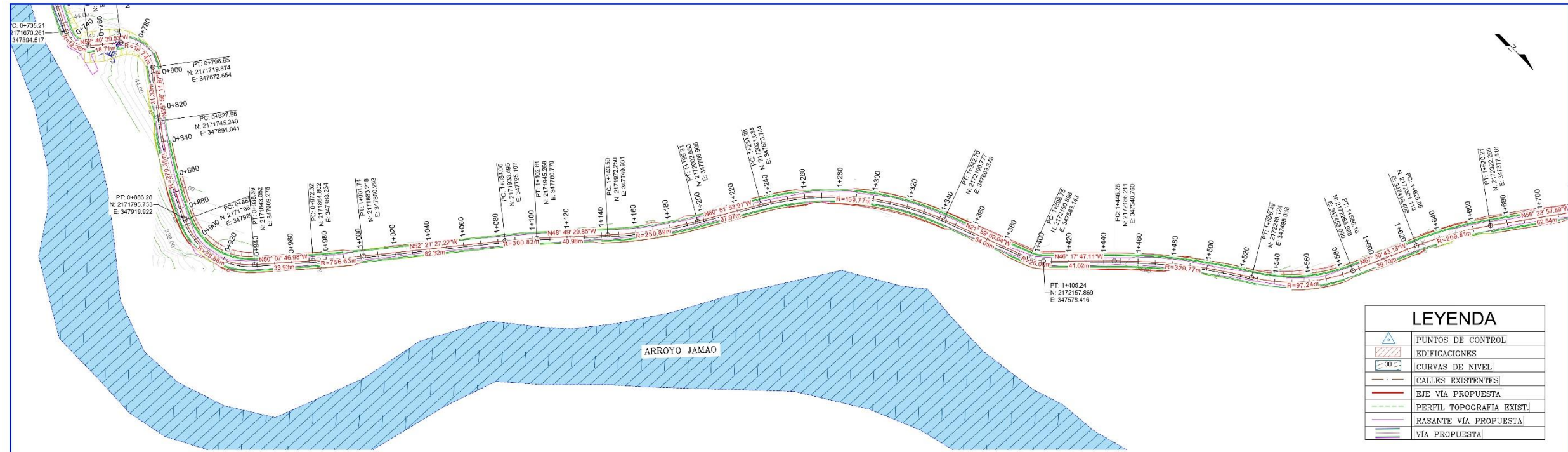




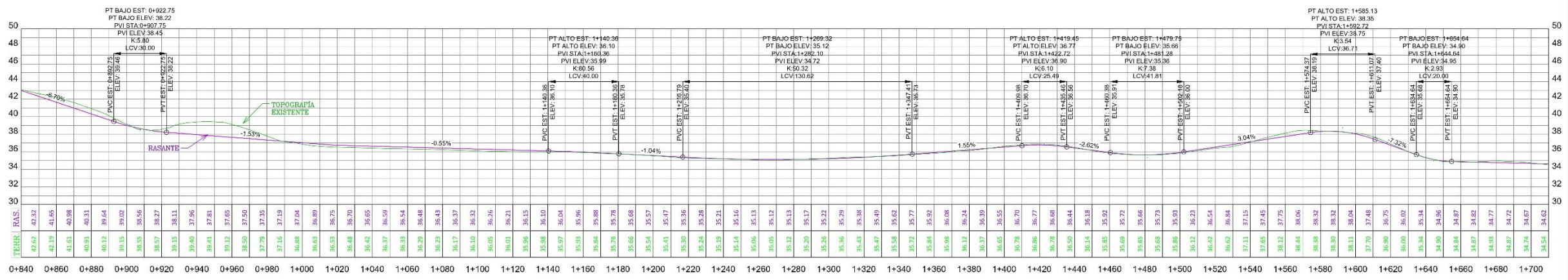
|  |   |   |                         |                     |                    |                   |
|--|---|---|-------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  | Asistencia tecnica para la gestion de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climatico | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | PLANTA Y PERFIL GENERAL | DOCUMENTO<br>No. 14 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL       | VERSIÓN No.02       |                    |                   |



|  |   |   |                                  |                    |                    |                   |
|--|---|---|----------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
|  | Asistencia tecnica para la gestion de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climatico | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | PLANTA Y PERFIL<br>0+000 @ 0+850 | DOCUMENTO<br>No.15 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL                | VERSIÓN No.02      |                    |                   |

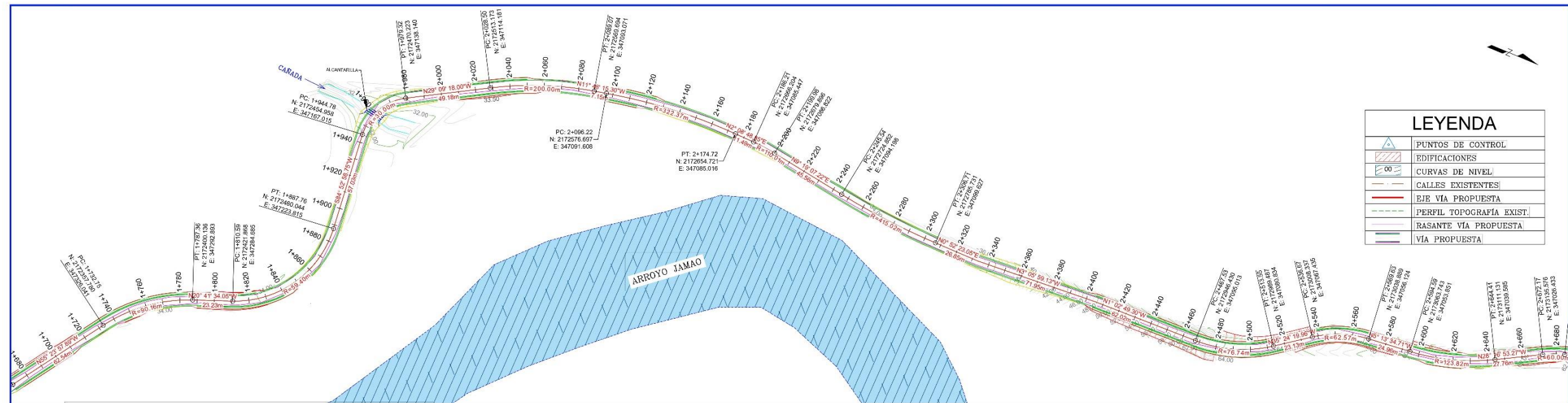


1 VISTA EN PLANTA CAMINO LAS ESPINAS 0+850 @ 1+700  
ESC. 1:1000

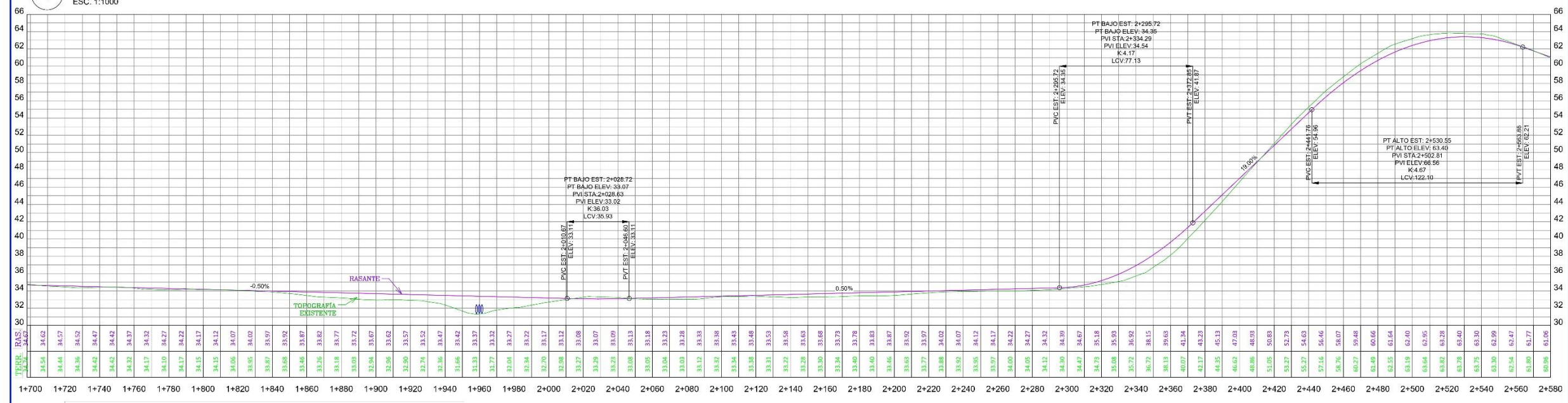


2 PERFIL LONGITUDINAL CAMINO LAS ESPINAS 0+850 @ 1+700  
ESC. 1:1000

|  |   |   |                                  |                     |                    |                   |
|--|---|---|----------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  | Asistencia tecnica para la gestion de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climatico | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | PLANTA Y PERFIL<br>0+850 @ 1+700 | DOCUMENTO<br>No. 16 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL                | VERSIÓN No.02       |                    |                   |

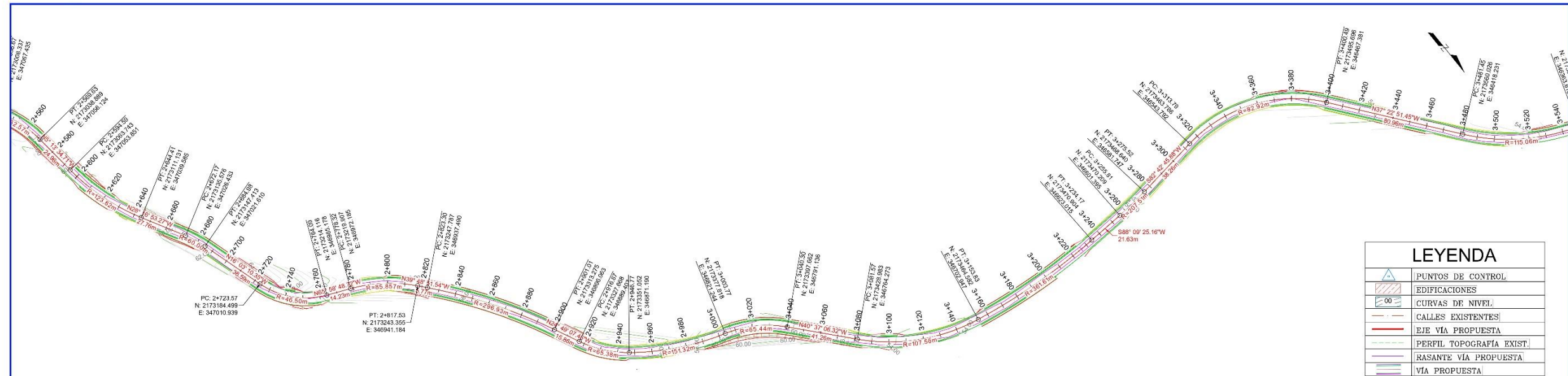


1 VISTA EN PLANTA CAMINO LAS ESPINAS 1+700 @ 2+580  
ESC. 1:1000

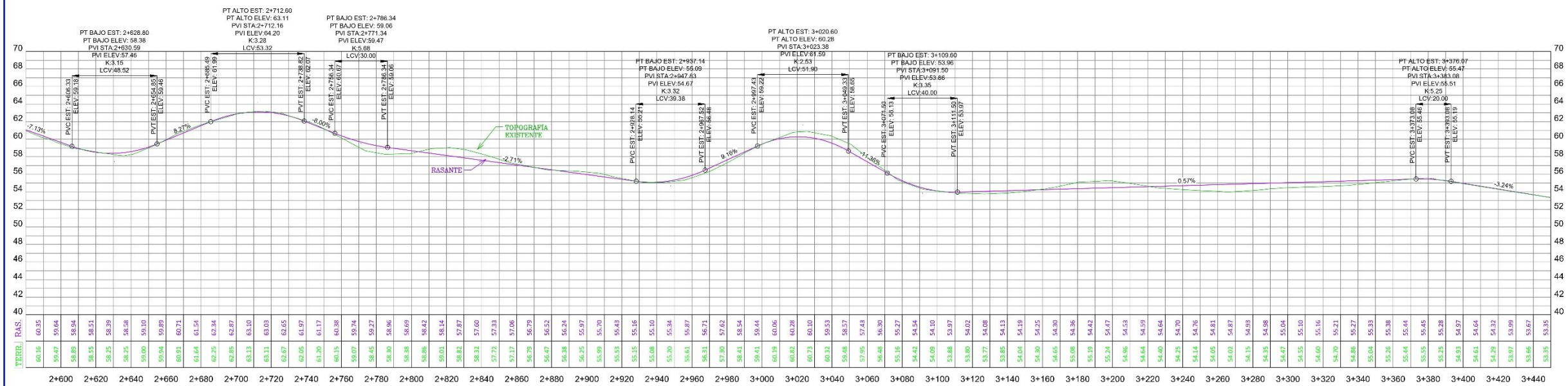


2 PERFIL LONGITUDINAL CAMINO LAS ESPINAS 1+700 @ 2+580  
ESC. H1:1000 ; V1:200

|  |  |  |  |  |   |   |                                  |                     |                    |                   |  |
|--|--|--|--|--|---|---|----------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|--|
|  |  |  |  |  | Asistencia tecnica para la gestion de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climatico | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | PLANTA Y PERFIL<br>1+700 @ 2+580 | DOCUMENTO<br>No. 17 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |  |
|  |  |  |  |  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL                | VERSIÓN No.01       |                    |                   |  |

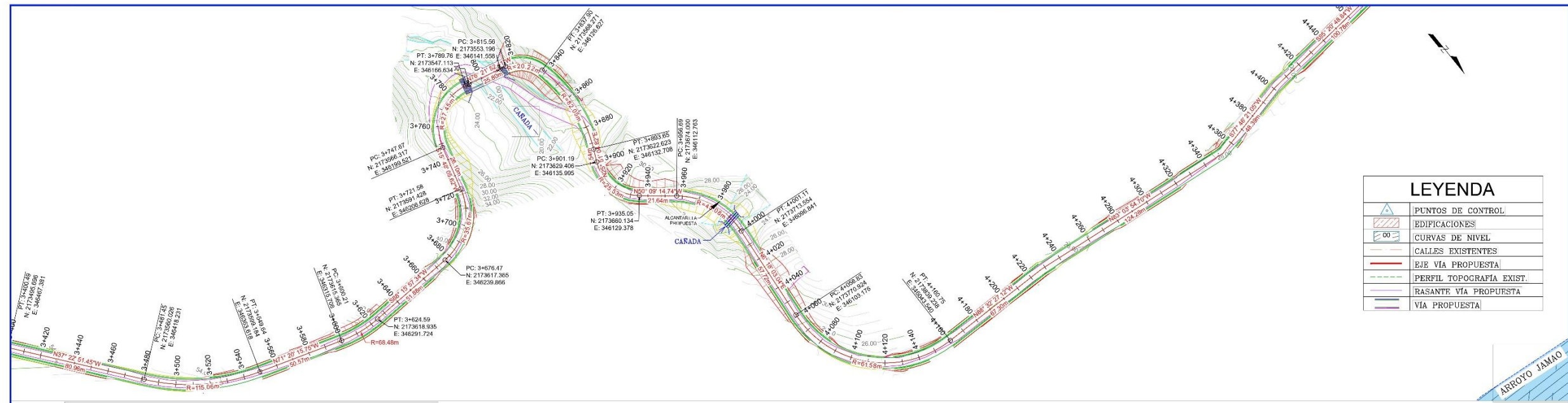


1 VISTA EN PLANTA CAMINO LAS ESPINAS 2+580 @ 3+450  
ESC. 1:1000



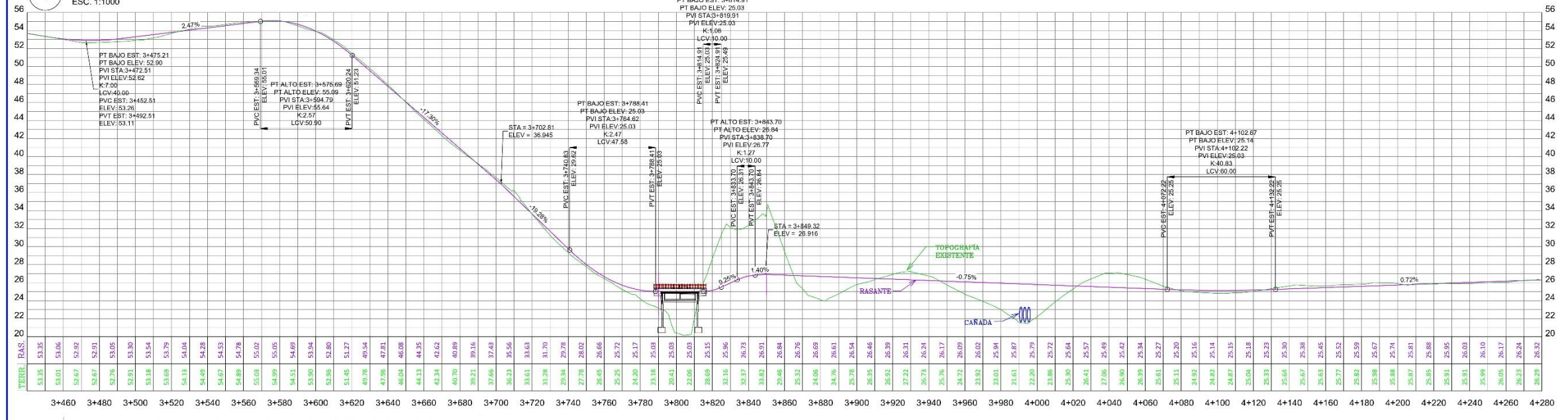
2 PERFIL LONGITUDINAL CAMINO LAS ESPINAS 2+580 @ 3+450  
ESC. H1:1000 ; V1:200

|  |  |  |  |  |  |   |  |                             |                            |                           |
|--|--|--|--|--|--|---|--|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|
|  |  |  |  |  | <p>Asistencia tecnica para la gestion de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climatico</p> | <p>Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br/>REPÚBLICA DOMINICANA</p> | <p>PLANTA Y PERFIL<br/>2+580 @ 3+450</p> | <p>DOCUMENTO<br/>No. 18</p> | <p>APROBACIÓN<br/>MOPC</p> | <p>APROBACIÓN<br/>ATI</p> |
|  |  |  |  |  |  | <p>CAMINO LAS ESPINAS</p>   | <p>DISEÑO CONCEPTUAL</p>                 | <p>VERSIÓN No.01</p>        |                            |                           |



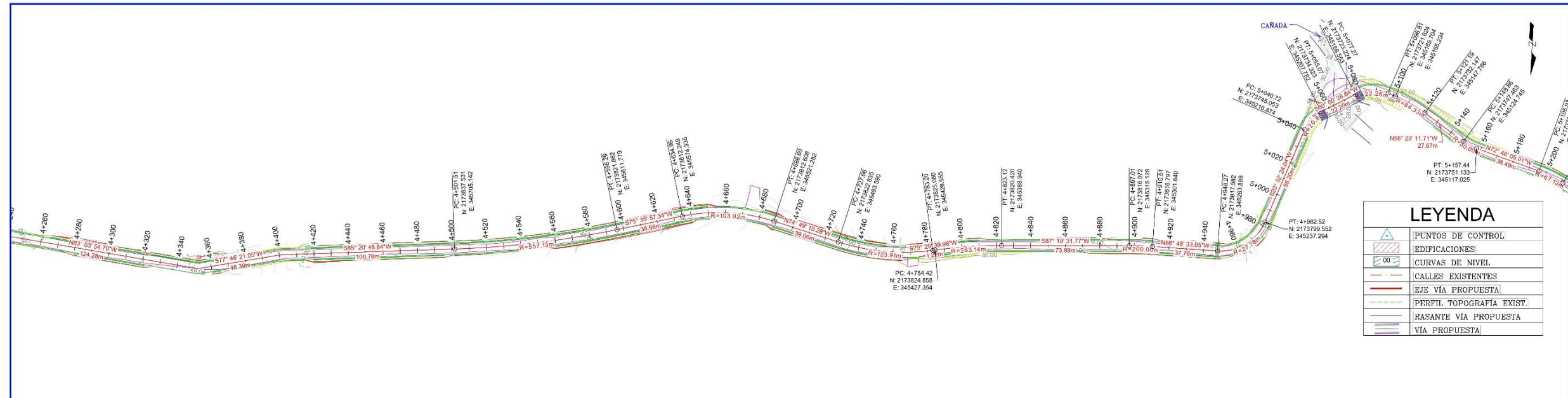
| LEYENDA |                          |
|---------|--------------------------|
|         | PUNTOS DE CONTROL        |
|         | EDIFICACIONES            |
|         | CURVAS DE NIVEL          |
|         | CALLES EXISTENTES        |
|         | EJE VIA PROPUESTA        |
|         | PERFIL TOPOGRAFIA EXIST. |
|         | RASANTE VIA PROPUESTA    |
|         | VIA PROPUESTA            |

1 VISTA EN PLANTA CAMINO LAS ESPINAS 3+450 @ 4+280  
ESC. 1:1000

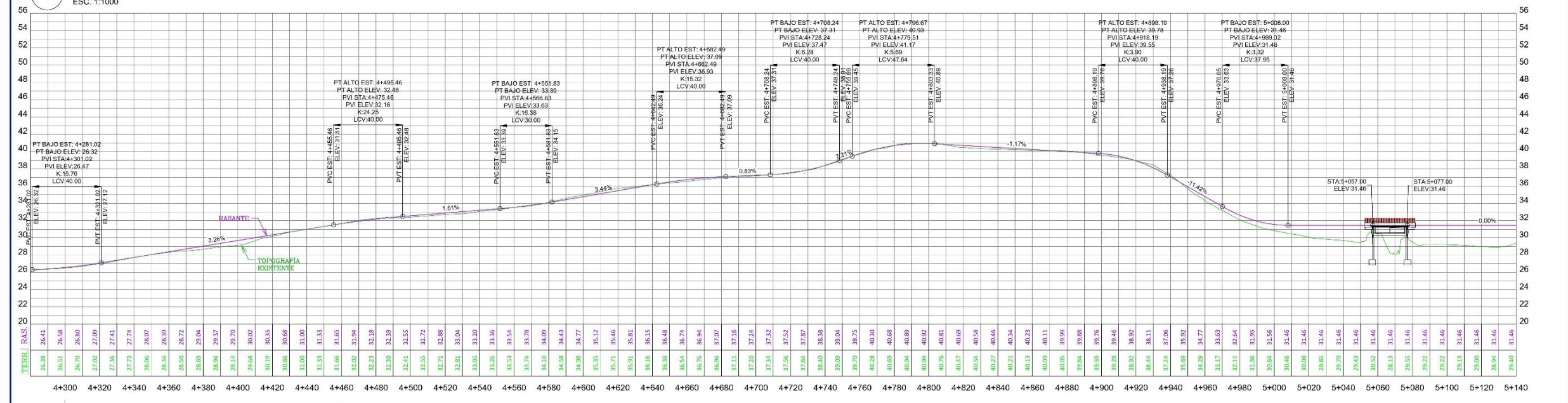


2 PERFIL LONGITUDINAL CAMINO LAS ESPINAS 3+450 @ 4+280  
ESC. H1:1000 ; V1:200

|  |  |  |  |   |   |                                  |                     |                    |                   |
|--|--|--|--|---|---|----------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  |  |  |  | Asistencia tecnica para la gestion de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climatico | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | PLANTA Y PERFIL<br>3+450 @ 4+280 | DOCUMENTO<br>No. 19 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |  |  |  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL                | VERSIÓN No.02       |                    |                   |

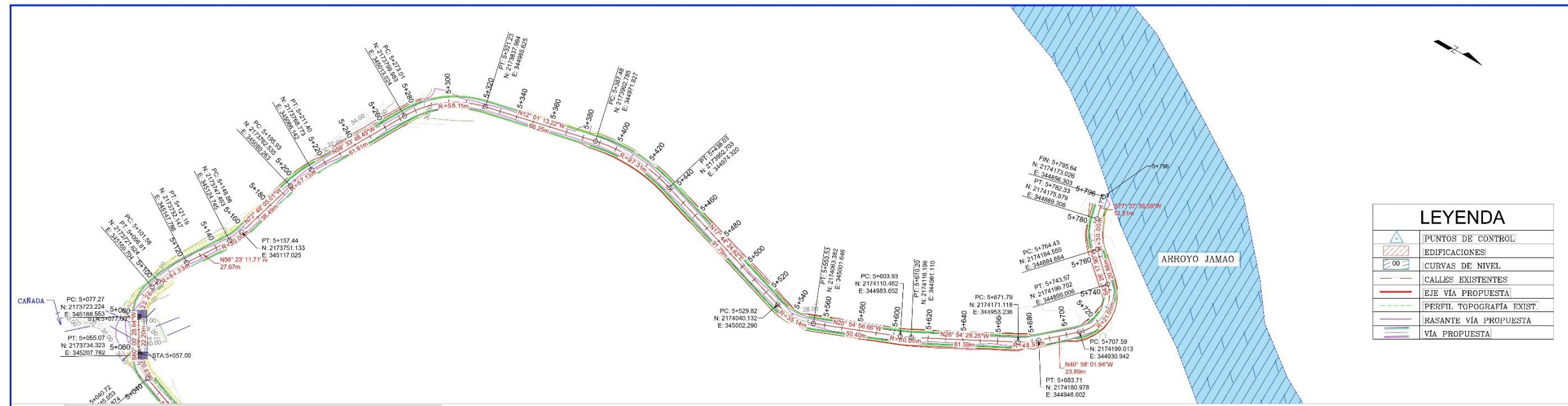


1 VISTA EN PLANTA CAMINO LAS ESPINAS 4+280 @ 5+140  
ESC. 1:1000

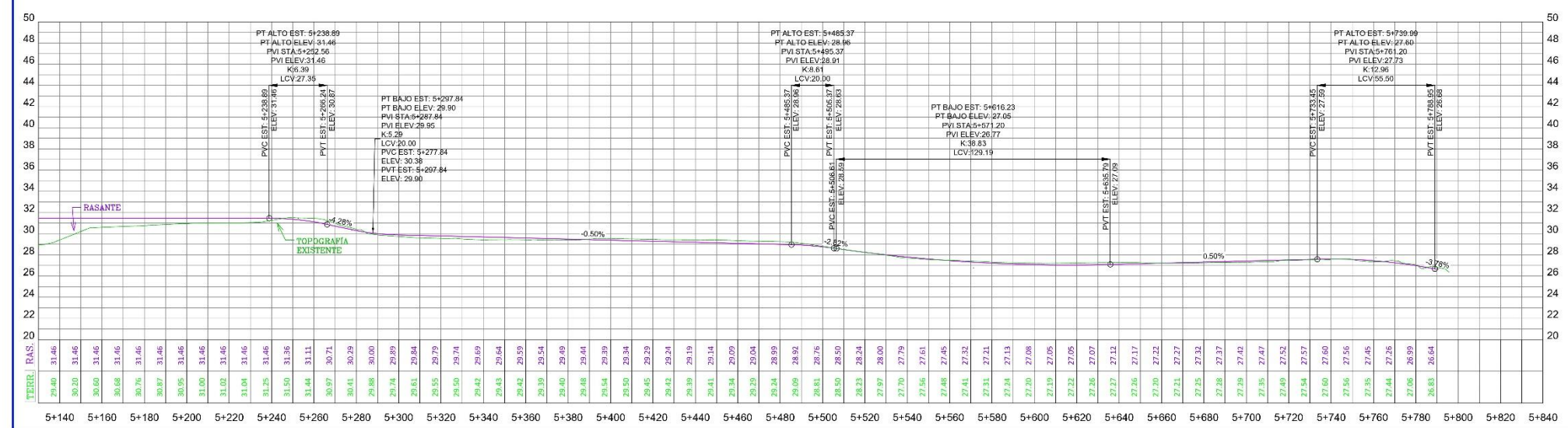


2 PERFIL LONGITUDINAL CAMINO LAS ESPINAS 4+280 @ 5+140  
ESC. H1:1000 ; V1:200

|                           |  |  |  |  |  |   |  |                             |                            |                           |
|---------------------------|--|--|--|--|--|---|--|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|
|                           |  |  |  |  | <p>Asistencia tecnica para la gestion de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climatico</p> | <p>Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br/>REPÚBLICA DOMINICANA</p> | <p>PLANTA Y PERFIL<br/>4+280 @ 5+140</p> | <p>DOCUMENTO<br/>No. 20</p> | <p>APROBACIÓN<br/>MOPC</p> | <p>APROBACIÓN<br/>ATI</p> |
| <p>CAMINO LAS ESPINAS</p> |  |  |  |  |  | <p>DISEÑO CONCEPTUAL</p>  | <p>VERSIÓN No.02</p>                     |                             |                            |                           |



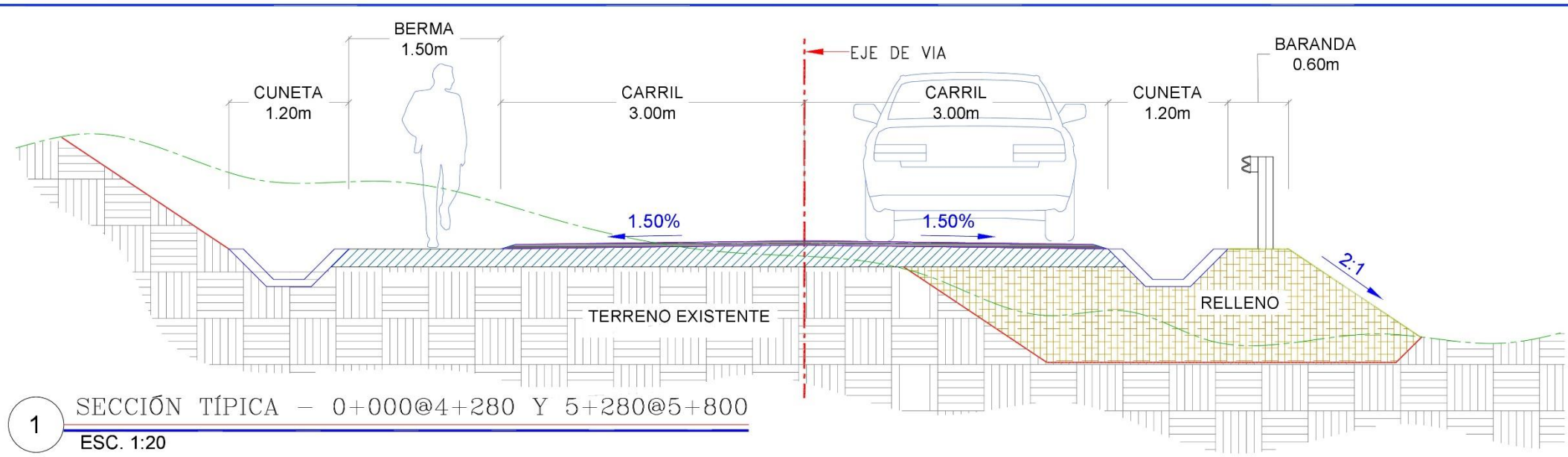
1 VISTA EN PLANTA CAMINO LAS ESPINAS 5+140 @ 5+810  
ESC. 1:1000



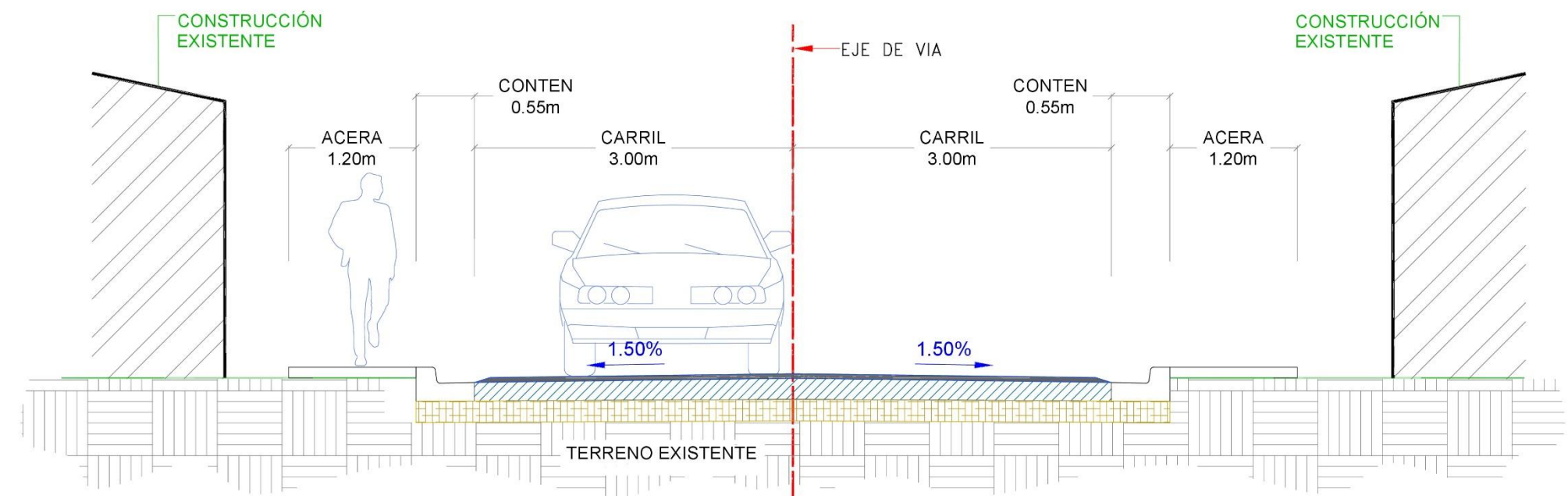
2 PERFIL LONGITUDINAL CAMINO LAS ESPINAS 5+140 @ 5+810  
ESC. H1:1000 ; V1:200

|  |   |   |                                  |                     |                    |                   |
|--|---|---|----------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  | Asistencia tecnica para la gestion de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climatico | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | PLANTA Y PERFIL<br>5+140 @ 5+796 | DOCUMENTO<br>No. 21 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL                | VERSIÓN No.02       |                    |                   |



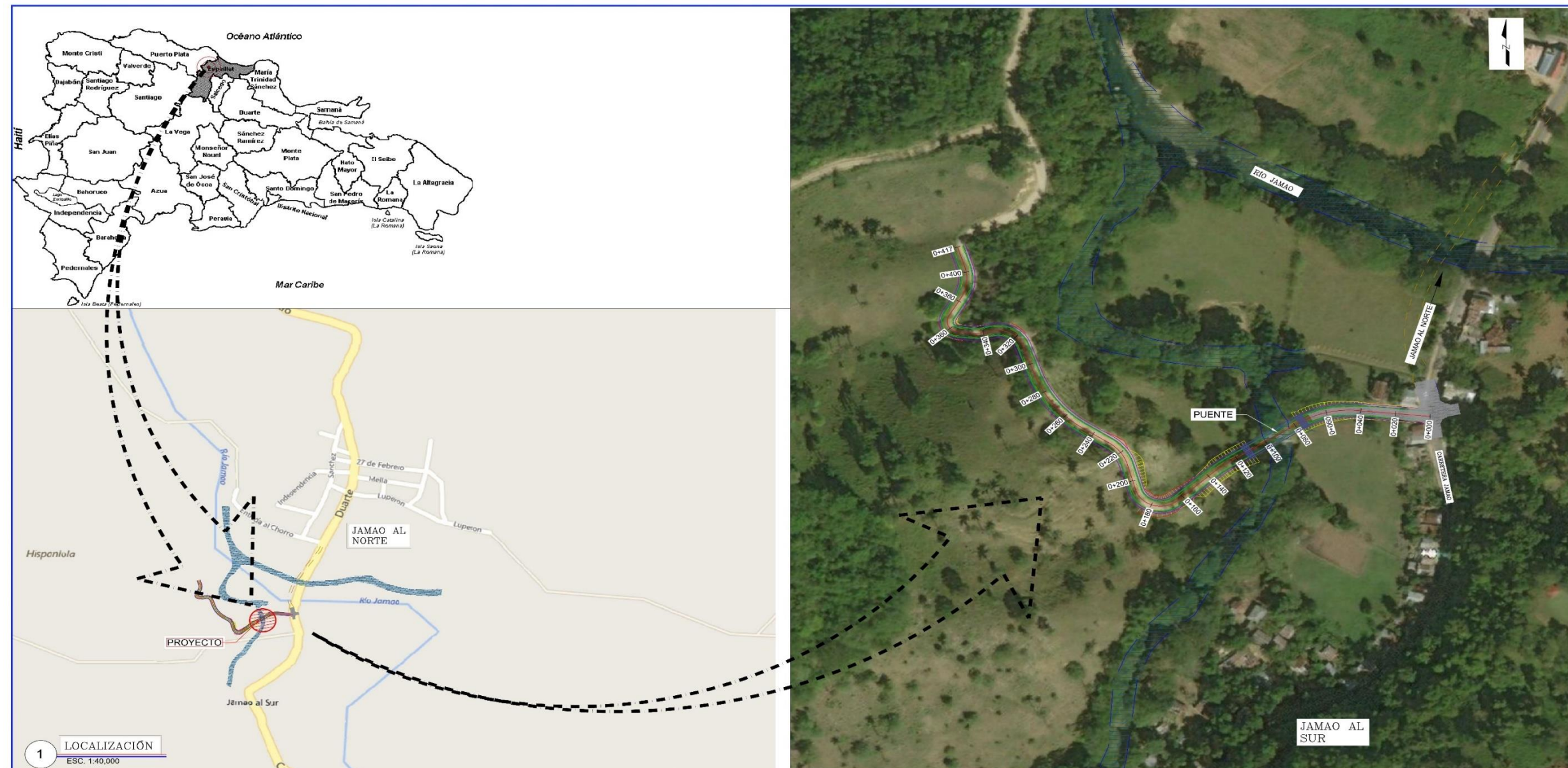


1 SECCIÓN TÍPICA - 0+000@4+280 Y 5+280@5+800  
ESC. 1:20



2 SECCIÓN TÍPICA 4+280 @ 5+280  
ESC. 1:20

|  |  |  |  |  |   |   |                   |                     |                    |                   |
|--|--|--|--|--|---|---|-------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  |  |  |  |  | Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | SECCIÓN TÍPICA    | DOCUMENTO<br>No. 22 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |  |  |  |  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL | VERSIÓN No.01       |                    |                   |

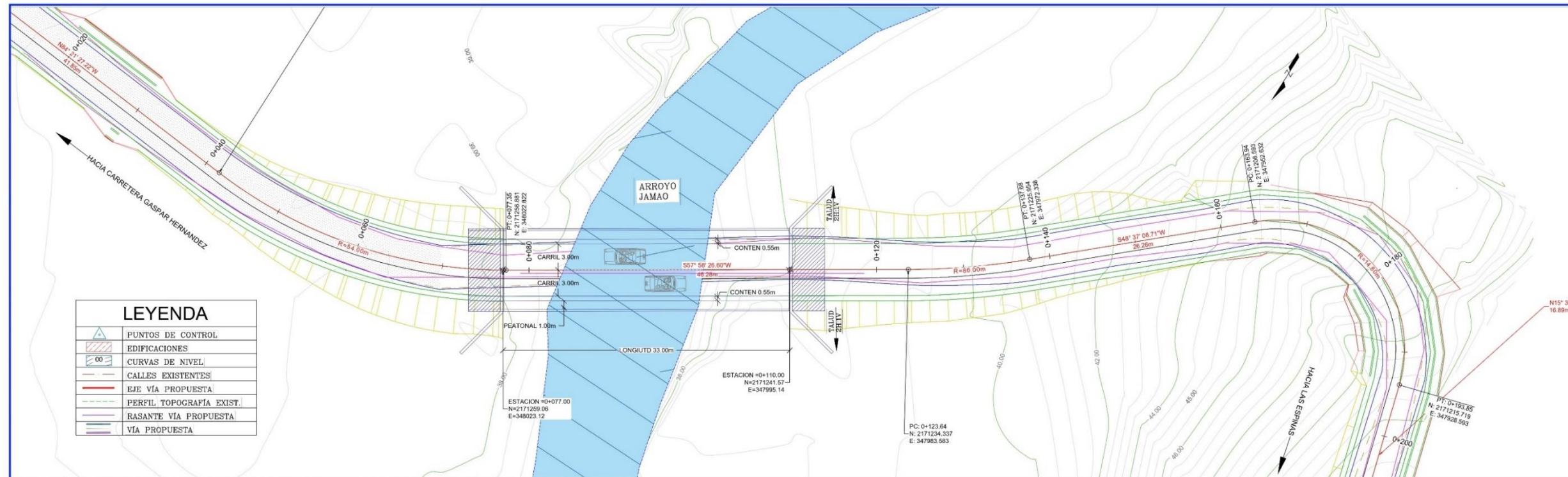


1 LOCALIZACIÓN  
ESC. 1:40,000

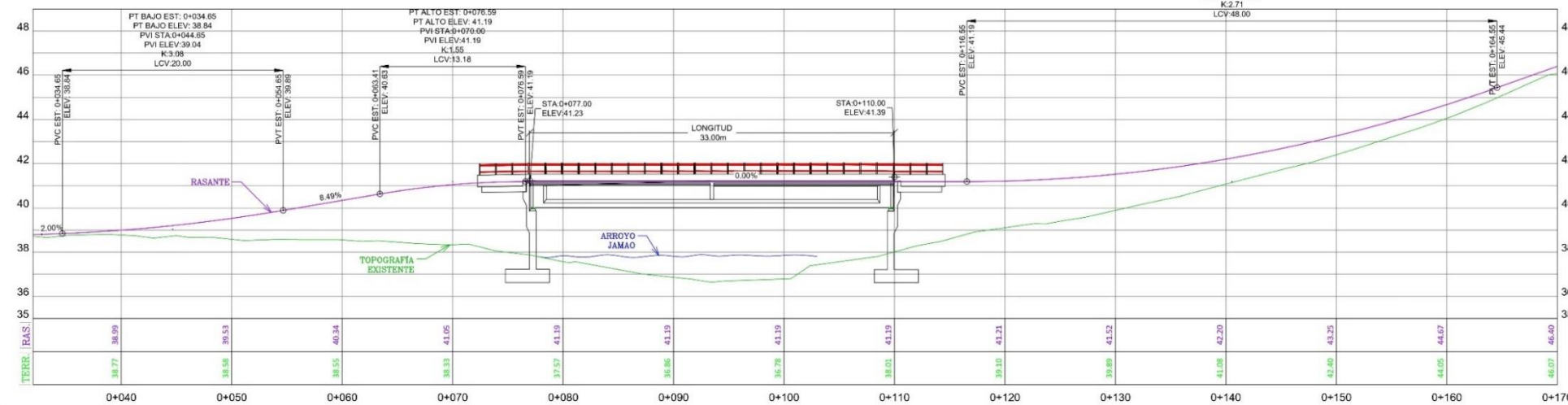


Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático

|   |                   |                     |                    |                   |
|---|-------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | UBICACIÓN         | DOCUMENTO<br>No. 22 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
| PUENTE ARROYO JAMAQ                                       | DISEÑO CONCEPTUAL | VERSIÓN No.01       |                    |                   |

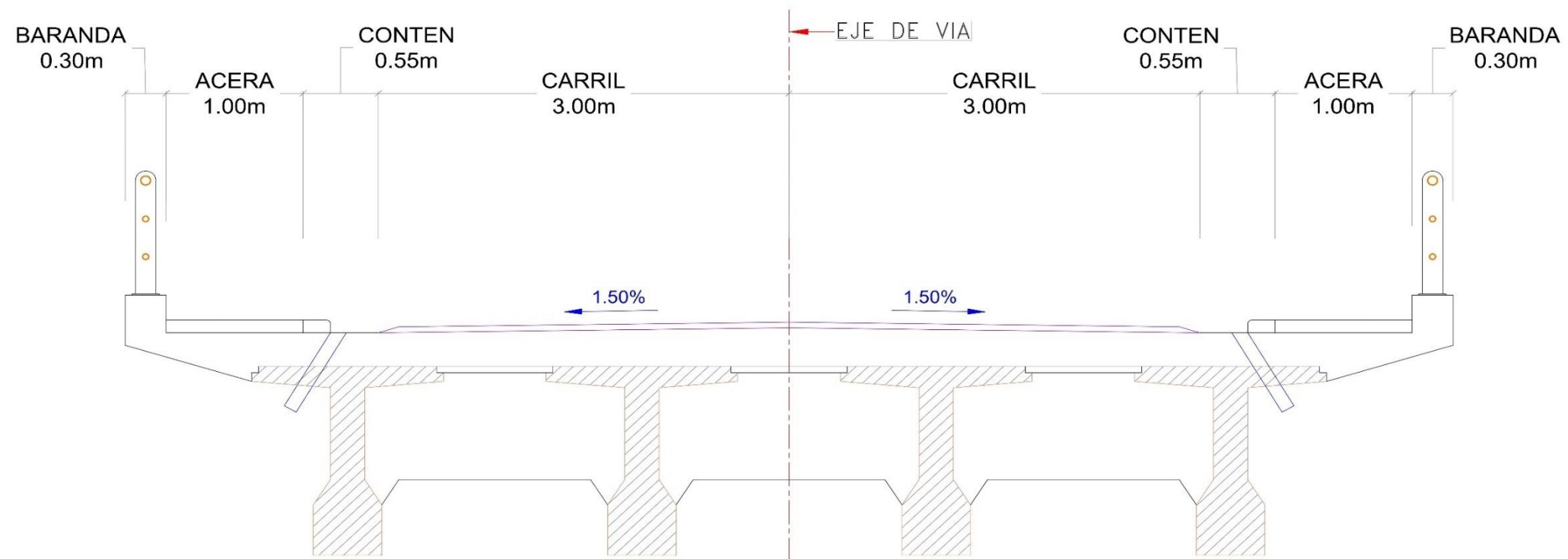


1 VISTA EN PLANTA – PUENTE 0+100 CAMINO LAS ESPINAS  
ESC. 1:200



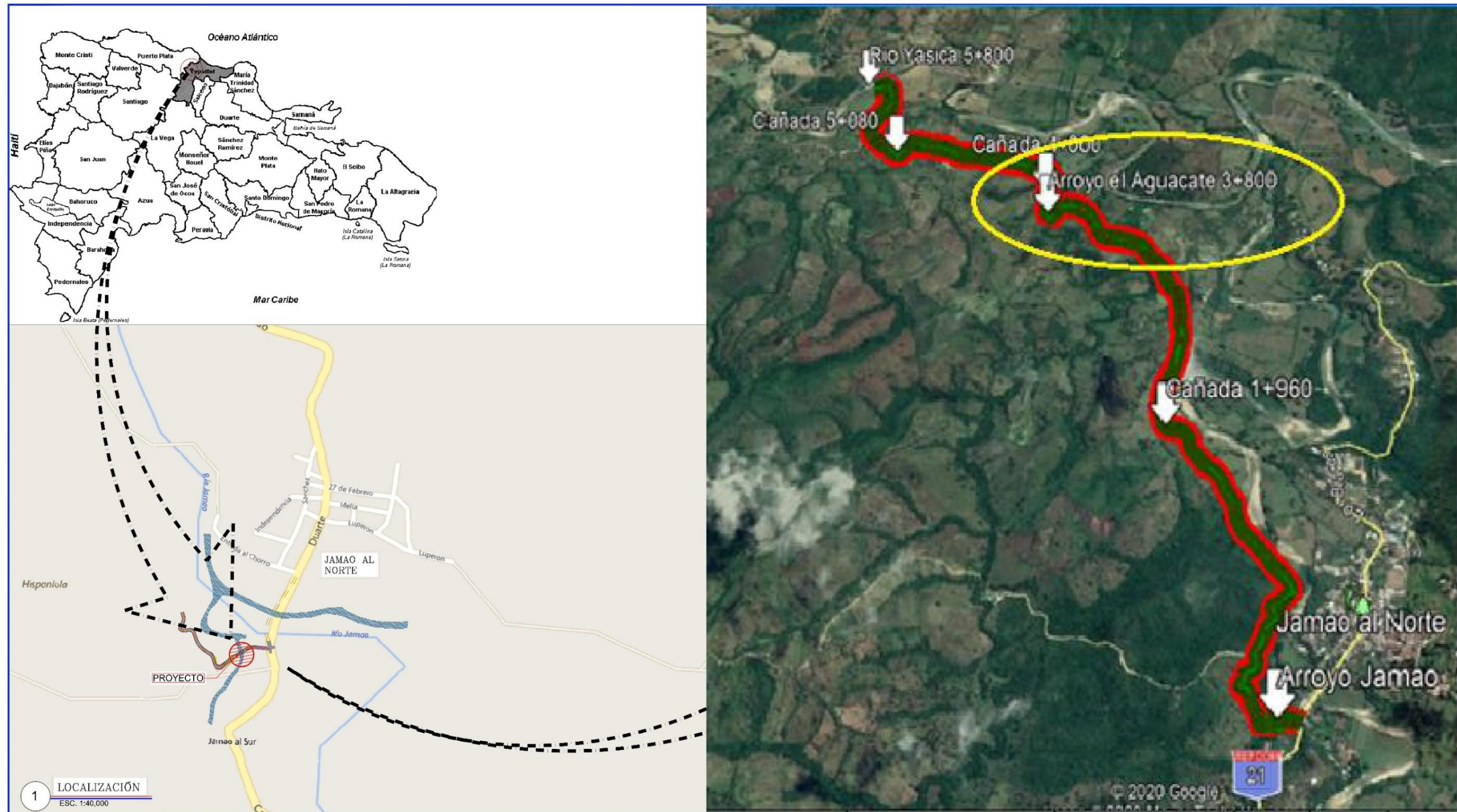
2 PERFIL LONGITUDINAL – PUENTE 0+100 CAMINO LAS ESPINAS  
ESC. H1:200 ; V1:100

|  |   |   |                                 |                     |                    |                   |
|--|---|---|---------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  | Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | PLANTA Y PERFIL<br>PUENTE 0+100 | DOCUMENTO<br>No. 23 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL               | VERSIÓN No.03       |                    |                   |

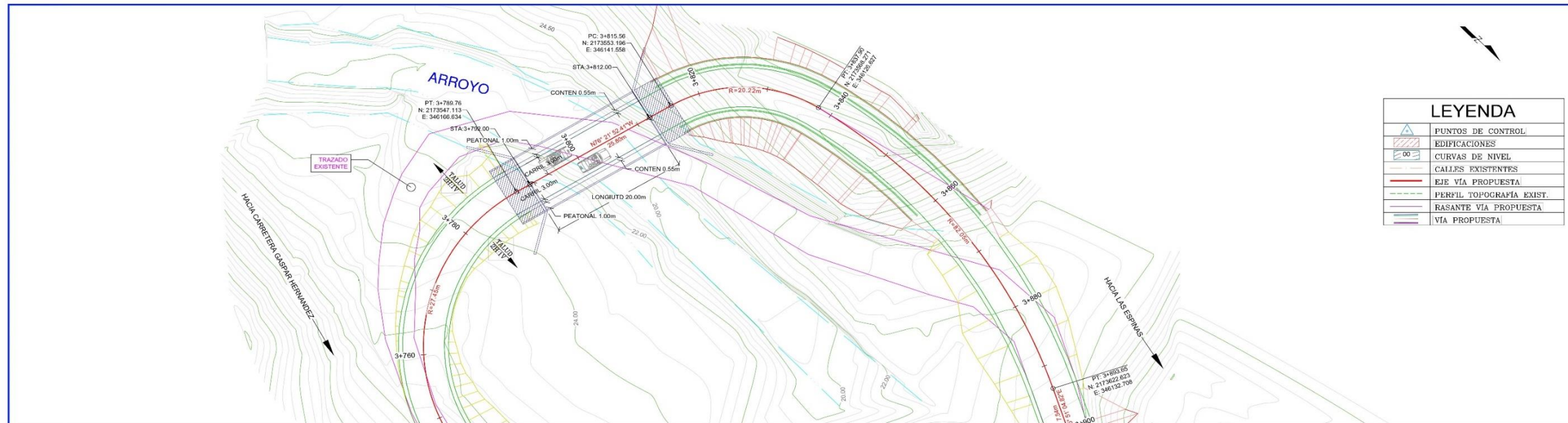


1 SECCION TRANSVERSAL PROPUESTA PUENTE  
ESC. 1:10

|  |   |   |                     |                  |                 |                |
|--|---|---|---------------------|------------------|-----------------|----------------|
|  | Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | SECCIÓN TRANSVERSAL | DOCUMENTO No. 24 | APROBACIÓN MOPC | APROBACIÓN ATI |
|  |   | PUENTE ARROYO JAMAÓ                                       | DISEÑO CONCEPTUAL   | VERSIÓN No.01    |                 |                |

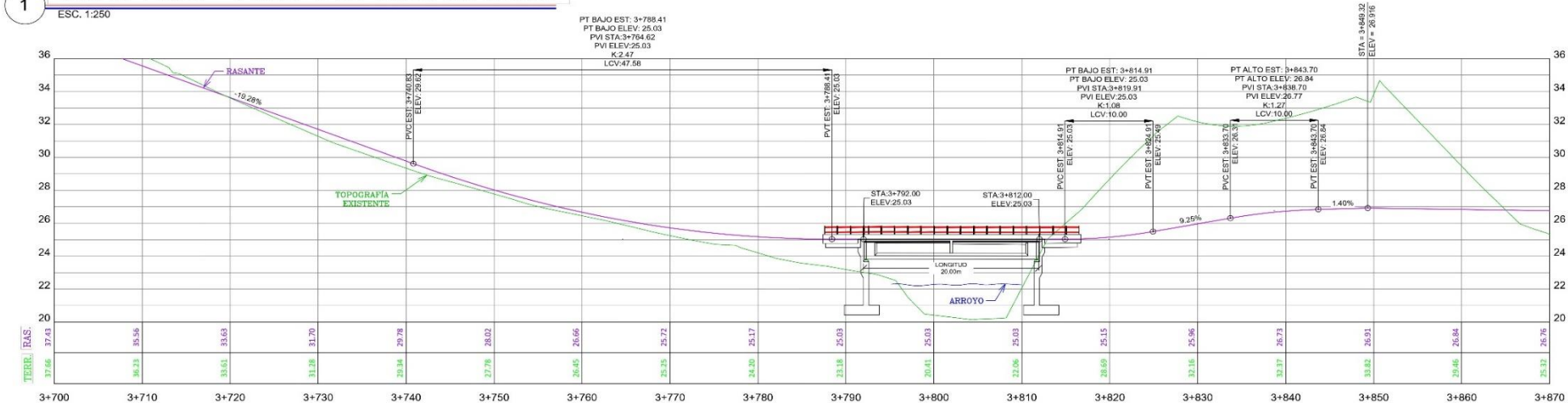


|  |   |   |                   |                  |                 |                |
|--|---|---|-------------------|------------------|-----------------|----------------|
|  | Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | UBICACIÓN         | DOCUMENTO No. 25 | APROBACIÓN MOPC | APROBACIÓN ATI |
|  |   | PUENTE ARROYO AGUACATE                                    | DISEÑO CONCEPTUAL | VERSIÓN No.01    |                 |                |



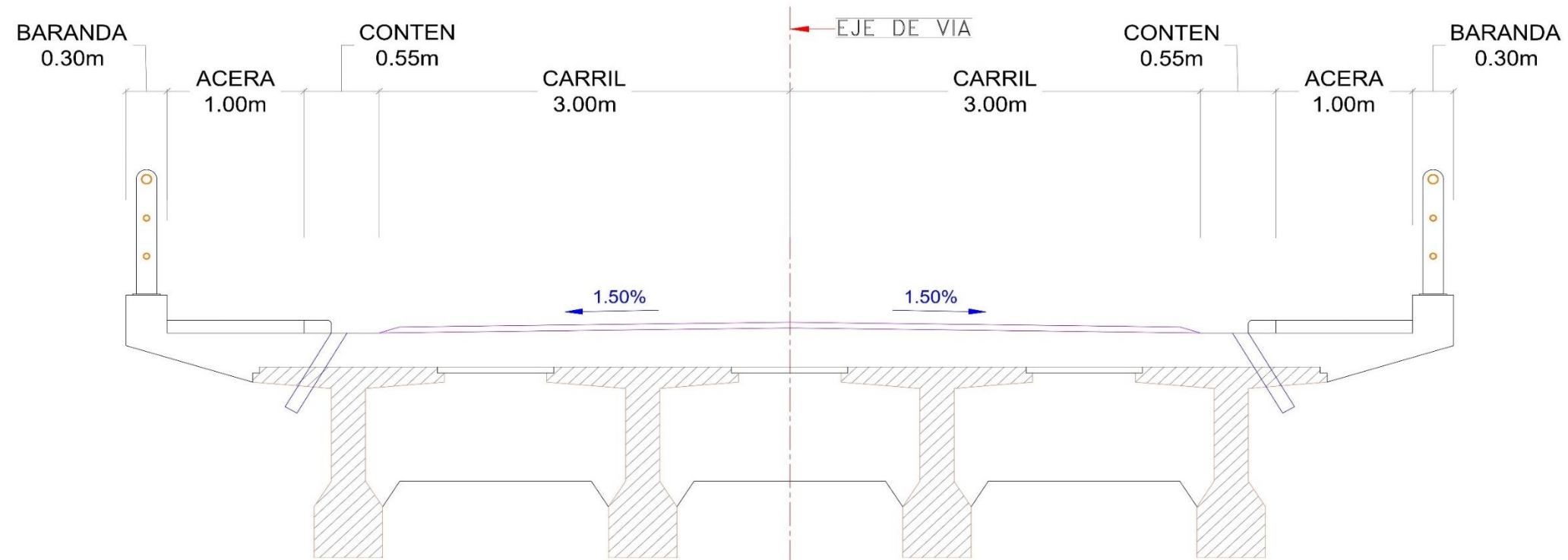
| LEYENDA |                          |
|---------|--------------------------|
|         | PUNTOS DE CONTROL        |
|         | EDIFICACIONES            |
|         | CURVAS DE NIVEL          |
|         | CALLES EXISTENTES        |
|         | EJE VIA PROPUESTA        |
|         | PERFIL TOPOGRAFIA EXIST. |
|         | RASANTE VIA PROPUESTA    |
|         | VIA PROPUESTA            |

1 VISTA EN PLANTA - PUENTE 3+800 CAMINO LAS ESPINAS  
ESC. 1:250



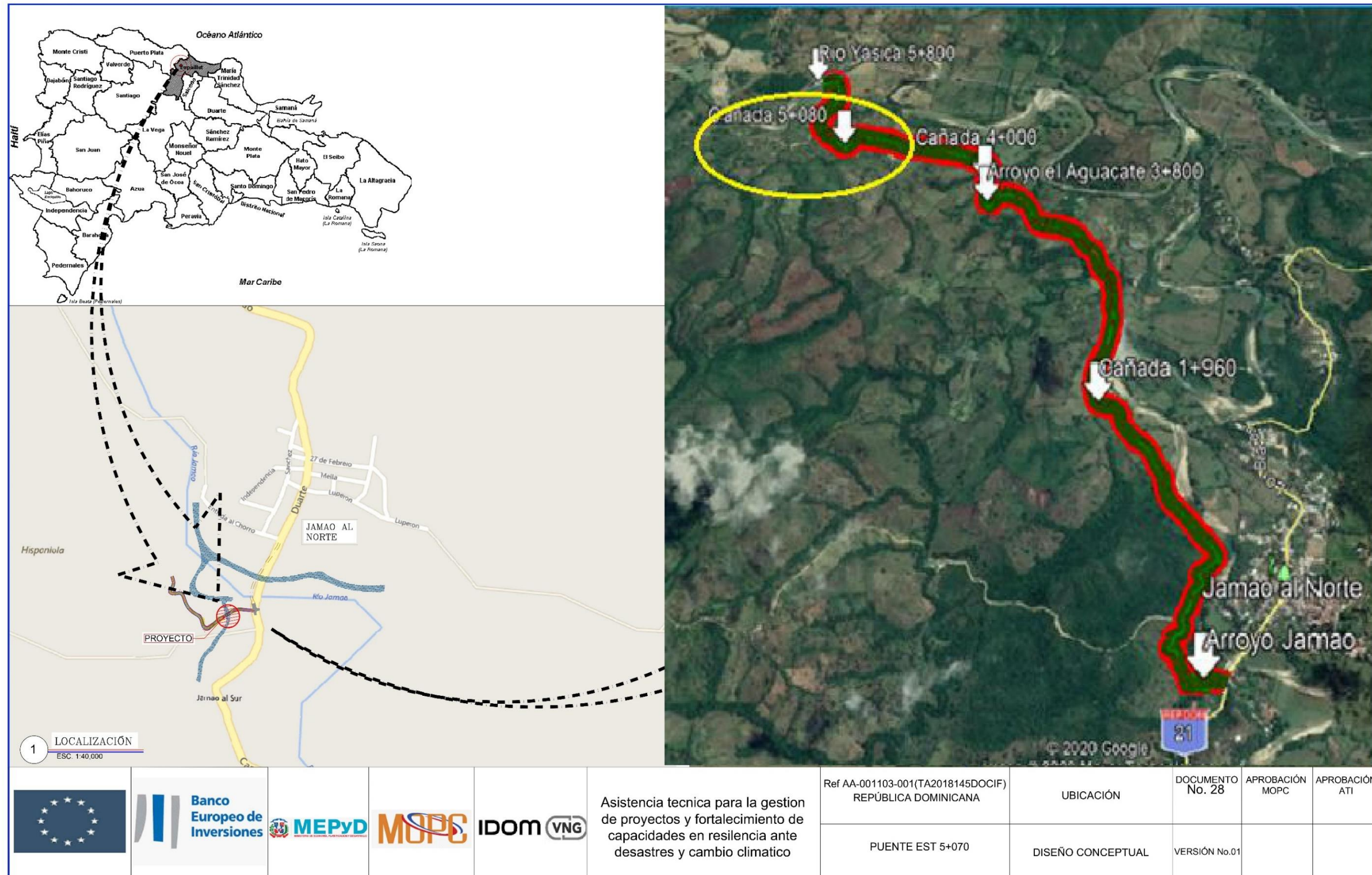
2 PERFIL LONGITUDINAL - PUENTE 3+800 CAMINO LAS ESPINAS  
ESC. H1:250 ; V1:125

|  |  |  |  |  |   |   |                               |                     |                    |                   |
|--|--|--|--|--|---|---|-------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  |  |  |  |  | Asistencia tecnica para la gestion de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climatico | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | PLANTA Y PERFIL<br>PASO 3+800 | DOCUMENTO<br>No. 26 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |  |  |  |  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL             | VERSIÓN No.02       |                    |                   |



1 SECCION TRANSVERSAL PROPUESTA PUENTE  
ESC. 1:10

|  |   |   |                     |                     |                    |                   |
|--|---|---|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  | Asistencia tecnica para la gestion de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climatico | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | SECCIÓN TRANSVERSAL | DOCUMENTO<br>No. 27 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |   | PUENTE ARROYO AGUACATE                                    | DISEÑO CONCEPTUAL   | VERSIÓN No.01       |                    |                   |



Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático

Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)  
REPÚBLICA DOMINICANA

UBICACIÓN

DOCUMENTO  
No. 28

APROBACIÓN  
MOPC

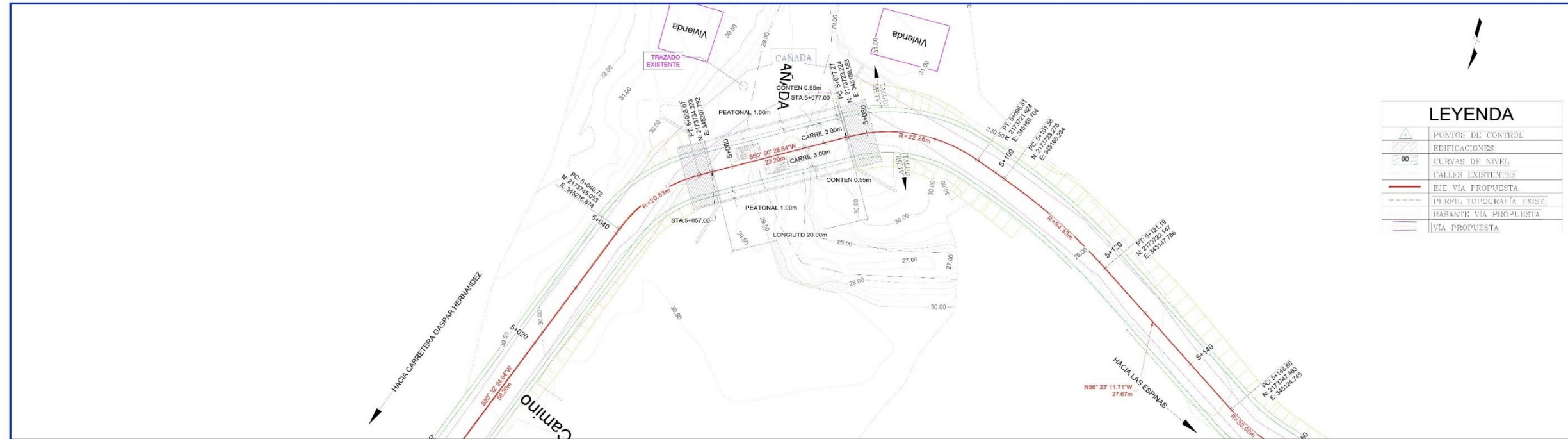
APROBACIÓN  
ATI

PUENTE EST 5+070

DISEÑO CONCEPTUAL

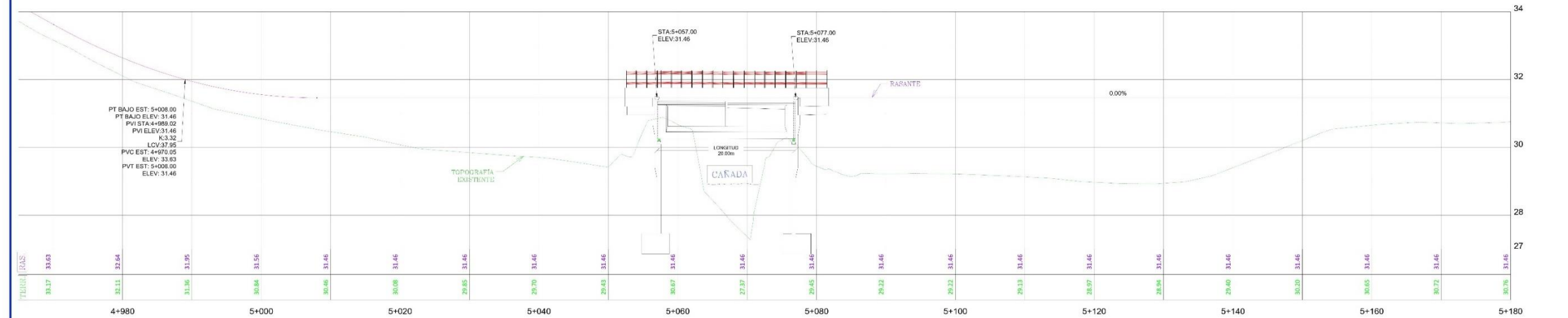
VERSIÓN No.01





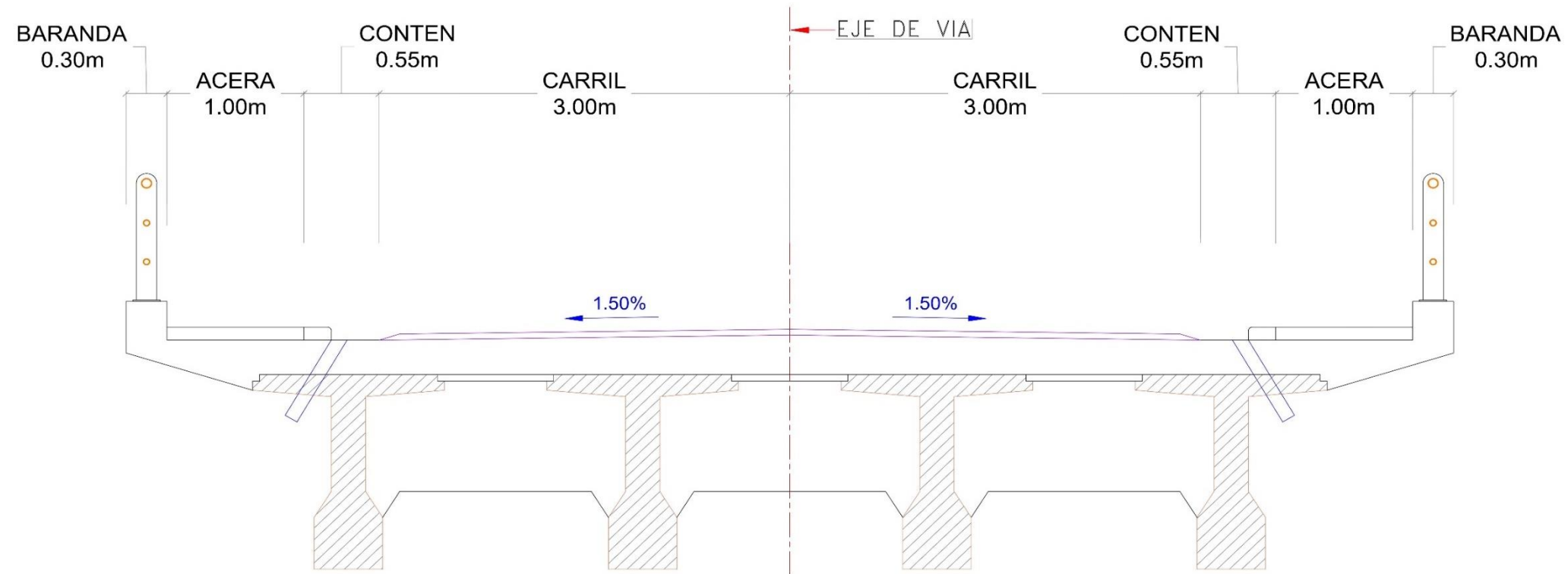
| LEYENDA |                          |
|---------|--------------------------|
|         | PUERTOS DE CONTROL       |
|         | EDIFICACIONES            |
|         | CURVAS DE NIVEL          |
|         | CALLES EXISTENTES        |
|         | EJE VIA PROPUESTA        |
|         | PERFIL TOPOGRAFIA EXIST. |
|         | RASANTE VIA PROPUESTA    |
|         | VIA PROPUESTA            |

1 VISTA EN PLANTA - PUNTE 5-070 CAMINO LAS ESPINAS  
ESC. 1:250



2 PERFIL LONGITUDINAL - PUNTE 5-070 CAMINO LAS ESPINAS  
ESC. H1:250 ; V1:125

|  |   |   |                               |                     |                    |                   |
|--|---|---|-------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  | Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | PLANTA Y PERFIL<br>PASO 5+070 | DOCUMENTO<br>No. 29 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |   | CAMINO LAS ESPINAS  | DISEÑO CONCEPTUAL             | VERSIÓN No.03       |                    |                   |



1 SECCION TRANSVERSAL PROPUESTA PUENTE  
ESC. 1:10

|  |   |   |                     |                     |                    |                   |
|--|---|---|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|  | Asistencia tecnica para la gestion de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climatico | Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)<br>REPÚBLICA DOMINICANA | SECCIÓN TRANSVERSAL | DOCUMENTO<br>No. 30 | APROBACIÓN<br>MOPC | APROBACIÓN<br>ATI |
|  |   | PUENTE EST 5 + 070  | DISEÑO CONCEPTUAL   | VERSIÓN No.01       |                    |                   |

## 7.7. PLAN DE EJECUCIÓN DE OBRAS

El proceso constructivo del proyecto, a partir de la emisión de este documento, debe pasar por las etapas siguientes:

1. Aprobación consensuada del diseño conceptual
2. Elaboración final de los TDR
3. Licitación del diseño final
4. Elaboración y aprobación del diseño final. Incluida Auditoría de Seguridad Vial en fase II (ASV sobre el proyecto constructivo)
5. Elaboración de TDR de construcción
6. Licitación de construcción
7. Proceso constructivo
8. Supervisión y recepción de obra. Incluida Auditoría de Seguridad Vial en fase II (ASV sobre el proyecto constructivo)

## 8. ANEXOS

### 8.1. ESTUDIOS BÁSICOS Y OTROS ESTUDIOS REALIZADOS

#### 8.1.1. TOPOGRAFÍA

Se realizaron levantamientos topográficos basados en los requerimientos estándares del MOPC, para todas las obras incluidas en el diseño conceptual de este proyecto.

**Requerimientos del MOPC:** Se implantó una red plani-altimétrica a través de rastreo satelital con GPS de doble frecuencia (L1 y L2), tipo R8S Trimble o similar, colector Trimble TSC3, constituida de un par de puntos materializados en el terreno espaciados y enlazados en la cercanía de la obra a construir. Los pares de puntos están ubicados en sitios seguros y con visibilidad garantizada para definir el levantamiento de la obra.

Se levantaron puntos que cubren suficientemente el área del diseño conceptual y sus alternativas, generándose curvas de nivel con el software Civil 3D, tomando como referencia el eje de diseño, y la condición del terreno y de las obras a ser diseñadas, utilizando equipamiento RTK y estación total South 352L, con precisión nominal de 2mm+2ppm.

**Entregables del estudio.** Anterior a este informe, como resultado del estudio topográfico fueron suministrados para fines del diseño conceptual, Imagen asociada, puntos de control. Referencias geodésicas. Levantamiento Planimétrico, altimétrico, curvas de nivel, levantamientos de variantes, soluciones de estructuras. Archivos de datos csv. Se generaron los planos correspondientes al levantamiento a partir de Civil 3D los cuales forman parte de los anexos. Este estudio es válido para todas las fases del diseño.

**Áreas cubiertas.** El estudio topográfico cubrirá las áreas o longitudes suficientes para realizar los diseños para las alternativas y obras previstas o necesarias, siendo para el presente análisis de 92,821 m<sup>2</sup>

**Anexos del estudio topográfico.** Los siguientes documentos y archivos forman parte de los anexos del estudio topográfico, los cuales forman parte de este informe, siendo entregados en un archivo comprimido para los fines del diseño final.

Puntos de control con referencias geodésicas. Plano general del levantamiento Planimétrico y altimétrico mostrando los puntos tomados y las curvas de nivel. Archivos de datos csv. Se generaron los planos correspondientes al levantamiento a partir de Civil 3D y Autocad, los cuales aparecen en diferentes secciones del informe.

## 8.1.2. GEOTÉCNIA

### Geotecnia fase Diseño Conceptual.

**Método.** Para la realización de los estudios geotécnicos en la etapa de diseño conceptual, se han seleccionado las técnicas geofísicas eléctricas o electromagnéticas que miden la resistividad de los materiales y que permiten obtener un perfil estratigráfico del sitio, suficiente para estudios conceptuales, sin necesidad de hacer estudios más complejos como los sondeos SPT, que ameritan una movilización de equipo y personal, con una ejecución lenta y complicada.

Ilustración 39: Tabla periódica de Resistividad de metales puros

|      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |       |      |       |      |      |    |    |    |
|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|----|----|----|
| H    |      |      |      |      |      |      |      |     |      |       |      |       |      |      |    |    | He |
| Li   | Be   |      |      |      |      |      |      |     |      |       |      | B     | C    | N    | O  | F  | Ne |
| 9.55 | 3.76 |      |      |      |      |      |      |     |      |       |      | Al    | Si   | P    | S  | Cl | Ar |
| Na   | Mg   |      |      |      |      |      |      |     |      |       |      | 2.733 |      |      |    |    |    |
| 4.93 | 4.51 |      |      |      |      |      |      |     |      |       |      |       |      |      |    |    |    |
| K    | Ca   | Sc   | Ti   | V    | Cr   | Mn   | Fe   | Co  | Ni   | Cu    | Zn   | Ga    | Ge   | As   | Se | Br | Kr |
| 7.47 | 3.45 | 56.2 | 39   | 20.2 | 12.7 | 1.14 | 9.98 | 5.8 | 7.2  | 1.725 | 6.06 | 13.6  |      |      |    |    |    |
| Rb   | Sr   | Y    | Zr   | Nb   | Mo   | Tc   | Ru   | Rh  | Pd   | Ag    | Cd   | In    | Sn   | Sb   | Te | I  | Xe |
| 13.3 | 13.5 | 59.6 | 43.3 | 15.2 | 5.52 | 14.9 | 7.1  | 4.3 | 10.8 | 1.629 | 6.8  | 8     | 11.5 | 39   |    |    |    |
| Cs   | Ba   | *    | Hf   | Ta   | W    | Re   | Os   | Ir  | Pt   | Au    | Hg   | Tl    | Pb   | Bi   | Po | At | Rn |
| 21   | 34.3 |      | 34   | 13.5 | 5.44 | 17.2 | 8.1  | 4.7 | 10.8 | 2.271 | 96.1 | 15    | 21.3 | 107  | 40 |    |    |
| Fr   | Ra   | **   | Rf   | Db   | Sg   | Bh   | Hs   | Mt  | Ds   | Rg    | Cn   | Nh    | Fl   | Mc   | Lv | Ts | Og |
| *    | La   | Ce   | Pr   | Nd   | Pm   | Sm   | Eu   | Gd  | Tb   | Dy    | Ho   | Er    | Tm   | Yb   | Lu |    |    |
|      | 4.7  | 70   | 64.3 | 75   | 94   | 90   | 131  | 115 | 92.6 | 81.4  | 86   | 67.6  | 25   | 58.2 |    |    |    |
| **   | Ac   | Th   | Pa   | U    | Np   | Pu   | Am   | Cm  | Bk   | Cf    | Es   | Fm    | Md   | No   | Lr |    |    |
|      |      | 14.7 | 17.7 | 28   |      |      |      |     |      |       |      |       |      |      |    |    |    |

Fuente: David R. Lide (2009). CRC Press Inc, ed. CRC Handbook of Chemistry and Physics (en inglés)(90 edición). p. 2804. ISBN 978-1-420-09084-0

Con las técnicas Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), se ha trabajado el proyecto para el diseño conceptual, teniendo en cuenta de que se siguen usando en el país, por su sencillez, rapidez y la relativa economía del equipo utilizado.

Siguiendo la norma ASTM-D6431 para el uso del método de corriente continua, se realizaron Sondeos Eléctricos Verticales en arreglo Schlumberger, cuyas mediciones de resistividad se hicieron al nivel del terreno como se establece en la Norma NRF 011 CFE 2004, o similares.

**Procedimiento.** Este método permite realizar una serie de medidas en la superficie de los terrenos, con las cuales se obtienen los valores de resistividades aparentes, en función de la línea de emisión de corriente. Las parejas de valores se representan gráficamente, generando una curva que permite determinar el perfil estratigráfico.

Previo a la realización de esta actividad se realizó un levantamiento de la información geológica y la topografía del área preseleccionada para los estribos y sus alrededores; Tomando en consideración

los resultados obtenidos en el levantamiento citado, se procedió a seleccionar los lugares para la realización de los sondeos y la metodología a aplicar para realizar los mismos.

**Equipo de trabajo.** El equipo de trabajos utilizado para la realización de los sondeos corresponde a un terrametro marca ABEM 300 SAS, de fabricación sueca; auxiliado por cables para electrodos de corriente y por cables para electrodos de potencial.

**Dispositivo.** El dispositivo utilizado para la realización de los SEV fue el cuadripolo de Schlumberger, el cual se trata de una composición simétrica de los electrodos AMNB dispuestos en línea recta, donde la distancia de los electrodos detectores MN (potencial) es mucho menor que la de los electrodos inyectores AB (corriente).

**Sondeos.** Considerando lo establecido anteriormente, respecto a los levantamientos citados, se procedió a la realización de dos sondeos eléctricos verticales, distribuidos en el perfil de la zona preseleccionada para la construcción los estribos.

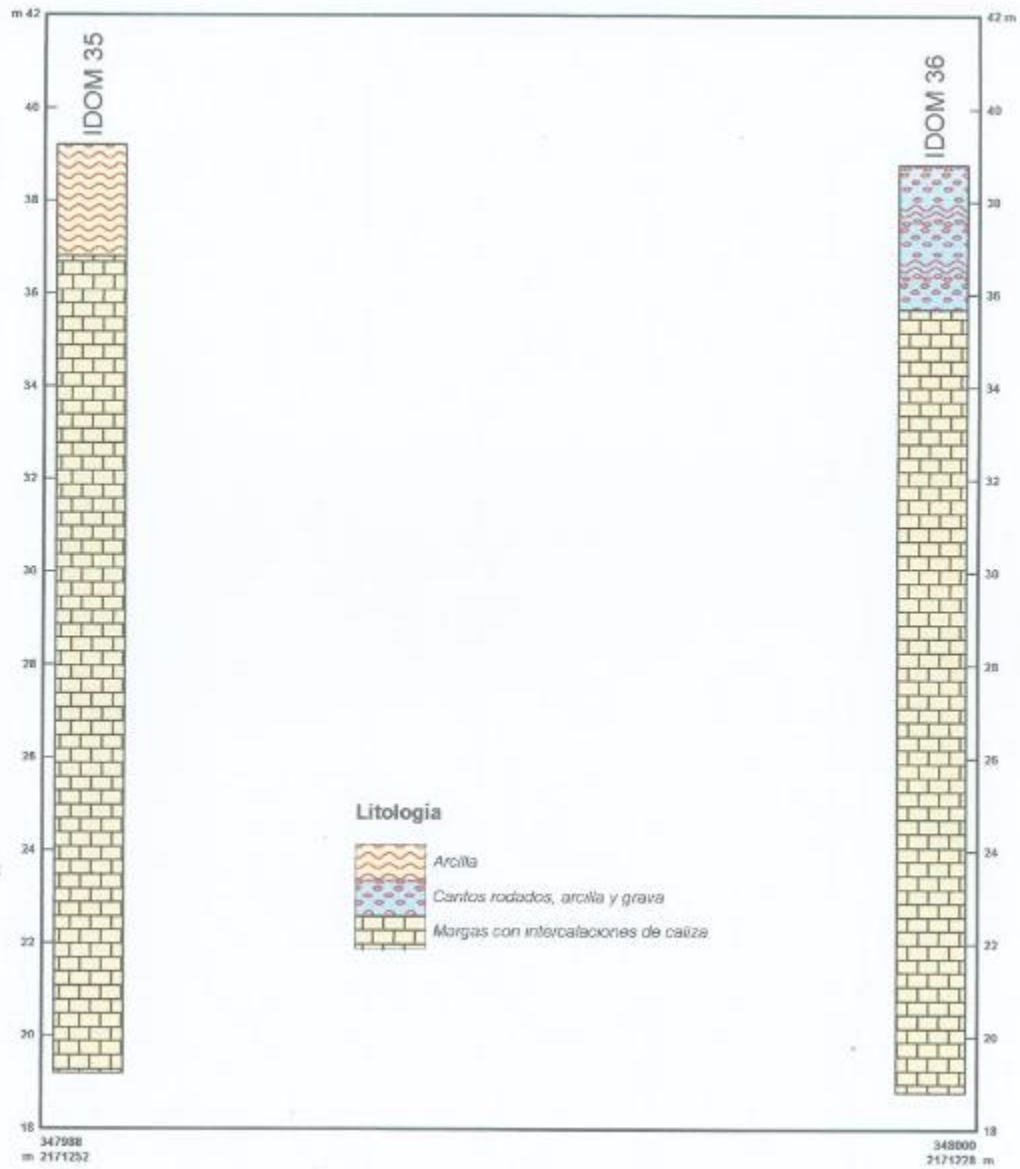
La línea de emisión de corriente (AB/2) establecida para todos los sondeos fue para una profundidad de investigación de aproximadamente 25 metros y el modelo de interpretación utilizado fue el ABEM

El modelo de interpretación en el sondeo identificó dos capas (ver perfiles estratigráficos debajo). La primera capa presenta valores de resistividad relacionados con un material disgregado, asociado a los materiales de la capa vegetal o material poco consolidado de los terrenos.

La segunda y última capa del sondeo, (la tercera capa en algunos sondeos), presenta valores de resistividad relacionados con un material consolidado, presumiblemente compuesto por las areniscas, provenientes de los depósitos aluviales del periodo cuaternario. Dicho estrato aparece después de la capa de material disgregado y es la capa de fundación.

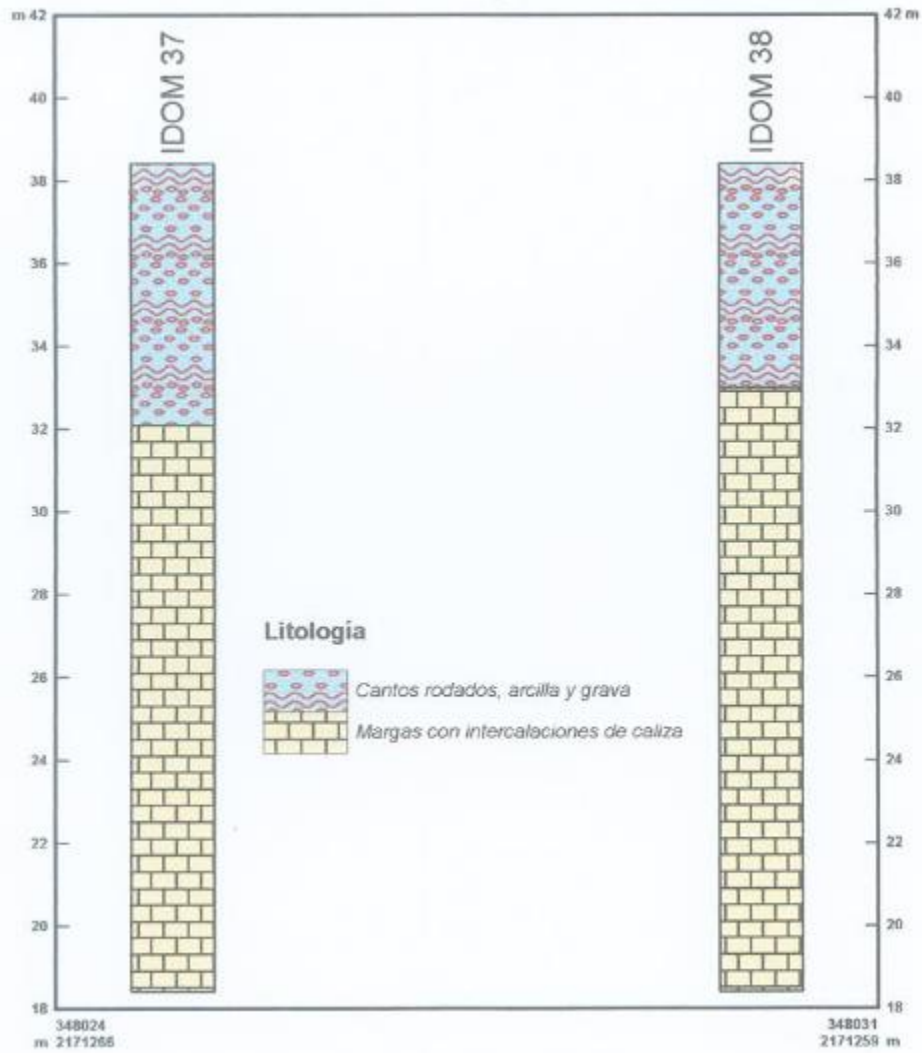
**Estratigrafía.** Los perfiles estratigráficos mostrados a continuación corresponden a la litología de emplazamientos de los dos estribos. Se tomará el resultado menos favorable para la profundidad del hincado de pilote o la profundidad mínima basada en la experiencia, aun cuando el estrato permita una profundidad menor, para proyectarlo a los dos estribos, debido a que los SEV no permiten realizar ensayos dentro del agua. Se toman 10 m como profundidad de hincado valor tomado a partir de la evaluación hecha en campo y comparación con los estudios cercanos similares.

Ilustración 40. Perfil litológico puente Arroyo Jamao (Sondeos 35-36)



Fuente: IDOM-VNG

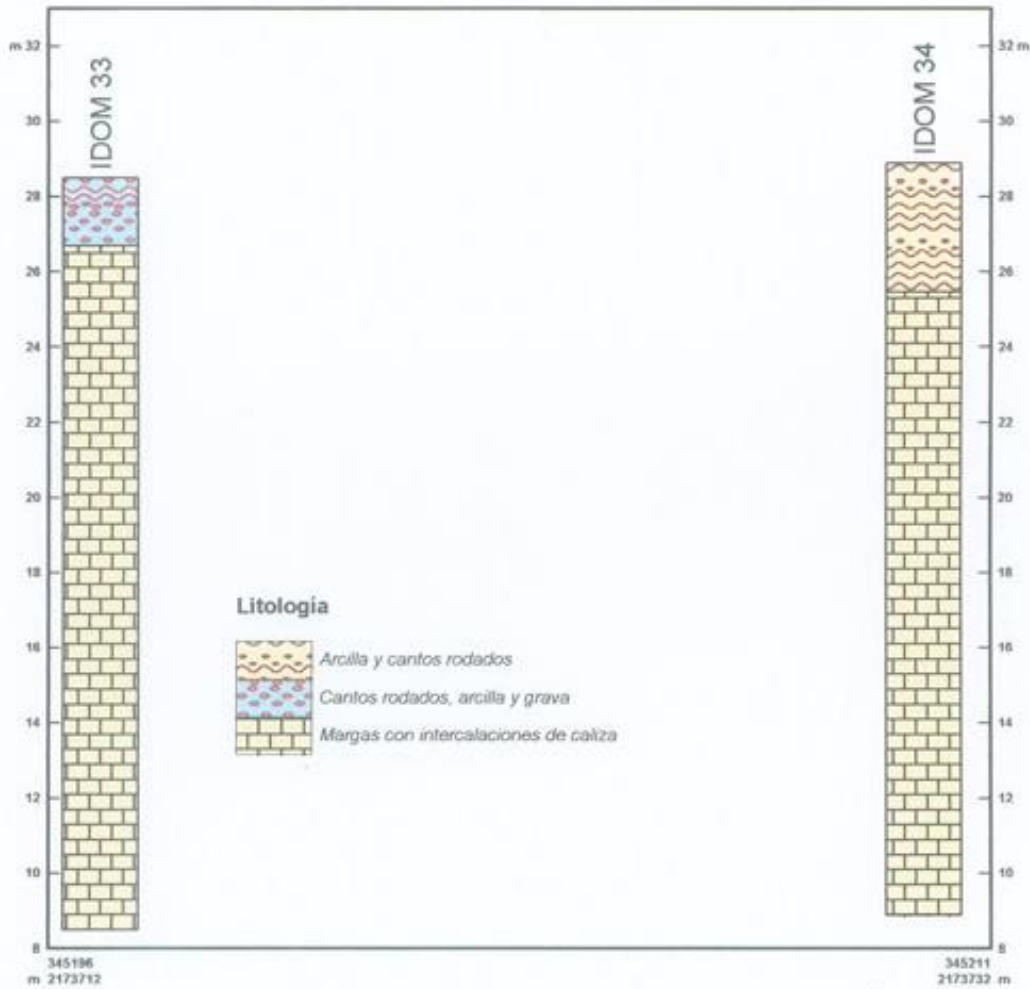
Ilustración 41. Perfil litológico puente Arroyo Aguacate (Sondeos 37-38)



Fuente: IDOM-VNG



Ilustración 42. Perfil litológico puente quebrada seca (Sondeos 33-34)



Fuente: IDOM-VNG

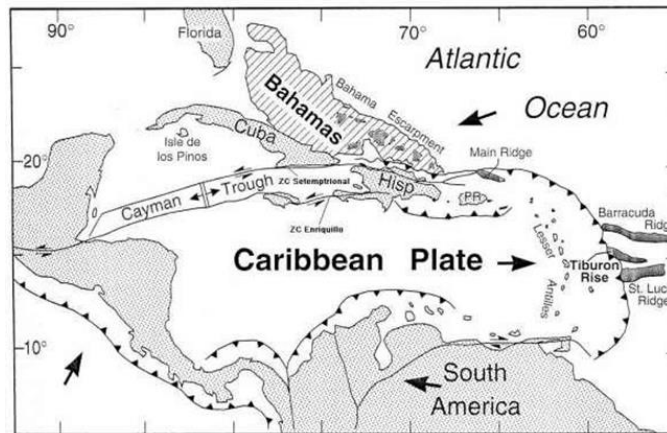
### 8.1.3. GEOLOGÍA

**Geología nacional.** Esta información general, es tomada de las directivas dadas por el MOPC sobre el tema, para proyectos similares y que se incluye en este documento básicamente, como referencia para el diseño final de la obra.

**Estudio Geológico.** La Isla Hispaniola se encuentra en la parte norte de la placa tectónica del Caribe, que desde el eoceno medio se desplaza al este en relación con las placas americanas (Ilustración 10). Este límite representa una compleja zona de deformación de aproximadamente 250Km., donde se manifiestan desplazamientos siniéstrales y colisionales. La Isla Hispaniola está conformada por una aglomeración de terrenos, separados por importantes zonas de fallas, consolidada entre el cretáceo

(65 x 106 años) y mioceno (6 x 106 años) inferiores. Muchos de los límites que separaron los terrenos fueron reactivados formando provincias morfotectónicas de cordilleras y cuencas sedimentarias alargadas, limitadas por fallas (Dolan et al. 1998, DeMets et al. 2000, Mann et al. 2002).

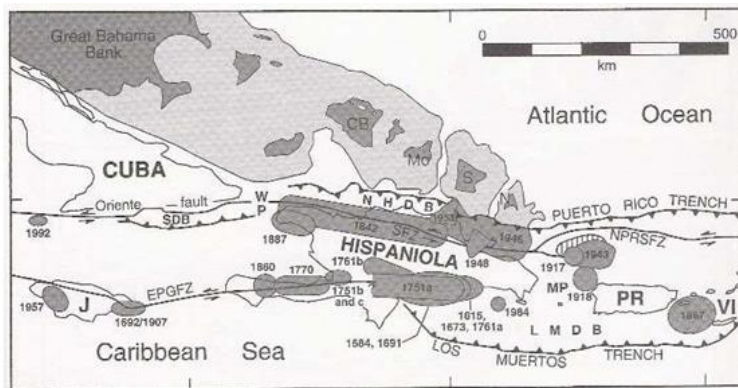
Ilustración 43: Sismicidad histórica ubicada en mapa tectónico de la Placa Caribe (Dolan et al., 1998).



Fuente: SGN

**Peligro Sísmico.** La sismicidad en la Isla Hispaniola continúa activa con registros sísmicos de gran magnitud, tal como se puede ver en la Ilustración, donde se indican la sismicidad histórica y las estructuras tectónicas relacionadas estos eventos. Estudios geológicos y sismológicos realizados en los últimos años revelan que la falla Septentrional asociada a la Placa del Caribe son las estructuras más importantes del punto de vista sismológico, debido a que la falla Septentrional se está acomodando cerca de 8 mm/año, mientras que la Placa del Caribe se está desplazando de 20 a 25 mm/año respecto a Norteamérica.

Ilustración 44: Sismicidad histórica ubicada en mapa tectónico de la Placa Caribe (Dolan et al., 1998).



Fuente: SGN

Estudios respecto a sismicidad en la Isla Hispaniola (ECHO, ONESVIE, SODOSISMICA, PERIE, M. L, 2004) revelan sismos con aceleración entre 0,14 y 0,16g.

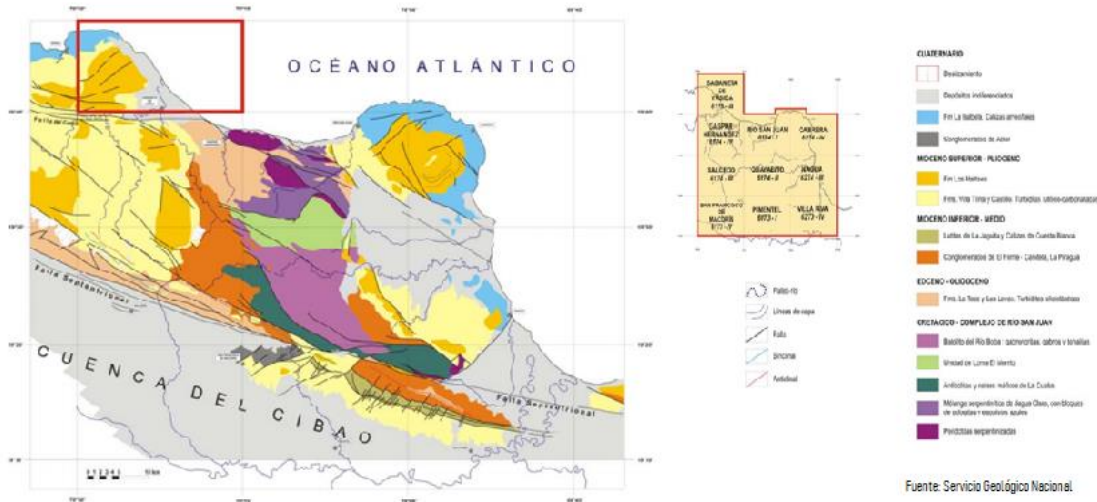
Para el cálculo de las estructuras donde interviene sismo, el MOPC recomienda considerar sismos con aceleración de 0,2g. Asimismo, se aplicarán las indicaciones establecidas en las “Recomendaciones provisionales para el análisis sísmico de estructuras” M -001, publicadas por la Dirección General de Reglamentos y Sistemas del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones – MOPC. De esta manera, los sismos se evaluarán utilizando la bidireccionalidad de sus efectos y se considerará un grado de sismicidad tipo I (Z=1).

**Geología Local.** Sabaneta de Yásica. (Información del Servicio Geológico Nacional).

“La Hoja a escala 1:50.000 de Sabaneta de Yásica (6175-III) se encuentra situada en el sector septentrional de la República Dominicana. Su exiguo territorio emergido se reparte entre el macizo de El Choco, pequeño subdominio de la Cordillera Septentrional, y la Llanura Costera del Atlántico. Los materiales más antiguos, depositados durante el Neógeno, afloran en los bordes del macizo, correspondiendo a la sucesión margoso-calcárea de la Fm Villa Trina, generada en un contexto turbidítico.

Sobre ellos, constituyendo la mayor parte de los afloramientos del macizo, se disponen las calizas de plataforma de la Fm Los Haitises, depositada durante el Plioceno-Pleistoceno. La Llanura Costera del Atlántico está constituida por sedimentos cuaternarios de origen fluvial, lacustre y, principalmente, marino-litoral, destacando entre éstos las construcciones arrecifales de la Fm La Isabela, de edad pleistocena. La estructura superficial del macizo es la de un bloque basculado hacia el norte, en respuesta a la actividad de la falla del Camú, que limita el macizo al sur de la Hoja. Esta estructura general se encuentra enmascarada por una densa red de fracturación de dirección predominante ENE-OSO. La evolución de la zona supone su ascenso continuo desde el Plioceno, con la consiguiente ganancia de terreno al mar y la retirada progresiva de éste cuyo principal resultado son las plataformas de abrasión escalonadas esculpidas en el macizo y las marismas abandonadas de la llanura costera.”

Ilustración 45: Geología de la zona del proyecto. Sabaneta de Yásica



Fuente : Hoja Sabaneta de Yásica. SGN

## 8.1.4. MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

### MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES.

En el diseño final, las fuentes de materiales identificados deberán ser validadas por el consultor, debiendo realizar ensayos de laboratorio y trabajos de campo para esos fines. En el mismo camino hay material que puede ser utilizado para relleno y base, previa validación de laboratorio de suelo.

### CENTROS DE PRODUCCIÓN.

Existen plantas de hormigón industrial en Santiago y Puerto Plata que pueden suministrar todo el hormigón del proyecto. Los materiales ferreteros y productos terminados pueden ser adquiridos en el sector comercial de Gaspar Hernández, Jamao al Norte, o Sabaneta de Yásica.

## 8.1.5. CAMBIO CLIMÁTICO, HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

Con el fin de considerar el riesgo dentro del diseño conceptual del “Camino Vecinal a Las Espinas” es necesario realizar el análisis de varias cuencas y microcuencas que interactúan con el trazo de 5.8 Km de dicho camino. Se determinará cuál es caudal que se deberá considerar para los diseños de los distintos sistemas de drenaje. Los análisis de dichas cuencas se harán desde sus puntos más altos hasta la zona de implementación de cada obra de drenaje.

Para ello será necesario conocer las características hidrológicas del terreno constituyente de las cuencas de captación, de cada uno de los ríos, arroyos y afluentes principales que serán analizados simultáneamente. A partir de estos puntos, se toman los datos de registro de lluvias con los que posteriormente, a través del análisis de un modelo de pérdidas de transformación de la lluvia-

escorrentía y de propagación de los caudales obtenidos, obtendremos los datos de los caudales máximos de avenida para cada uno de los periodos de retorno en estudio en los puntos críticos de análisis.

Estos caudales máximos de avenida serán necesarios para poder elaborar posteriormente un estudio hidráulico del cauce en estudio, del cual podremos obtener una relación de calados, velocidades y posibles áreas inundables adecuadas a la realidad.

A lo largo del camino resaltan 3 cuencas importantes; el Arroyo Jamao, el Arroyo El Aguacate y la Quebrada sin nombre. También se identifican 10 puntos bajos, asociados a microcuencas.

## CAMBIO CLIMÁTICO E HIDROLOGÍA

### Pluviometría

Para el estudio de pluviometría, se hace necesario conocer las características hidrológicas de la zona de estudio. Para ello, se toman los datos de registro de lluvias, las cuales se utilizarán posteriormente para realizar una modelización sus efectos en las cuencas determinadas.

Un gran número de estaciones pluviométricas, pese a encontrarse en una zona cercana al área de estudio, no tienen la solvencia suficiente para poder realizar los análisis pertinentes, puesto que sus datos no cuentan con más de 10 años continuados, algo que está por debajo de las necesidades de series entre 20-30 años y, por lo tanto, incumplen la mínima extensión del registro recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para obtener estadísticas confiables.

A pesar de ello, existen una serie de estaciones dispuestas por toda la República Dominicana, como se puede observar en la Ilustración 46, donde sí se tienen series de precipitación lo suficientemente solventes como para realizar análisis de precipitaciones (del 1994 al 2019) según la mínima extensión del registro recomendado por la OMM.

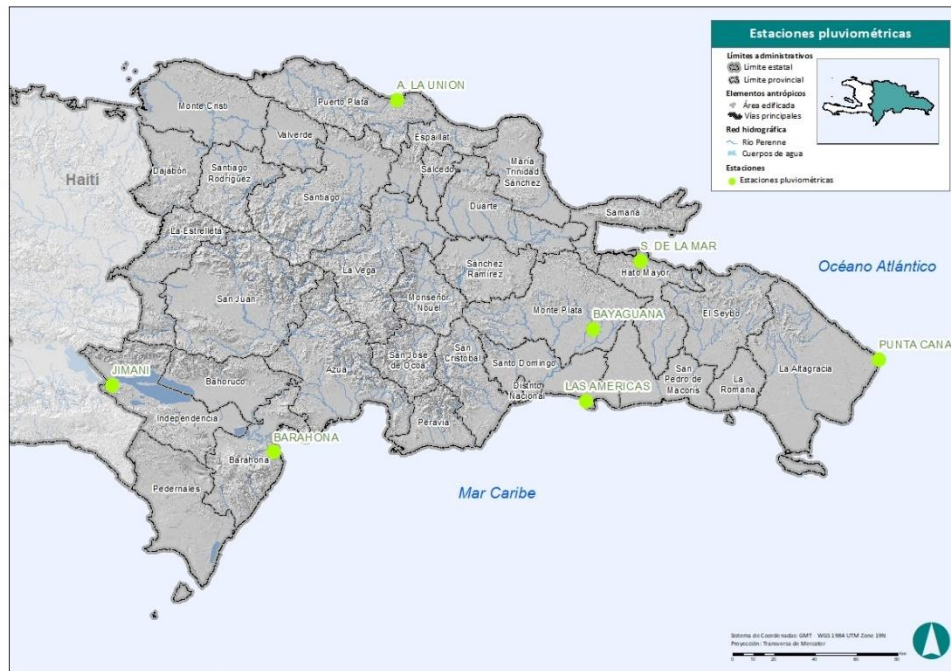
Tabla 27: Características de las estaciones pluviométricas.

| Nombre       | Longitud | Latitud | Elevación |
|--------------|----------|---------|-----------|
| JIMANI       | -71.85   | 18.4834 | 31        |
| BARAHONA     | -71.1    | 18.2    | 10        |
| A. LA UNIÓN  | -70.5499 | 19.75   | 5         |
| LAS AMÉRICAS | -69.6666 | 18.4333 | 17        |
| BAYAGUANA    | -69.6333 | 18.75   | 61        |
| S. DE LA MAR | -69.4166 | 19.0501 | 3         |
| PUNTA CANA   | -68.3167 | 18.6167 | 7         |

Fuente: IDOM-VNG.

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 46: Localización de las estaciones pluviométricas.



Fuente: IDOM-VNG.

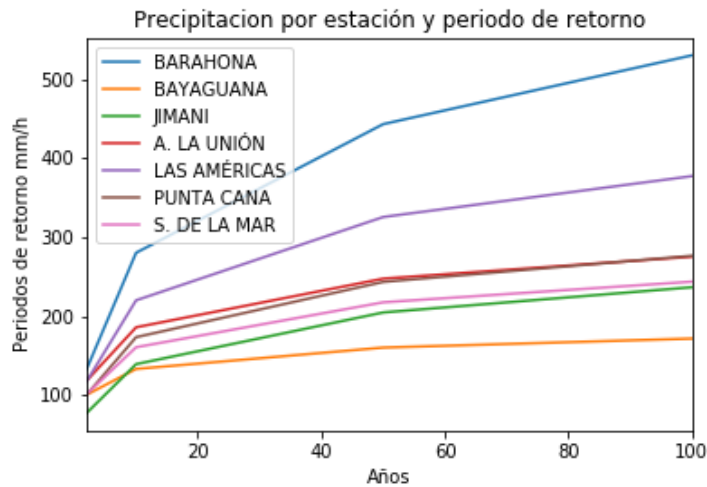
De estas estaciones, se calcula el periodo de retorno para los diferentes años previamente establecido. En estos datos de periodo de retorno Tabla 28, se puede apreciar que, en el periodo de retorno de 2 años, Jimani cuenta con el mínimo valor con 77,35 mm/día mientras que el máximo se encuentra en Barahona con 132,93 mm/día. En cuanto al periodo de retorno de 100 años, las precipitaciones mínimas se encuentran en Bayaguana, con 171, 57 mm/día y las máximas de nuevo en Barahona con 530,37 mm/día.

Tabla 28: Precipitación (mm/día) por estación y periodo de retorno

| Años | Barahona | Bayaguana | Jimani   | A. La Unión | Las Américas | Punta Cana | S. de La Mar |
|------|----------|-----------|----------|-------------|--------------|------------|--------------|
| 2    | 132.932  | 100.4319  | 77.34654 | 118.2425    | 117.4229     | 100.4556   | 101.1869     |
| 10   | 280.2094 | 133.1074  | 139.175  | 185.8463    | 219.9996     | 173.3245   | 160.5738     |
| 50   | 443.1682 | 160.1519  | 204.6388 | 247.4568    | 325.5304     | 243.329    | 217.4926     |
| 100  | 530.3695 | 171.5736  | 236.5889 | 275.3162    | 377.3345     | 276.4675   | 243.671      |

Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 47: Precipitación (mm/día) por estación y periodo de retorno.



Fuente: IDOM-VNG.

Como se menciona anteriormente, las estaciones con las que se cuenta no cubren la zona de estudio de forma eficiente. Por ello, se ha utilizado la *Tropical Rainfall Measurement Mission* (TRMM) para complementar la información de precipitaciones. Se trata de un proyecto conjunto de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) por parte de EEUU y *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) por parte de Japón, cuyo objetivo era proveer de una base de datos de precipitaciones a nivel global, a través de diferentes herramientas descritas en la siguiente Tabla 29.

Tabla 29: Instrumentos utilizados en la TRMM.

|   |
|---|
| <b>Precipitation Radar (PR)</b>                             |
| <b>TRMM Microwave Imager (TMI)</b>                          |
| <b>Visible and Infrared Scanner (VIRS)</b>                  |
| <b>Clouds and the Earth's Radiant Energy Sensor (CERES)</b> |
| <b>Lightning Imaging Sensor (LIS)</b>                       |

Fuente: NASA.

El producto final de la TRMM es una malla a nivel global con una resolución espacial aproximada de 25 km X 25 km (0.25° X 0.25°) y una resolución espacial de 3 horas, en la cual se encuentran diferentes bandas con datos relacionados con la precipitación (Tabla 30).

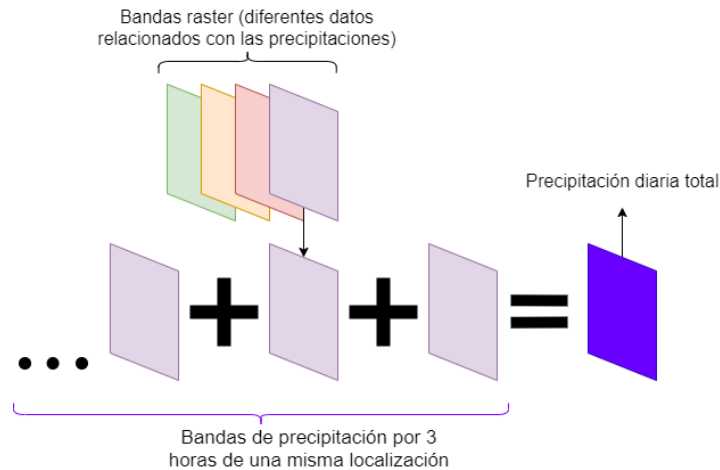
Tabla 30: Bandas de la TRMM.

| Banda                   | Descripción   |
|-------------------------|---|
| <b>Precipitación</b>    | Estimación de precipitación por la combinación de IR y microondas.                                  |
| <b>Error relativo</b>   | Estimación del error relativo a los valores de precipitación por la combinación de IR y microondas. |
| <b>HQ precipitación</b> | Estimación de precipitación por microondas.   |
| <b>IR precipitación</b> | Estimación de precipitación por IR.   |

Fuente: IDOM-VNG.

Utilizando la banda “Precipitación”, los datos de precipitación cada 3 horas se combinan para obtener una nueva malla con resolución espacial diaria (Tabla 30).

Ilustración 48: Extracción de la banda de precipitación principal y creación un nuevo dataset con datos de precipitación diarios.



Fuente: IDOM-VNG.

Tras el proyecto TRMM, el *Global Precipitation Measurement* (GPM) tomó su lugar, para seguir dotando de datos de precipitación en todo el mundo. GPM es, al igual que TRMM, un proyecto conjunto entre la NASA y la JAXA lanzado en 2014. En este caso la resolución espacial es de aproximadamente 11 km X 11 km (0.1° X 0.1°) y la resolución temporal es de 30 minutos.

Tabla 31: Instrumentos utilizados en la GPM

**GPM Microwave Imager (GMI)**  
**Dual-Frequency Precipitation Radar (DPR)**

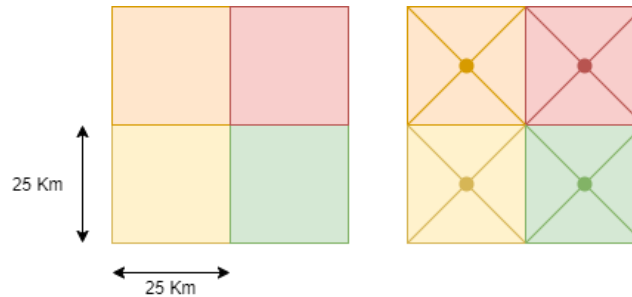
Fuente: NASA.

Para poder combinar la información del TRMM con la del GPM, se ha procedido a equiparar el GPM a la resolución espacial del TRMM y reduciendo estadísticamente la resolución temporal para obtener datos diarios de precipitación.

Finalmente se cuenta con una malla de precipitación diaria para el periodo 1998-2019, con una resolución espacial de  $\approx 25$  km X  $\approx 25$  km. De esta malla se han extraído los centroides, para poder realizar los análisis de forma más eficiente, conteniendo estos el valor relativo a los 25 km cuadrados de extensión (Ilustración 49).



Ilustración 49: Extracción de centroides.



Fuente: IDOM-VNG.

Mapa 2: Localización de los centroides de TRMM.



Fuente: IDOM-VNG.

La aplicación de un algoritmo que calibre la totalidad de los registros de precipitación obtenidos supondría un aplanamiento de los datos en los máximos y mínimos, con lo que los eventos extremos (*outliers*) tenderían a reducirse, siendo ello contraproducente para el desarrollo del estudio. Por consiguiente, tras descartar la posibilidad de calibrar la totalidad de los datos, se ha decidido utilizar los periodos de retorno de las estaciones y los datos satelitales de precipitación, ya que estos se nutren básicamente de eventos extremos.

El Periodo de Retorno ( $T_r$ ) de cualquier evento extremo (lluvias máximas, temperaturas extremas, huracanes, entre otros), se define como el lapso o número de años que, en promedio, se cree que será igualado o excedido, es decir, es la frecuencia con la que se presenta un evento (Mélize y Reason, 2007). El grado de magnitud de un fenómeno extremo está relacionado de forma inversa con su frecuencia de ocurrencia, las precipitaciones muy intensas ocurren con una frecuencia menor que las moderadas o débiles.

Por tanto, la calibración se realizará atendiendo a los periodos de retorno de cada uno de los centroides de TRMM, en comparación con los periodos de retorno de las estaciones. Los periodos de retorno utilizados son 2, 5, 10, 25, 100, 200 y 500 años, con las siguientes distribuciones (Tabla 32).

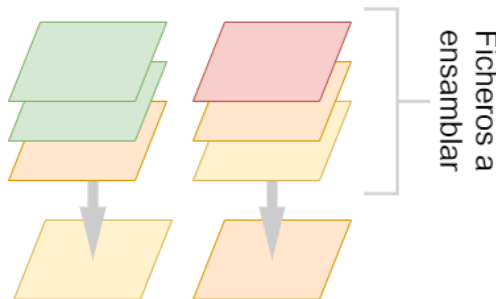
Tabla 32: Lista de distribuciones utilizadas.

|                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| Normal                    | Gamma de 3 parámetros |
| LogNormal de 2 parámetros | Log Pearson tipo 3    |
| LogNormal de 3 parámetros | Gumbel                |
| Gamma de 2 parámetros     | log Gumbel            |

Fuente: IDOM-VNG.

Para ello, se seleccionan los máximos diarios anuales de toda la serie, en este caso los máximos de 1998 y 2019, tanto para los centroides como con las estaciones. Además, para realizar el cálculo de los periodos de retorno, se han utilizado nuevamente un ensamble de diferentes distribuciones (Ilustración 50), siempre cuando tengan una significancia estadística igual o mayor al 95%, con lo que el conjunto de precipitaciones puede ser explicada con la distribución.

Ilustración 50: Ensamble de datasets.



Fuente: IDOM-VNG.

Para cada periodo de retorno, los centroides más cercanos a las estaciones son asignados a estas (Ilustración 51), para poder calcular la diferencia de valores, y asignar estos valores a los centroides correspondientes.

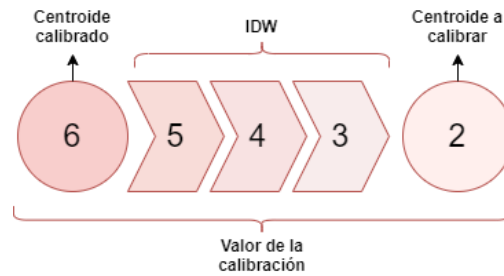
Ilustración 51: Calibración de centroides asignados a estaciones.



Fuente: IDOM-VNG.

A partir de estos valores, se calcula una interpolación inversa a la distancia, con la cual el valor va disminuyendo en cuanto más se aleja al punto que contiene el valor.

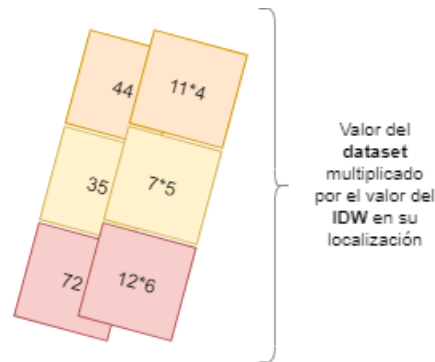
Ilustración 52: IDW con el valor de la calibración



Fuente: IDOM-VNG.

Los centroides extraen el valor de cada interpolación (existen 4, una por cada periodo de retorno utilizado), y dicho valor se multiplica por el valor de precipitaciones del periodo de retorno correspondiente en cada centroide, teniendo como resultado una malla de 25 X 25 km de valores de precipitaciones por cada periodo de retorno (Ilustración 53).

Ilustración 53: Dataset de precipitaciones calibrado.

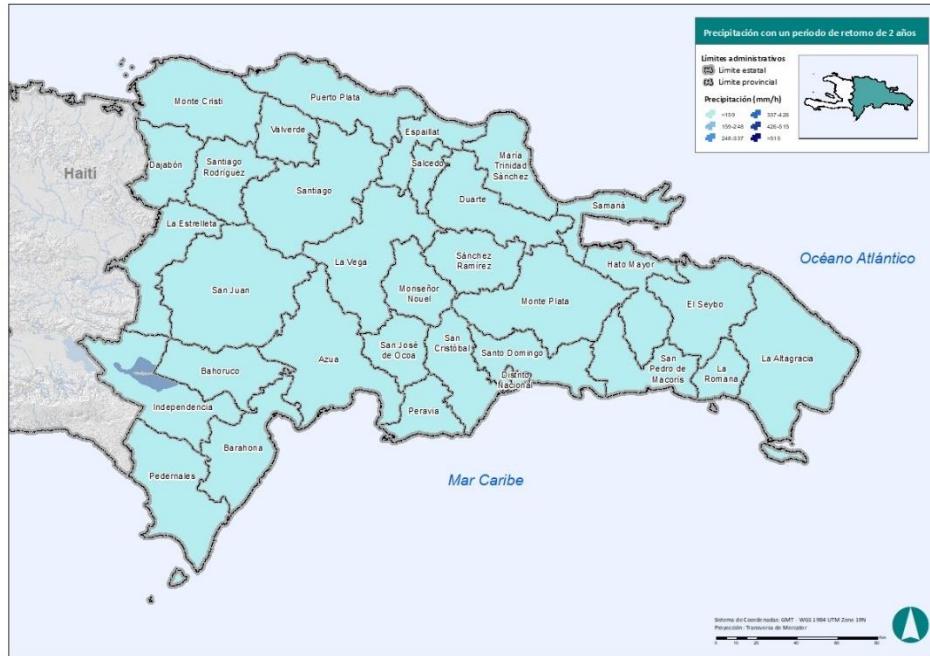


Fuente: IDOM-VNG.

El resultado de estas calibraciones es el de un dataset con una resolución aproximada de 25x25 km, que contiene datos de precipitación para toda la República Dominicana, procedentes de TRMM y GPM y calibrados con las estaciones pluviométricas. A partir de este nuevo dataset, se pueden calcular los periodos de retorno para todo el país, a continuación, se muestran los resultados para 2 años, 10 años, 50 años y 100 años de período de retorno.

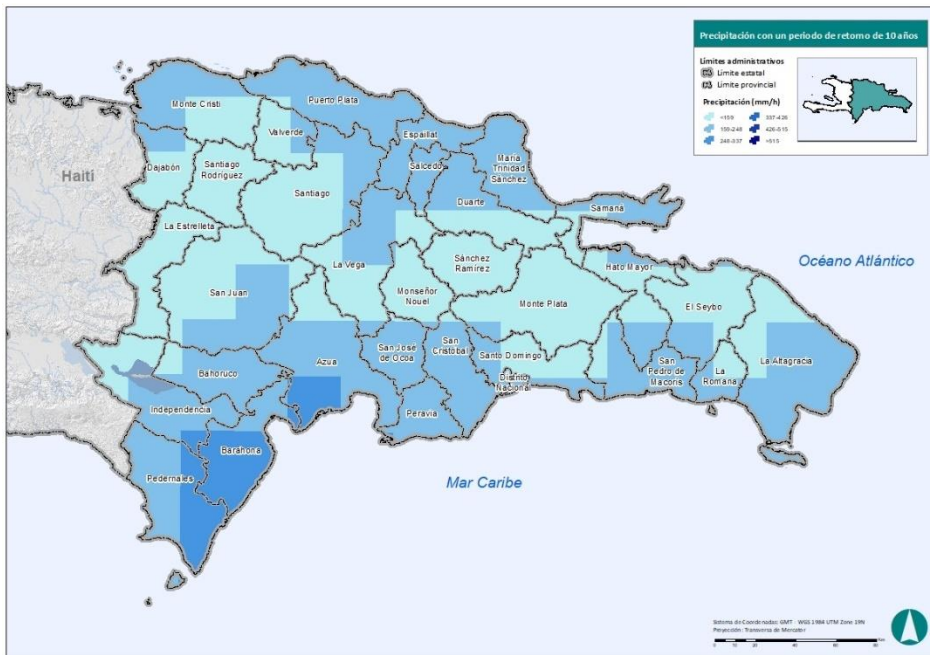
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Mapa 3 Precipitación para un periodo de retorno de 2 años.



Fuente: IDOM-VNG.

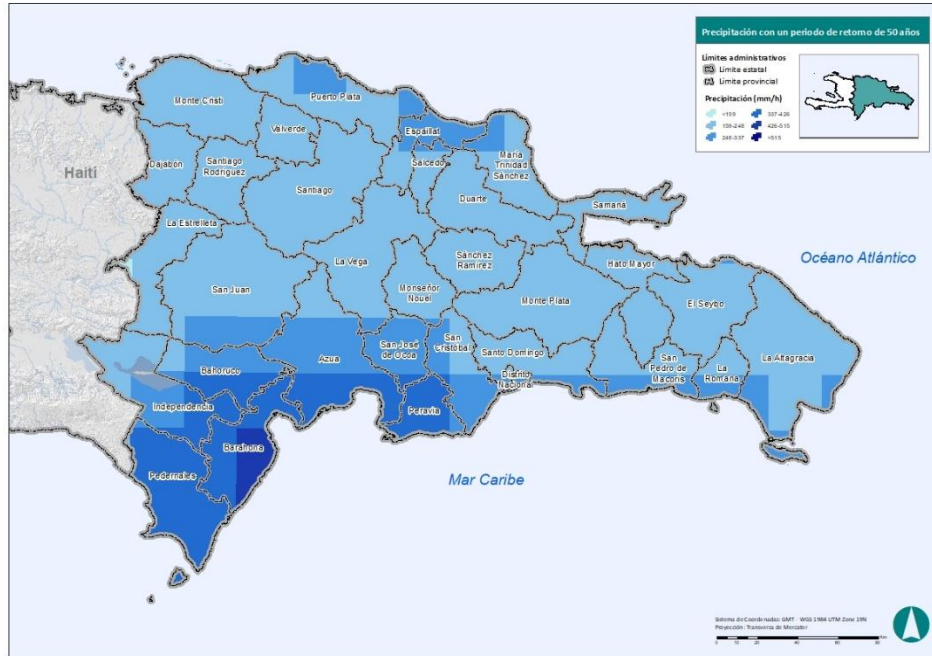
Mapa 4 Precipitación para un periodo de retorno de 10 años.



Fuente: IDOM-VNG.

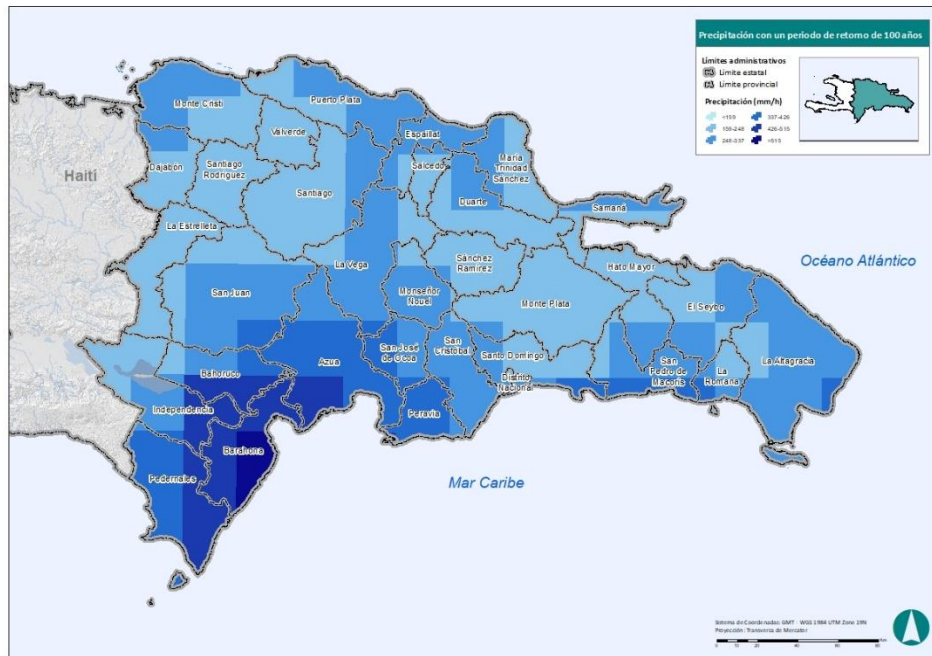
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Mapa 5 Precipitación para un periodo de retorno de 50 años.



Fuente: IDOM-VNG.

Mapa 6 Precipitación para un periodo de retorno de 100 años.



Fuente: IDOM-VNG.

### Clima Futuro – Efectos del Cambio Climático

Para el estudio *Global Climate Models* (GCM), correspondientes al *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5*, (CMIP5) (Thrasher, B., 2012), en base al quinto informe del *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), los cuales contienen información sobre la temperatura mínima y máxima cerca de la superficie (en grados Kelvin) y la precipitación en superficie, incluyendo tanto las fases líquidas y sólidas de todo tipo de nubes (en  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ) (NASA Center for climate simulation, <https://www.nccs.nasa.gov/services/data-collections/land-based-products/nex-gddp>).

La información de los diferentes modelos del CMIP5, para la precipitación procede de la base de datos NASA Earth Exchange *Global Daily Downscaled Projections*, (NEX-GDDP) (Thrasher, B., 2012). Esta contiene 150 años simulados, desde 1950 a 2005 como datos proyectados de forma retrospectiva y del 2006 a 2100, proyectados a futuro, con una resolución espacial aproximada de 25 km X 25 km ( $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ ) y un total de 21 GCMs.

Tabla 33: NEX/GDDP GCMs

|               |                |
|---------------|----------------|
| ACCESS1-0     | IPSL-CM5A-MR   |
| BNU-ESM       | MIROC-ESM      |
| CCSM4         | MIROC-ESM-CHEM |
| CESM1-BGC     | MIROC5         |
| CNRM-CM5      | MPI-ESM-LR     |
| CSIRO-Mk3-6-0 | MPI-ESM-MR     |
| CanESM2       | MRI-CGCM3      |
| GFDL-CM3      | NorESM1-M      |
| GFDL-ESM2G    | bcc-csm1-1     |
| GFDL-ESM2M    | inmcm4         |
| IPSL-CM5A-LR  |                |

Fuente: IDOM-VNG.

Sobre los *Representative Concentration Pathways* (RCPs), de los escenarios 4.5 (estabilización de la fuerza radioactiva) y 8.5 (altos niveles en emisiones de gases de efecto invernadero) y sobre los datasets de proyección histórica (hasta el año 2005), se aplica un análisis multimodal (Ilustración 50: Ensamble de datasets.) a los 21 GCMs, obteniendo como resultado una reducción de la incertidumbre en los resultados (Gleckler et al. 2008) [ Gleckler, P. J., Taylor, K. E., & Doutriaux, C. (2008). Performance metrics for climate models. *Journal of Geophysical Research*, 113(D6). doi:10.1029/2007jd008972].

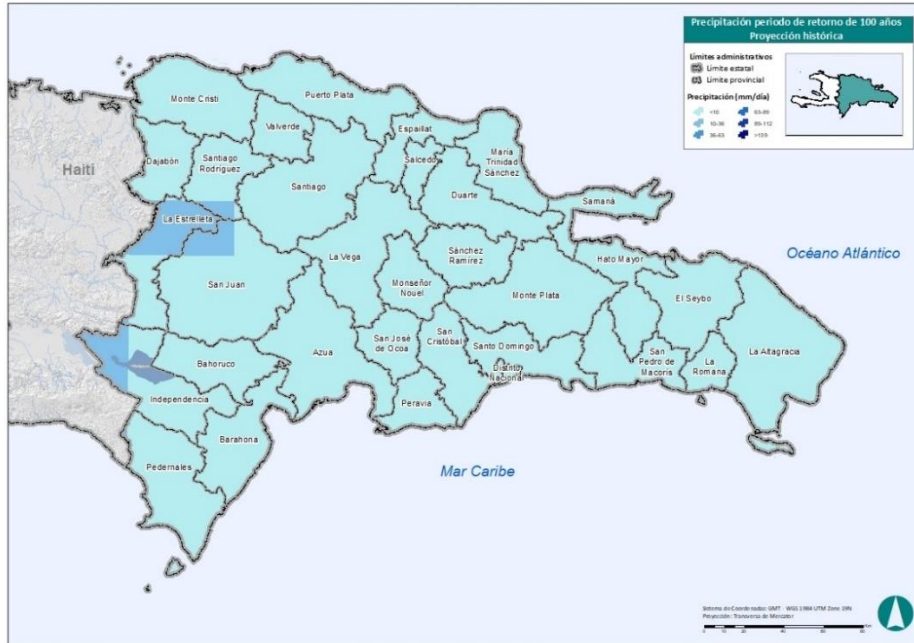
Para poder establecer el porcentaje de cambio que se da en la zona de estudio con los distintos escenarios climáticos, se utilizan los datos históricos proyectados retrospectivamente, puesto que este cambio será más confiable al tratarse de la misma fuente de datos que los escenarios futuros.

A partir de los datasets ensamblados, se extraen los años 1970-2005 para el dataset histórico, y 2046-2070 para los RCP's 4.5 y 8.5. Posteriormente, se calcula el periodo de retorno de 100 años para los

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

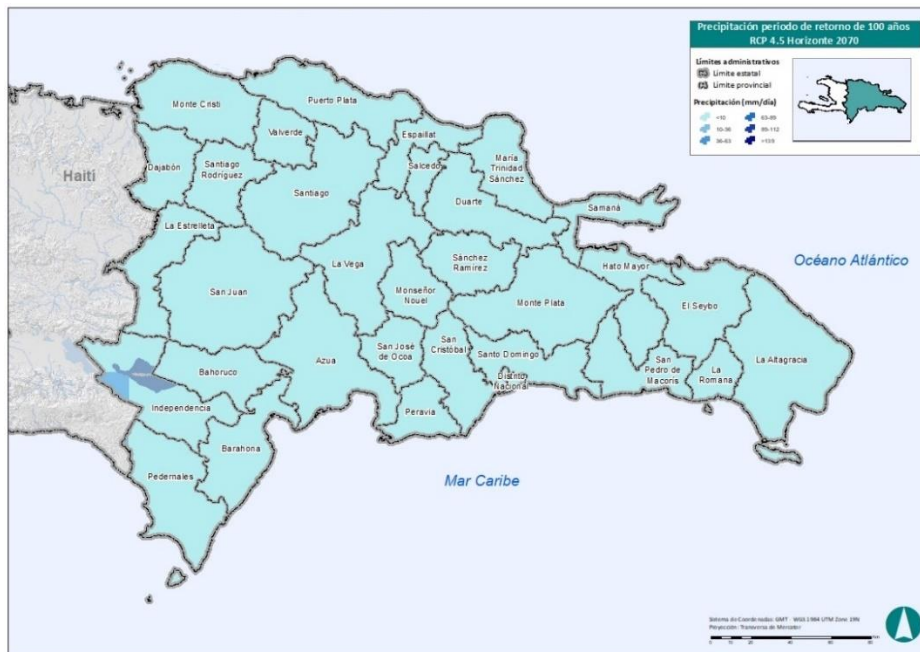
diferentes dataset, los cuales muestra unos porcentajes de cambio enormes en algunos casos como con el RCP 8.5, donde llega a superar el 120% con el histórico (Mapa 7 a Mapa 9).

Mapa 7 Proyección histórica con un periodo de retorno de 100 años.



Fuente: IDOM-VNG.

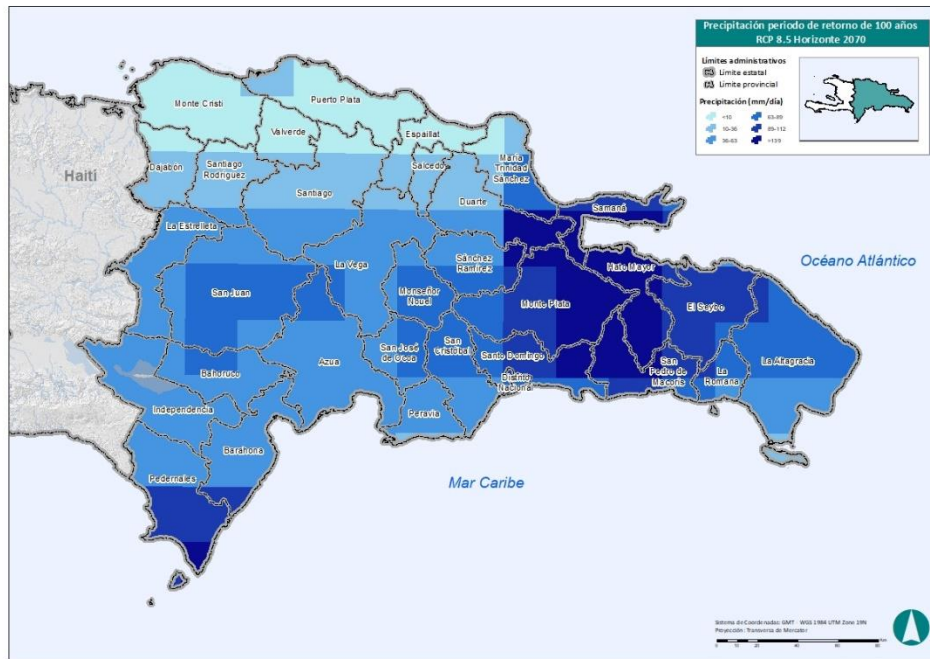
Mapa 8 RCP 4.5 para el periodo 2046- 2070, con un periodo de retorno de 100 años.



Fuente: IDOM-VNG.

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Mapa 9 RCP 8.5 para el periodo 2046- 2070, con un periodo de retorno de 100 años.



Fuente: IDOM-VNG.

Los datasets relacionados con el cambio climático (diferentes modelos de RCP4.5 y RCP 8.5) han de ser descartados para el estudio, puesto que no se halla una significancia estadística en sus tendencias (Ilustración 54 a Ilustración 57).

Los datos, tanto para el escenario actual como el de cambio climático, no muestran una tendencia significativa para método no paramétrico de Mann-Kendall y por lo tanto tampoco para la pendiente de Sen, así como tampoco lo hacen el dataset de estaciones pluviométricas y los datos combinados TRMM/GPM.

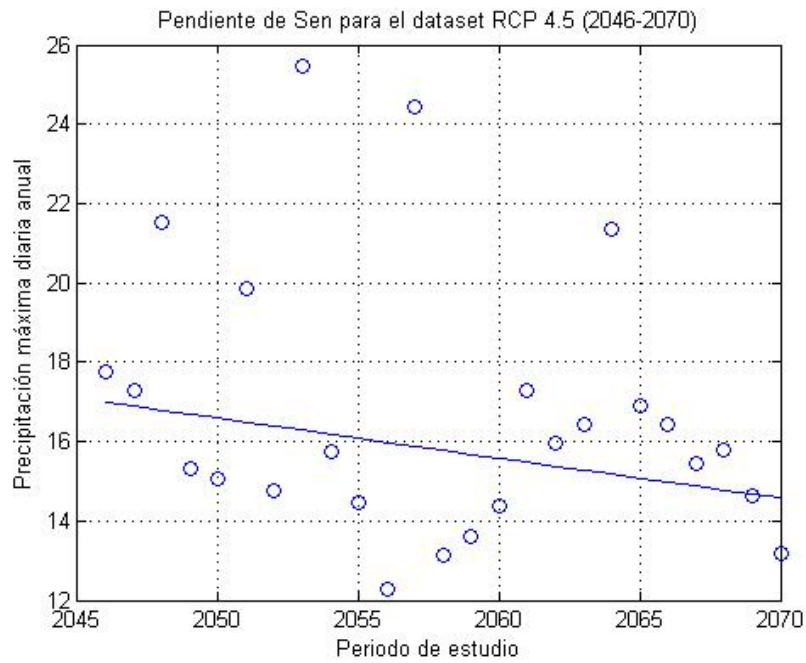
Tabla 34: Método no paramétrico de Mann Kendall y pendiente de Sen por dataset.

| Dataset                | P-valor | Pendiente |
|------------------------|---------|-----------|
| Estaciones (1998-2019) | 0.14    | 2,13      |
| TRMM/GPM (1998-2019)   | 0.57    | -0.22     |
| Historico (1970-2005)  | 0.13    | 0.06      |
| RCP 45 (2046-2070)     | 0.18    | -0.1      |
| RCP 85 (2046-2070)     | 0.52    | -0.05     |

Fuente: IDOM-VNG.

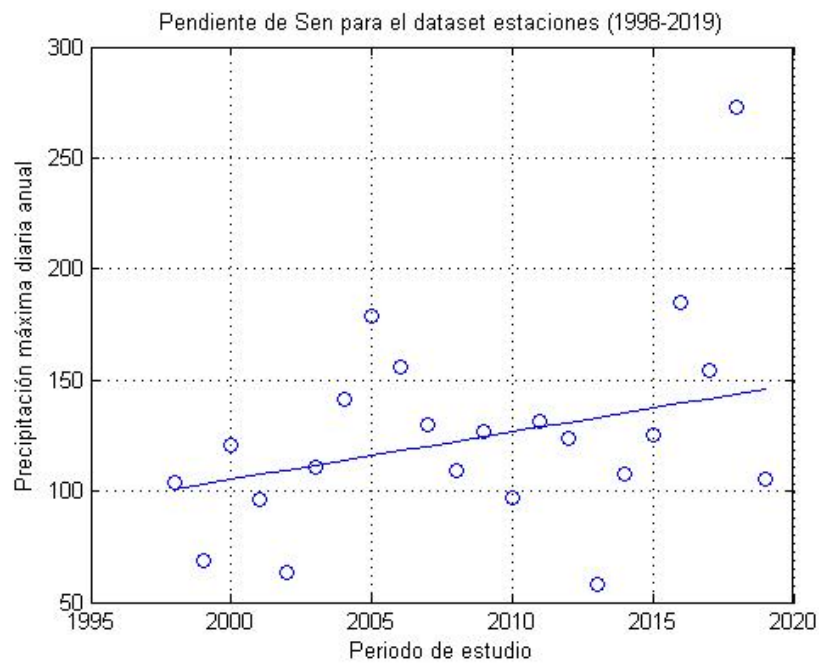


Ilustración 54: Pendiente de Sen para el dataset RCP 4.5 (2046-2070).



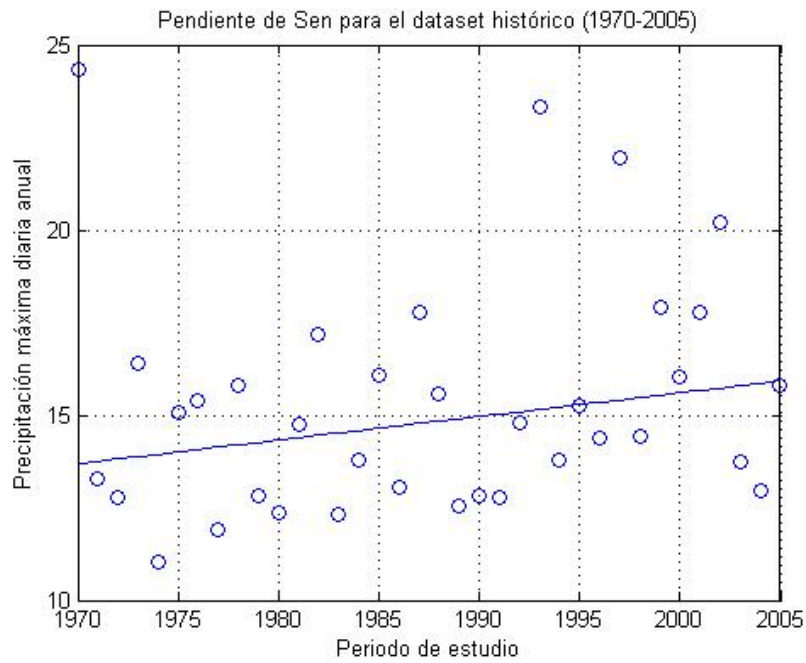
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 55: Pendiente de Sen para el dataset estaciones (1998-2019).



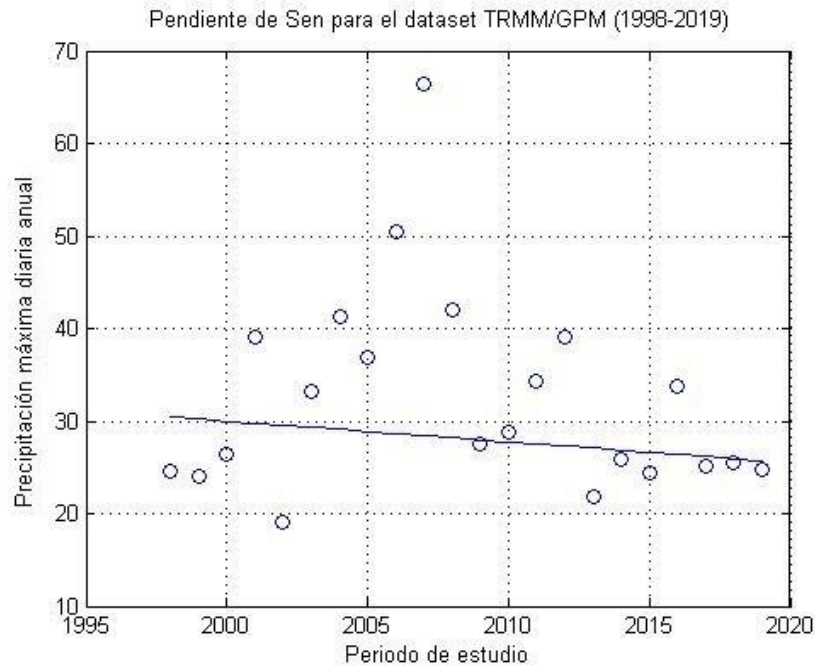
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 56: Pendiente de Sen para el dataset histórico (1970-2005).



Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 57: Pendiente de Sen para el dataset TRMM/GPM (1998-2019).



Fuente: IDOM-VNG.

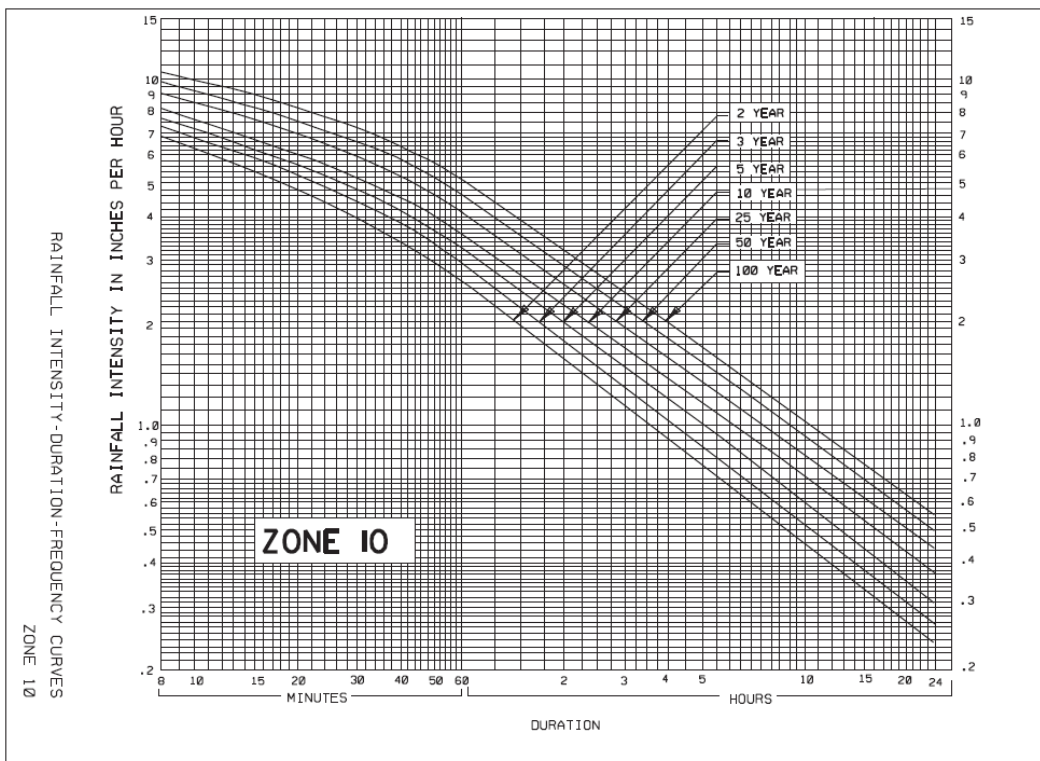
### Distribución temporal de la lluvia

Para una distribución adecuada de la lluvia es necesaria la relación intensidad-duración del aguacero. No todas las estaciones recogen la distribución temporal del aguacero, ya que tienen un único dato de precipitación acumulada diaria, con lo que en esas estaciones se puede obtener el dato de lluvia máxima en 1 día para un periodo de retorno o frecuencia dado, pero, a priori, no se puede conocer la relación volumétrica entre un aguacero de 1 día y otro de menor duración. Sin embargo, esta relación de volúmenes de lluvia recogidos entre aguaceros de distinta duración es similar en distintas partes del mundo, por lo que dado que no se han encontrado curvas de intensidad-duración-frecuencia para República Dominicana, se ha procedido a adoptar como representativa la curva IDF de la ciudad de Miami (Estado de Florida, USA) puesto que desde el punto de vista climatológico se puede asimilar a la zona de estudio.

Así, se ha tomado como base la información proporcionada por el departamento de Transportes del Estado de Florida, en cuyo Manual de Diseño de Drenaje se proporcionan las curvas IDF para distintas zonas del Estado de Florida.

La zona 10 es la que corresponde a la ciudad de Miami, siendo la correspondiente curva IDF la que se muestra a continuación en la Ilustración 58.

Ilustración 58 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) Zona 10 Miami (Estado de Florida, USA).



Fuente: Manual de Diseño de Drenaje, Departamento de Transportes del Estado de Florida (USA).

### Método de abstracciones

Esta metodología pretende obtener la lluvia eficaz o neta, es decir, la parte de la precipitación total del aguacero que realmente contribuye a la generación de caudales mediante escorrentías, contemplándose los siguientes fenómenos:

**Intercepción**, que es la parte de la precipitación que es “atrapada” por la vegetación antes de que alcance el suelo, quedando retenida y volviendo posteriormente a la atmósfera como evaporación.

**Retención**, que es la parte de la precipitación que se deposita en pequeñas depresiones del terreno en forma de charcos, que no contribuyen a la escorrentía superficial hasta que no se llenan por completo y rebosan.

**Infiltración**, por la cual parte de la lluvia pasa a las capas de suelo superficiales en las que queda almacenada hasta que se supera la capacidad de retención de agua de las partículas, momento en que se produce un drenaje vertical hacia los acuíferos profundos, y horizontal, que devuelve el agua a los cauces a través del terreno, constituyendo el “interflujo”, que tiene un considerable retraso sobre los caudales principales.

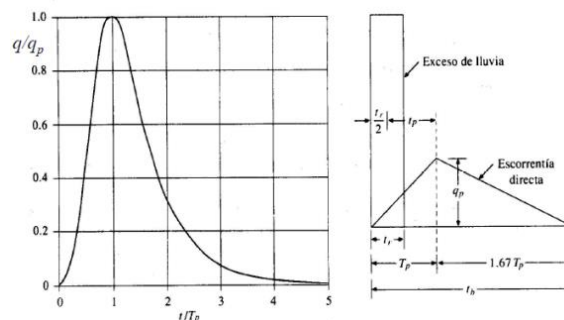
Esto quiere decir que el aporte de las aguas subterráneas generadas por un episodio de lluvia que provoca una inundación no va a tener influencia en los caudales punta que se generan, puesto que el proceso hasta que esa agua es devuelta a la red de drenaje es mucho más lento.

Los fenómenos de intercepción y retención tienen una incidencia fundamental al comienzo de la tormenta, constituyendo la denominada “abstracción o pérdida inicial”, mientras que el de la infiltración tiene una importancia decreciente con el tiempo, pero influye durante todo el desarrollo temporal de la lluvia.

### Hidrograma unitario SCS (Soil Conservation Service), transformación lluvia-escorrentía

El diagrama adimensional del SCS, es un hidrograma unitario sintético en el cual se expresan los caudales en función del caudal pico,  $q_p$  y los tiempos en función del tiempo al pico,  $T_p$ .

Ilustración 59. Hidrograma unitario del SCS



Fuente: Hidrología Aplicada. Ven T. Chow

De lo que se puede deducir mediante fórmulas empíricas que:

$$T_p = \frac{t_r}{2} - t_p \quad \text{y} \quad t_p = 0.6T_c$$

Donde ( $t_r$ ) es la duración de la lluvia efectiva y ( $T_c$ ) es el tiempo de concentración de la cuenca.

El tiempo de concentración ( $T_c$ ), que se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida o de desagüe de la cuenca, se ha calculado teniendo en cuenta diferentes metodologías y adoptando como resultado la media ponderada de los resultados calculados.

Para calcular la abstracción de la lluvia existen diferentes métodos; uno de los más utilizados es el método del número de curva (CN) del Soil Conservation Service (SCS). En este método se establece que, para un evento de precipitación, la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa ( $P_e$ ) es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación ( $P$ ); de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca ( $F_a$ ) es menor o igual a alguna retención potencial máxima ( $S$ ). Existe una cierta cantidad de precipitación ( $I_a$  - abstracción inicial antes del encharcamiento) para la cual no ocurrirá escorrentía, luego la escorrentía potencial es  $P - I_a$ .

La hipótesis del método del número de curva consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales, es decir (Chow et al, 1994):

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a}$$

- *Número de Curva, CN:*

El SCS elaboró curvas con la relación entre escorrentía directa  $P_e$  y precipitación  $P$ . Para superficies impermeables, el número de curva (CN), es igual a 100. Para otras superficies, CN es menor que 100 (Chow et al, 1994).

Se han elaborado tablas para obtener el CN según los siguientes aspectos:

- A) Condiciones de humedad antecedente, con base en la lluvia anterior de 5 a 30 días.
  - Condición AMC(I): Suelo seco. No aplicable a crecida de proyecto. Caudales bajos.
  - Condición AMC(II): Suelo medio. Asociado a crecidas anuales o promedios.
  - Condición AMC(III): Suelo húmedo. Crecidas máximas. Caudales altos.
- B) Tipo de terreno: se refiere al uso del suelo, la cubierta vegetal y las prácticas de cultivo.
  - Poca densidad de vegetación: Condición que conduce a mayores valores de CN y mayores valores de escorrentía.

- Alta densidad de vegetación: Condición que conduce a menores valores de CN y menores valores de escorrentía.
- C) Condiciones hidrológicas de los suelos.

Ven Te Chow (1994) propone una clasificación en función de uso de la tierra y de la clasificación del suelo frente al drenaje. Como se comentaba al principio del apartado, el CN refleja el grado de impermeabilización del suelo, donde 100 es completamente impermeable (como los cuerpos de agua), siendo más bajo este valor cuanto mayor es la capacidad del terreno para infiltrar, retener o evapotranspirar el agua de lluvia.

Tabla 35. Número de curva para condición antecedente de humedad II según el uso del suelo y su grupo hidrológico.

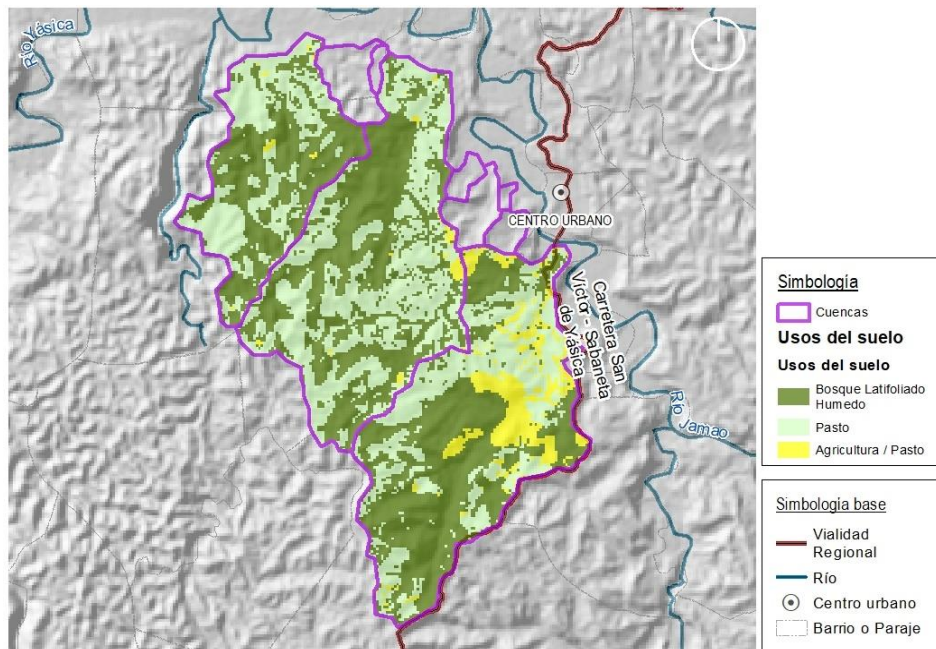
| Descripción del uso de la tierra                                    |                      | Grupo hidrológico del suelo |    |    |    |
|---|----------------------|-----------------------------|----|----|----|
|   |                      | A                           | B  | C  | D  |
| <i>Tierra cultivada</i>   |                      |                             |    |    |    |
| Sin tratamientos de conservación                                    |                      | 72                          | 81 | 88 | 91 |
| Con tratamientos de conservación                                    |                      | 62                          | 71 | 78 | 81 |
| <i>Pastizales</i>   |                      |                             |    |    |    |
| Condiciones pobres  |                      | 68                          | 79 | 86 | 89 |
| Condiciones óptimas   |                      | 39                          | 61 | 74 | 80 |
| Vegas de ríos: condiciones óptimas                                  |                      | 30                          | 58 | 71 | 78 |
| <i>Bosques</i>  |                      |                             |    |    |    |
| Cubierta pobre, sin hierbas   |                      | 45                          | 66 | 77 | 83 |
| Cubierta buena  |                      | 25                          | 55 | 70 | 77 |
| <i>Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios</i> |                      |                             |    |    |    |
| Condiciones óptimas: 75% de pasto o más                             |                      | 39                          | 61 | 74 | 80 |
| Condiciones aceptables: 50-75% de pasto                             |                      | 49                          | 69 | 79 | 84 |
| Distritos industriales (72% impermeables)                           |                      | 81                          | 88 | 91 | 93 |
| <i>Residencial</i>  |                      |                             |    |    |    |
| <i>Tamaño</i>   | <i>% impermeable</i> |                             |    |    |    |
| 1/8 acre  | 65                   | 77                          | 85 | 90 | 92 |
| 1/4 acre  | 38                   | 61                          | 75 | 83 | 87 |
| 1/3 acre  | 30                   | 57                          | 72 | 81 | 86 |
| 1/2 acre  | 25                   | 54                          | 70 | 80 | 85 |
| 1 acre  | 20                   | 51                          | 68 | 79 | 84 |
| Parqueaderos pavimentados, techos                                   |                      | 98                          | 98 | 98 | 98 |
| Áreas comerciales (85% impermeables)                                |                      | 89                          | 92 | 94 | 95 |
| <i>Calles y carreteras:</i>   |                      |                             |    |    |    |
| Pavimentos con cuneta y alcantarillado                              |                      | 98                          | 98 | 98 | 98 |
| Grava   |                      | 76                          | 85 | 89 | 91 |
| Tierra  |                      | 72                          | 82 | 87 | 89 |

Fuente: Hidrología Aplicada; Ven Te Chow

El Programa de Observación de la Tierra de la Unión Europea (Copernicus), mediante su servicio de monitoreo del suelo ha desarrollado una extensión de los números de curva para aquellos tipos de suelo que Ven Te Chow agrupaba dentro de un mismo género, dando como resultado el inventario CORINE Land Cover (CLC), el cual ha sido utilizado también para asignar los CN de las cuencas estudiadas.

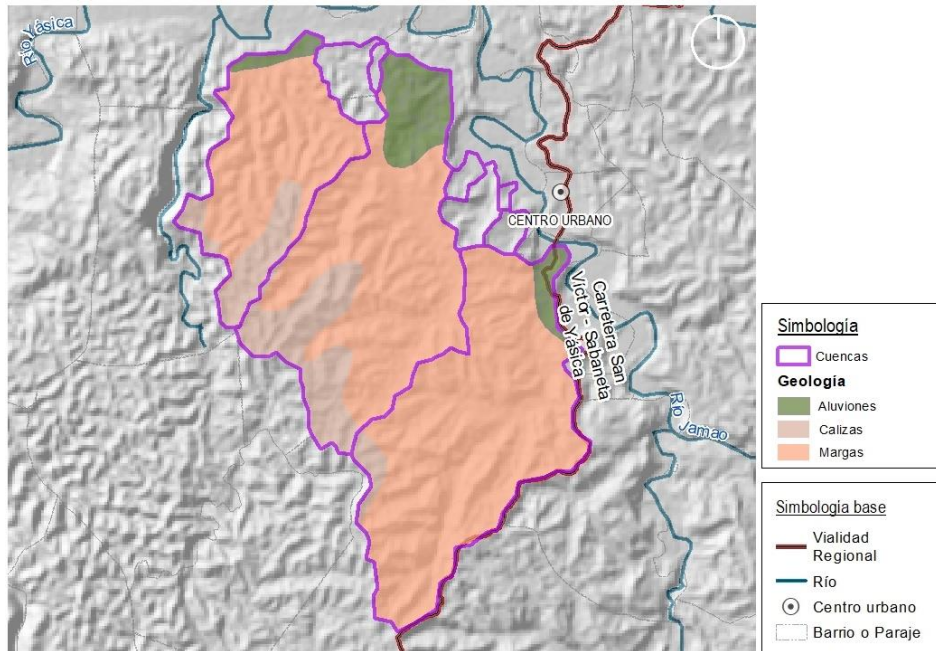
En las siguientes ilustraciones, se muestra los usos del suelo, la clasificación geológica, la clasificación frente al drenaje del *Soil Conservation Service* obtenida a partir de la geología mostrada y, finalmente, los números de curva de las cuencas de los Arroyos Jamao y El Aguacate y de la Quebrada sin nombre.

Ilustración 60: Usos de suelo en las cuencas de la Quebrada sin nombre (izq), Arroyo El Aguacate (med) y Arroyo Jamao (der).



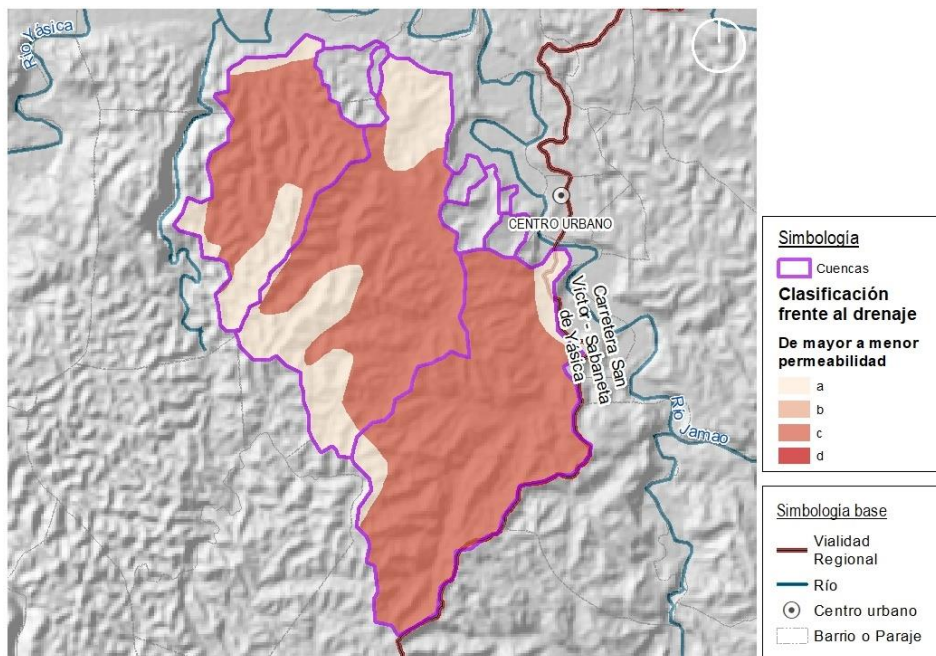
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 61: Geología en las cuencas de la Quebrada sin nombre (izq), Arroyo El Aguacate (med) y Arroyo Jamao (der).



Fuente: IDOM-VNG.

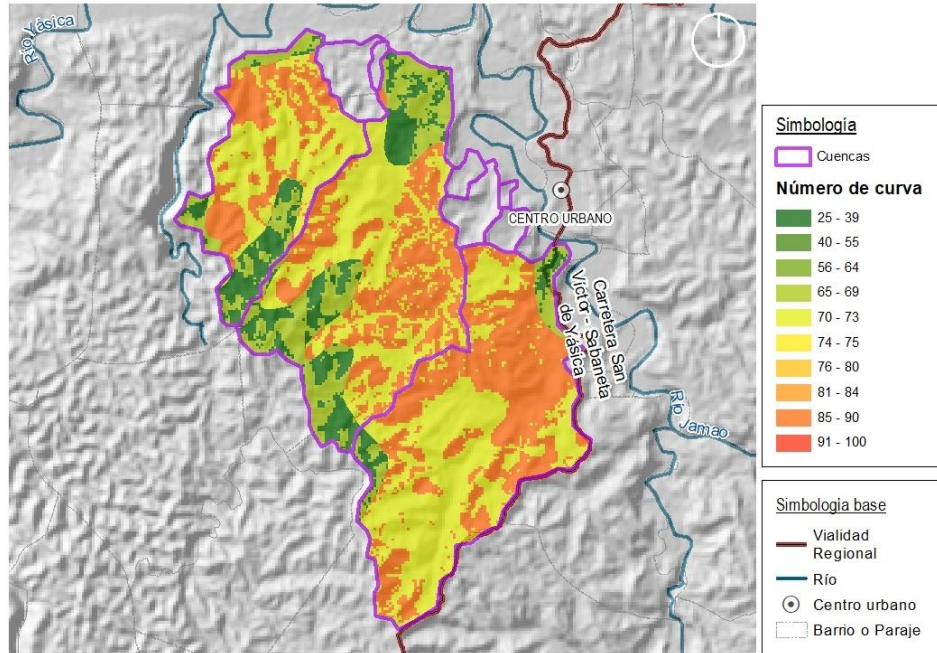
Ilustración 62: Clasificación frente al drenaje en las cuencas de la Quebrada sin nombre (izq), Arroyo El Aguacate (med) y Arroyo Jamao (der).



Fuente: IDOM-VNG.



Ilustración 63: Número de Curva en las cuencas de la Quebrada sin nombre (izq), Arroyo El Aguacate (med) y Arroyo Jamao (der)



Fuente: IDOM-VNG.

Para calcular el número de curva para una condición antecedente de humedad diferente a la II, se utilizan las siguientes expresiones (Chow, 1994):

$$CN(I) = \frac{4.2 \cdot CN(II)}{10 - 0.058 \cdot CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

- Retención potencial máxima (S)

Es la máxima precipitación absorbida por la cuenca.

S se relaciona con el número de curva CN de escorrentía mediante la siguiente fórmula:

$$CN = \frac{1000}{(10 + S)}$$

Para áreas impermeables, S = 0 y CN = 100. Para área sin escurrimiento, S = ∞ y CN = 0.

Como ya se ha mencionado, los usos del suelo definen el número de curva, por tanto, uno de los principales factores que influye en la cantidad de lluvia que no se convierte en escorrentía es la cobertura vegetal del suelo, cuanto más densa es esta menor es la escorrentía.

Con esto, en función de la clasificación del suelo frente al drenaje y los usos de la tierra se obtiene el Número de Curva para toda la zona de estudio para un antecedente de humedad II.

- *Pérdidas por intercepción (I<sub>a</sub>)*

Es el almacenamiento en superficie e infiltración antes de presentarse la escorrentía. Para elevada precipitación, ésta se hace igual a la escorrentía. Por experiencia, se tiene que las pérdidas por infiltración “I<sub>a</sub>” son el 20% de la retención potencial máxima S, así (Ven Te Chow, 1994):

$$I_a = 0.2S$$

- *Relación entre el coeficiente de escorrentía y el número de curva*

Por definición, el coeficiente de escorrentía medio final de un aguacero vale

$$C = \frac{E_s}{P}$$

La escorrentía superficial (E<sub>s</sub>) que genera cualquier aguacero (P) se puede cuantificar mediante el método del Número de Curva. Admitiendo la relación habitual  $I_a = P_0 = 0.2 \cdot S$  se tiene que:

$$E_s = \frac{(P - P_0)^2}{P + 4 \cdot P_0} \quad \text{si} \quad P > P_0$$

Sustituyendo en el cociente de C se tiene

$$C = \frac{E_s}{P} = \frac{\left(\frac{P}{P_0} - 1\right)^2 \cdot P_0^2}{P^2 + 4 \cdot P \cdot P_0}$$

Y a su vez, el umbral de escorrentía P<sub>0</sub> es función del número de curva:

$$P_0 = 0.2 \cdot \frac{25400 - 254 \cdot N}{N} = \frac{5080 - 50.8 \cdot N}{N}$$

Se observa cómo el coeficiente de escorrentía depende de la precipitación analizada y del Número de Curva.

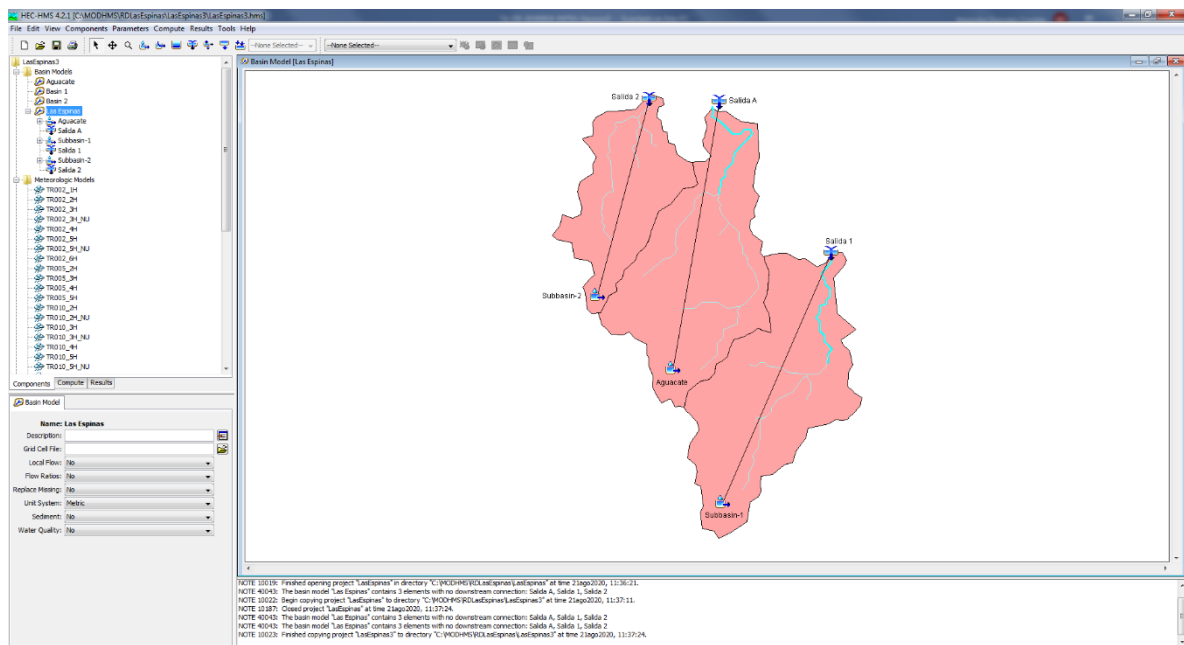
### **Modelo HMS, propagación de hidrogramas**

El software HMS, (Flood Hydrograph Package) desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers, es una herramienta de ayuda al cálculo donde se obtienen hidrogramas de salida en los puntos de estudio o de unión determinados sobre el cauce, mediante la aplicación del modelo matemático de transformación lluvia-escorrentía-propagación.

El modelo está diseñado en general para simular la respuesta de una cuenca compleja a la precipitación, representándola como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos; un componente puede ser una subcuenca, un tramo de río, un embalse, etc.; el resultado del proceso de simulación es el cálculo del hidrograma de avenida en los puntos deseados.

Para el modelo de los puentes en Camino a Las Espinas se han planteado un total de 3 cuenca y 3 punto de control o estudio, donde podemos conocer los resultados del hidrograma de salida.

Ilustración 64. Modelo hidrológico HEC-HMS de las cuencas de la Quebrada sin nombre (izq), Arroyo El Aguacate (med) y Arroyo Jamao (der)



Fuente: IDOM-VNG

El objetivo mediante diferentes hietogramas de entrada para cada subcuenca es conocer el caudal punta en hidrograma de salida para los periodos de retorno y puntos de control o estudio.

La transformación del exceso de precipitación en escorrentía, y por lo tanto caudales a la salida de la cuenca, se realizará mediante el método del hidrograma unitario del SCS, considerando el transporte del hidrograma mediante el método de Muskingum.

El hidrograma unitario es característico de la cada subcuenca considerada y no depende de la tormenta, pudiendo ser linealmente superpuestas las escorrentías debidas a diferentes periodos de precipitación.

El método del hidrograma unitario del SCS requiere para el cálculo:

- El tiempo de retardo de la subcuenca (Tlag).

$$T_{lag} = 0.6 * 0.0136 * L^{0.8} * \frac{\left(\frac{1000}{CN-9}\right)^{0.7}}{S^{0.5}}$$

- El Número de Curva (CN).
- Las características físicas de la subcuenca: longitud de cauce (L), área (A), pendiente (S).

Para el transporte del hidrograma mediante el método de Muskingum se calcularán los parámetros correspondientes al mismo (K, X), siendo (K) el tiempo de viaje de la onda en hrs y (X) el coeficiente de ponderación que depende de los flujos de entrada y salida.

El coeficiente de ponderación suele tomar valores entre 0.1 y 0.3; en este caso se establece 0.2 de acuerdo con lo propuesta para cauces naturales en “Applied Hydrology” de Ven Te Chow.

El tiempo de viaje depende de la longitud del tramo y la velocidad de la onda.

$$K = \frac{L}{V_w}$$

$V_w$  = velocidad de la onda (m/s).

L = longitud del cauce principal (m).

La velocidad de la onda ha sido estimada a partir del producto de la velocidad media del cauce por el ratio  $V_w/V$ , el cual es función de la forma del canal, que para el caso de cauces naturales toma un valor de 1.5 de acuerdo con la publicación “Flood-Runoff Analysis” del U.S. Army Corps of Engineers.

La velocidad media en el tramo en cuestión se estimará mediante la fórmula empírica propuesta por el Michigan Department of Natural Resources - Land and Water Management Division.

$$V = k * S^{0.5}$$

Siendo:

V = velocidad media (fps).

S = la pendiente del tramo (%).

k = coeficiente basado en el tipo de cauce, 2.1 para este caso.

Los parámetros hidrológicos para el cálculo de abstracciones, así obtenidos para las de la Quebrada sin nombre y los Arroyos Aguacate y Jamao se muestra a continuación.

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

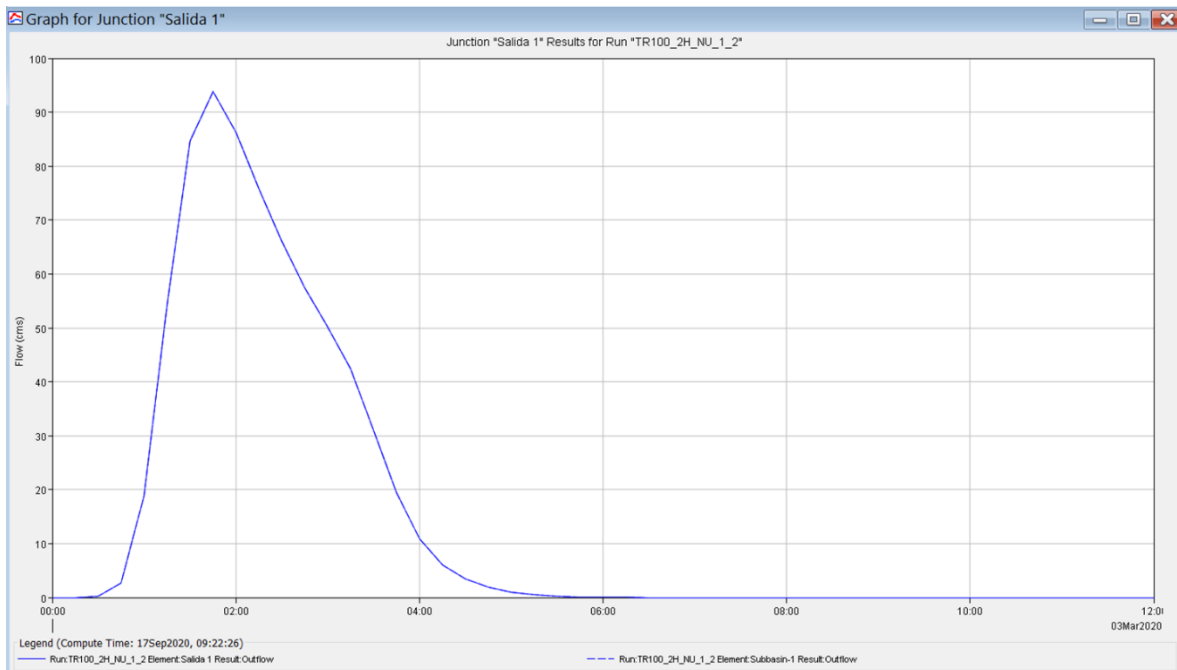
Tabla 36: Parámetros para el cálculo de abstracciones de la Quebrada sin nombre, Arroyos El Aguacate y Jamao

| PARÁMETROS PARA ABASTRACIONES |                 |                 |                     |                  |                  |           |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|------------------|------------------|-----------|
| Identificación                | Total           | Retenc.Máx<br>S | Pérdida Inic.<br>la | Retardo<br>t-lag | Retardo<br>t-lag |           |
|                               | Km <sup>2</sup> |                 |                     |                  |                  | CN medio* |
| Sin nombre                    | 3,662           | 68,84           | 114,97              | 22,99            | 0.591            | 35.439    |
| Aguacate                      | 6,813           | 67,87           | 120,24              | 24,05            | 1.004            | 60.216    |
| Arroyo Jamao                  | 6,667           | 75,71           | 81,49               | 16,30            | 0.592            | 35.494    |

Fuente: IDOM-VNG

La salida del programa otorga datos y gráficas descriptivas para cada cuenca, A título ilustrativo en la siguiente ilustración se muestran los hidrogramas de salida de caudal de la Quebrada sin nombre y los Arroyos Aguacate y Jamao en la ubicación de cada puente para el periodo de retorno de 100 años.

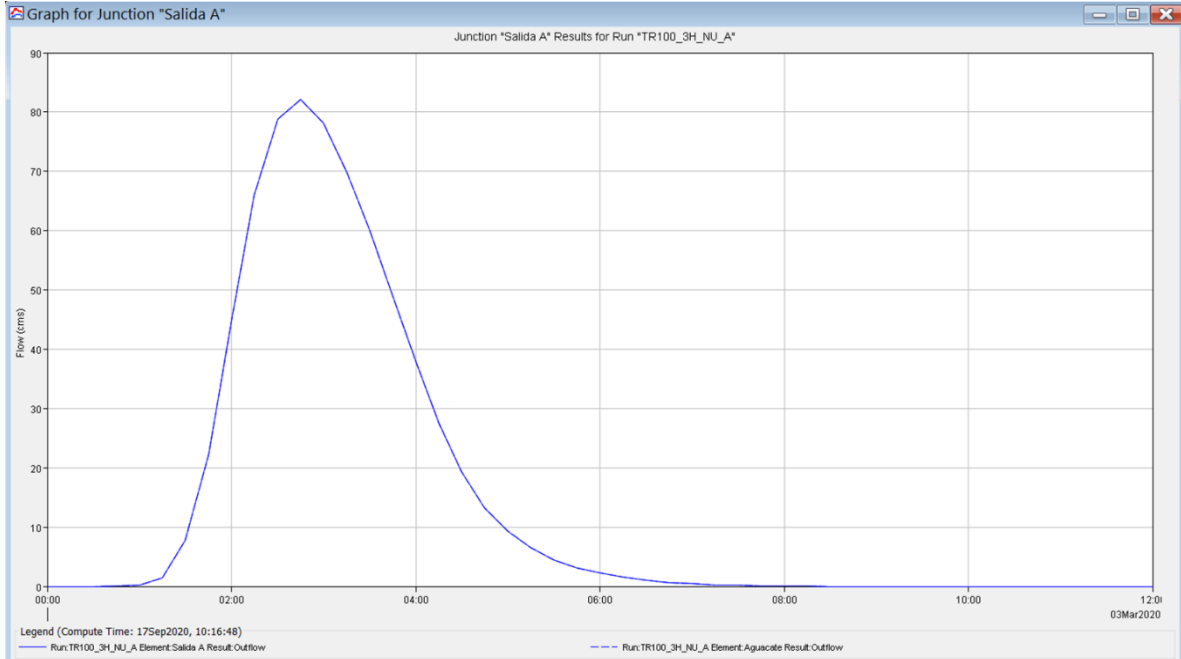
Gráfico 3. Hidrograma en cada punto de estudio de la Cuenca del Arroyo Jamao, para el modelo de TR 100 años.



Fuente: IDOM-VNG

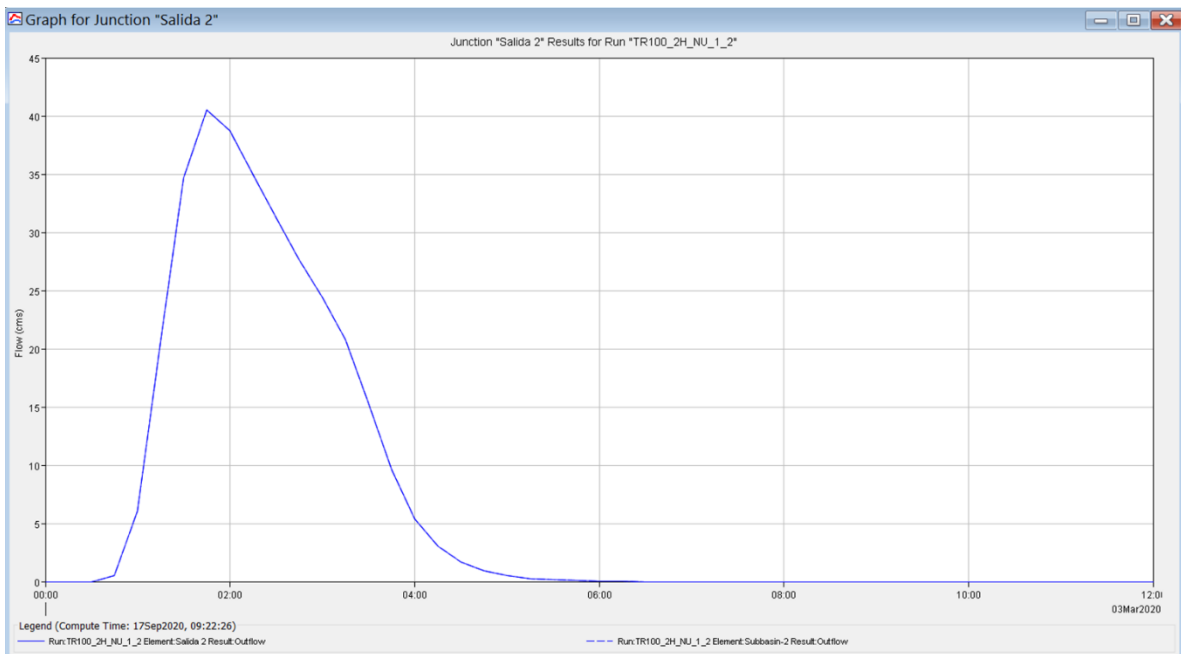
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Gráfico 4. Hidrograma en cada punto de estudio de la Cuenca del Arroyo El Aguacate, para el modelo de TR 100 años.



Fuente: IDOM-VNG

Gráfico 5. Hidrograma en cada punto de estudio de la Cuenca de la Quebrada sin nombre, para el modelo de TR 100 años.



Fuente: IDOM-VNG

### Modelos Hidrológicos

Se muestran a continuación los principales resultados obtenidos para los modelos de las cuencas de la Quebrada sin nombre y los Arroyos Jamao y El Aguacate para los periodos de retorno de 2, 10, 50, 100 y 200 años.

Tabla 37: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 2 años.

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Jamao    | 6.667                              | 28.7                             | 02:15          | 25.77        |
| Salida   | 6.667                              | 28.7                             | 02:15          | 25.77        |

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 38: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 10 años.

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Jamao    | 6.667                              | 47,0                             | 01:45          | 50,01        |
| Salida   | 6.667                              | 47,0                             | 01:45          | 50,01        |

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 39: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 50 años.

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Jamao    | 6.667                              | 78,7                             | 01:45          | 80,79        |
| Salida   | 6.667                              | 78,7                             | 01:45          | 80,79        |

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 40: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 100 años.

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Jamao    | 6.667                              | 93,9                             | 01:45          | 95,49        |
| Salida   | 6.667                              | 93,9                             | 01:45          | 95,49        |

Fuente: IDOM-VNG

**MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

**Tabla 41: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 200 años.**

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Jamao    | 6.667                              | 110,5                            | 01:45          | 111,57       |
| Salida   | 6.667                              | 110,5                            | 01:45          | 111,57       |

Fuente: IDOM-VNG

**Tabla 42: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 2 años.**

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Aguacate | 6,813                              | 16,3                             | 03:45          | 21,55        |
| Salida   | 6,813                              | 16,3                             | 03:45          | 21,55        |

Fuente: IDOM-VNG

**Tabla 43: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 10 años.**

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Aguacate | 6,813                              | 44,7                             | 03:45          | 56,00        |
| Salida   | 6,813                              | 44,7                             | 03:45          | 56,00        |

Fuente: IDOM-VNG

**Tabla 44: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 50 años.**

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Aguacate | 6,813                              | 62,4                             | 03:15          | 85,33        |
| Salida   | 6,813                              | 62,4                             | 03:15          | 85,33        |

Fuente: IDOM-VNG



**MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

**Tabla 45: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 100 años.**

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Aguacate | 6,813                              | 82,1                             | 02:45          | 90,88        |
| Salida   | 6,813                              | 82,1                             | 02:45          | 90,88        |

Fuente: IDOM-VNG

**Tabla 46: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 200 años.**

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Aguacate | 6,813                              | 87,7                             | 02:15          | 111,13       |
| Salida   | 6,813                              | 87,7                             | 02:15          | 111,13       |

Fuente: IDOM-VNG

**Tabla 47: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 2 años.**

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Cuenca   | 3,662                              | 9,9                              | 02:15          | 17,15        |
| Salida   | 3,662                              | 9,9                              | 02:15          | 17,15        |

Fuente: IDOM-VNG

**Tabla 48: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 10 años.**

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Cuenca   | 3,662                              | 28,6                             | 02:15          | 46,27        |
| Salida   | 3,662                              | 28,6                             | 02:15          | 46,27        |

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 49: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 50 años.

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Cuenca   | 3,662                              | 33,0                             | 01:45          | 64,60        |
| Salida   | 3,662                              | 33,0                             | 01:45          | 64,60        |

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 50: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 100 años.

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Cuenca   | 3,662                              | 40,5                             | 01:45          | 77,95        |
| Salida   | 3,662                              | 40,5                             | 01:45          | 77,95        |

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 51: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 200 años.

| Elemento | Área de drenaje (km <sup>2</sup> ) | Caudal punta (m <sup>3</sup> /s) | Tiempo al pico | Volumen (mm) |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|
| Cuenca   | 3,662                              | 48,9                             | 01:45          | 92,73        |
| Salida   | 3,662                              | 48,9                             | 01:45          | 92,73        |

Fuente: IDOM-VNG

### Método Racional. Análisis de microcuencas

El método racional presenta una concepción sencilla y está restringido a áreas menores de 20 km<sup>2</sup>, poco heterogéneas en sus propiedades. Esta metodología se atribuye generalmente a Kuicling (1888) y a Lloyd Davis (1906), pero ya Mulvaney (1851) había explicado claramente las bases de su fundamentación en un artículo.

La expresión más conocida es de la forma:

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6}$$

Donde:

Q: Caudal correspondiente al Período de diseño seleccionado (m<sup>3</sup>/s).

I: Intensidad de la precipitación correspondiente al tiempo de concentración de la cuenca (mm/h).

A: Área de drenaje (km<sup>2</sup>).

C: Coeficiente de escorrentía del suelo. (Obtenidos del Reglamento Dominicano R-019)

El tiempo de concentración se calcula usando la fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0.0192 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración (min).

L: Longitud hidráulica máxima entre el punto de estudio y la parte más alta de la cuenca (m).

S: Pendiente media del cauce (m/m).  $S = \Delta H / L$

Para las 10 microcuencas restantes que drenan hacia los demás puntos bajos del Camino a Las Espinas se usará este método y determinará la sección de alcantarilla necesaria para desaguar el caudal resultante.

Las microcuencas poseen áreas variables entre 4,83 y 54,08 Ha. Considerando que la más pequeña representará el menor caudal y la más grande representará el caudal más desfavorable, se muestran a continuación los datos y resultados obtenidos de caudales para distintos Tr.

Tabla 52: Datos y resultado de caudal mínimo y máximo por el Método Racional.

| TR (años)         | C*   | ΔH (m) | Long (m) | Tc (min) | I (mm/h) | Área (km <sup>2</sup> ) | Q (m <sup>3</sup> /s) |
|-------------------|------|--------|----------|----------|----------|-------------------------|-----------------------|
| Microcuenca Menor |      |        |          |          |          |                         |                       |
| 2                 | 0,75 | 5      | 331      | 8        | 110,99   | 0,04826                 | 1,12                  |
| 5                 | 0,75 | 5      | 331      | 8        | 151,88   | 0,04826                 | 1,53                  |
| 10                | 0,75 | 5      | 331      | 8        | 177,29   | 0,04826                 | 1,78                  |
| 25                | 0,75 | 5      | 331      | 8        | 212,05   | 0,04826                 | 2,13                  |
| Microcuenca Mayor |      |        |          |          |          |                         |                       |
| 2                 | 0,52 | 30     | 1255     | 20       | 100,3    | 0,54086                 | 7,84                  |
| 5                 | 0,52 | 30     | 1255     | 20       | 137,2    | 0,54086                 | 10,72                 |
| 10                | 0,52 | 30     | 1255     | 20       | 160,2    | 0,54086                 | 12,52                 |
| 25                | 0,52 | 30     | 1255     | 20       | 191,6    | 0,54086                 | 14,97                 |

Fuente: IDOM-VNG

## HIDRÁULICA

### Modelos Hidráulicos

La hipótesis aceptada habitualmente en la mayoría de los cauces para la determinación del régimen de calados en un cauce es la de que el flujo en los mismos es unidimensional y se puede estimar el

nivel de agua suponiendo régimen permanente para el caudal de cálculo. Esta hipótesis es evidentemente precisa cuando se puede suponer que el río permanece dentro del cauce y no desborda hacia llanuras de inundación, desbordamiento que conduce a incrementar extraordinariamente la laminación. Por otra parte, su aplicación tiene la ventaja de que permite establecer una relación biunívoca entre el nivel y el caudal y por consiguiente entre este último y los límites de las zonas inundadas. Ello facilita la gestión posterior de las zonas inundables y el tratamiento de los niveles de avenida y superficies afectadas. La problemática planteada por el hecho de que el flujo en la llanura de inundación no contribuye realmente al transporte hidráulico puede abordarse sin necesidad de dejar de considerar régimen permanente.

El modelo más tradicional que cumple las condiciones anteriores, añadiendo la posibilidad de considerar coeficiente de rugosidad variable a lo largo de la sección transversal y otra gran cantidad de aspectos que influyen en el régimen, es el HEC-RAS. Este modelo dispone la particularidad de que, aunque el cálculo del campo de velocidades es unidimensional, sí que admite la inclusión de zonas de almacenamiento en el cauce que permiten determinar un efecto de laminación, por lo que se le ha denominado modelo cuasi-2D.

De acuerdo con lo expuesto, la determinación de la altura de la lámina de agua en el cauce asociada a cada caudal se ha realizado a partir del modelo matemático HEC-RAS (Versión 5.0.3), Water Surface Profiles, River Analysis System. Las principales hipótesis asumidas en el modelo son las siguientes:

- Flujo estacionario; por tanto, no hay variación del calado o la velocidad con el tiempo.
- Flujo gradualmente variado. Esto conduce a una distribución hidrostática de presiones.
- Flujo unidimensional: la única componente de la velocidad es en la dirección del flujo, aunque, como hemos indicado anteriormente, la aplicación permite crear efectos de laminación y almacenamiento.
- Las pendientes deben ser pequeñas, menores de 1/10; de manera que  $\cos\Phi$  es 1 y el calado vertical es representativo de la altura de presión.
- Los contornos son rígidos, no admitiéndose erosión o sedimentación en el cauce.

El procedimiento de cálculo está basado en la resolución de la ecuación de la conservación de la energía, con pérdidas de fricción evaluadas por la fórmula de Manning, en pasos sucesivos, procedimiento conocido como Standard Step Method.

La fórmula utilizada para el cálculo de las pérdidas de fricción (fórmula de Manning) es la siguiente:

$$I = \frac{n^2 + v^2}{R_h^{2/3}}$$

Donde:

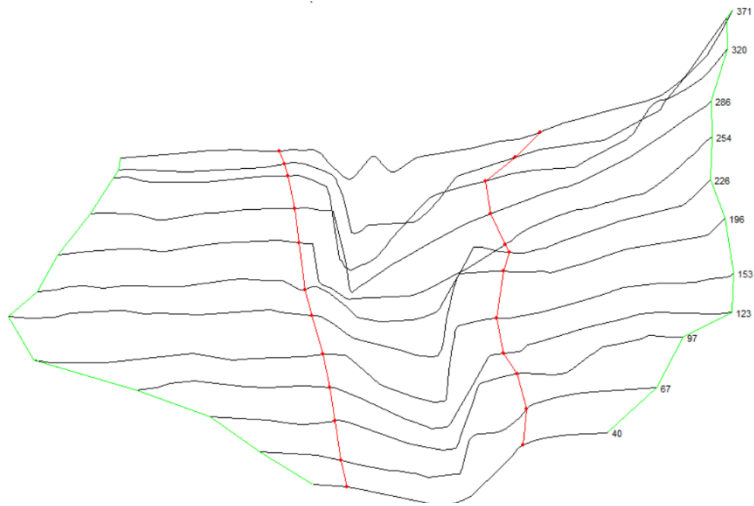
$I$ = Pendiente de la línea de energía, en tanto por uno

$n$ = Coeficiente de rugosidad de Manning

$v$ = Velocidad, en m/s

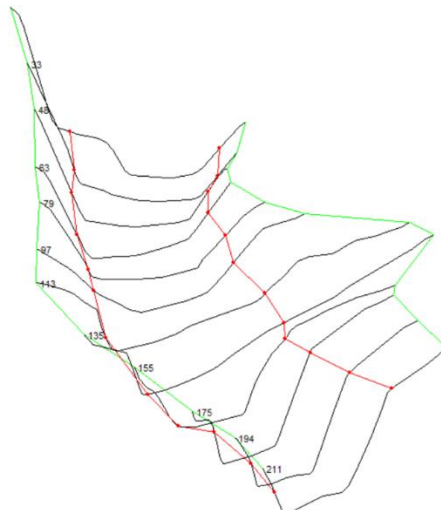
$RH$ = Radio hidráulico, en m

Ilustración 65 Geometría basada en secciones transversales para el modelo del Arroyo Jamao



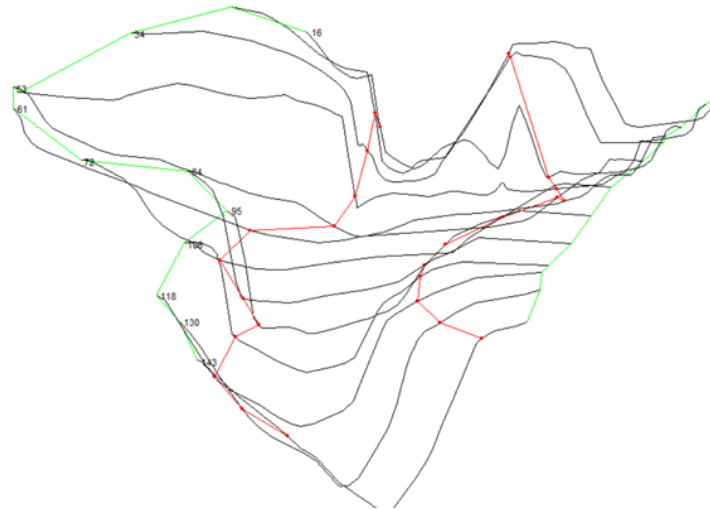
Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 66 Geometría basada en secciones transversales para el modelo del Arroyo El Aguacate



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 67 Geometría basada en secciones transversales para el modelo de la Quebrada sin nombre

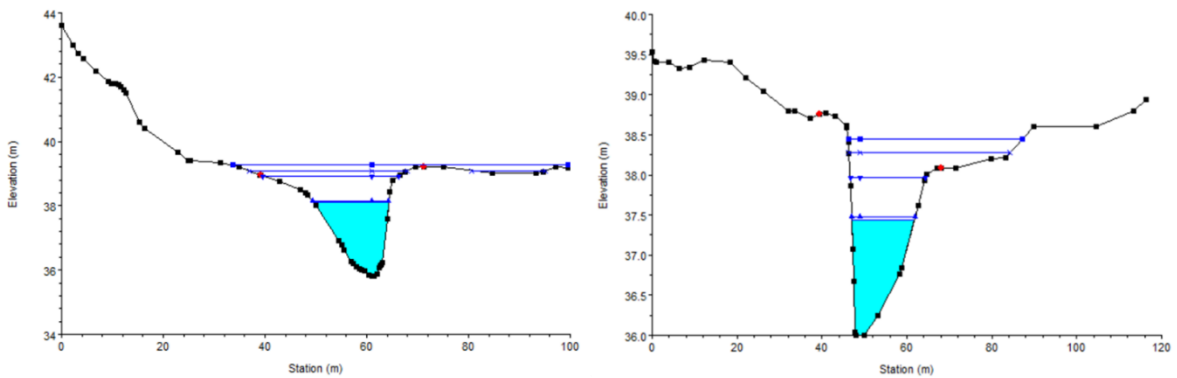


Fuente: IDOM-VNG

- *Salidas*

A continuación, se muestran los calados máximos del agua dentro del cauce para los 3 puntos de estudio, bajo las modelaciones de Tr2, 10, 50, 100 y 200 años para los modelos hidráulicos desarrollados para los Arroyos Jamao y Aguacate, así como la Quebrada sin nombre.

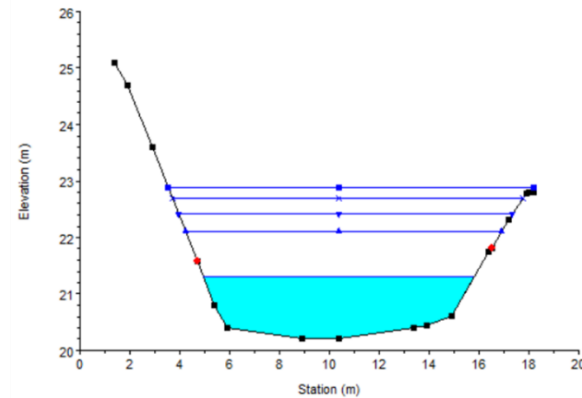
Ilustración 68 Calados máximos del Arroyo Jamao. Secciones Aguas Arriba (izq) y Aguas Abajo (der) del paso a nivel del camino - Actual. Periodos de retorno 2, 10, 50, 100 y 200 años



Fuente: IDOM-VNG

Las imágenes muestran que el cauce del Arroyo Jamao tiene capacidad para soportar hasta un Tr50 sin generar desbordamientos, pero aquellos generados para los Tr100 y 200 no afectan viviendas, sino únicamente las secciones del camino que se nivelan con el cauce y algunas áreas de terreno de pastoreo.

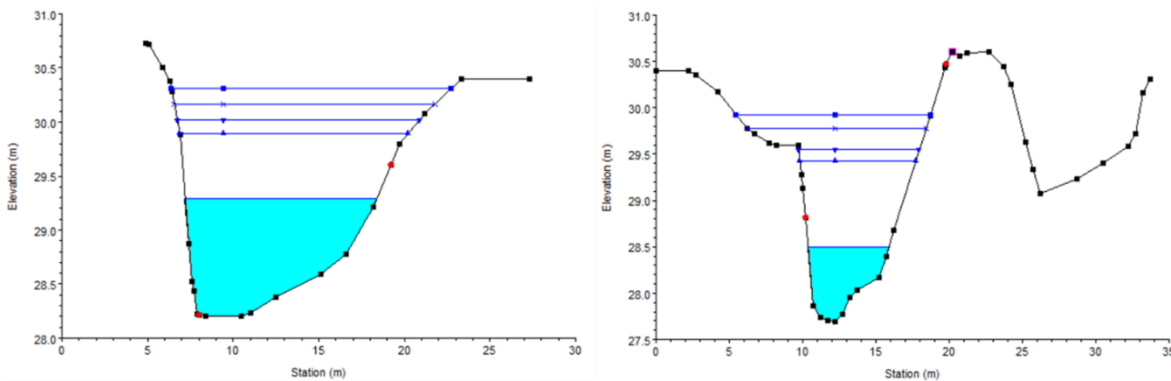
Ilustración 69 Calados máximos del Arroyo El Aguacate. Sección central del paso - Actual. Periodos de retorno 2, 10, 50, 100 y 200 años



Fuente: IDOM-VNG

Para el caso del Arroyo El Aguacate, se percibe que el cauce tiene capacidad suficiente para soportar todos los caudales desde el Tr2 hasta el Tr200 sin generar desbordamientos adicionales a la secciones del camino que baja su cota hasta el mismo cauce.

Ilustración 70 Calados máximos de la Quebrada sin nombre. Secciones Aguas Arriba (izq) y Aguas Abajo (der) del paso a nivel del camino - Actual. Periodos de retorno 2, 10, 50, 100 y 200 años



Fuente: IDOM-VNG

Por su parte, la Quebrada sin nombre también tiene capacidad para conducir todos los Tr analizados, generando algún desborde menor sobre el camino ya que este descende hasta la cota del cauce, pero no generan desbordamientos más allá de estas áreas.

Tabla 53: Cotas máximas del agua en cada sitio de estudio para distintos periodos de retorno

| Tr (años) | Lámina agua (msmn) |                    |                     |
|-----------|--------------------|--------------------|---------------------|
|           | Arroyo Jamao       | Arroyo El Aguacate | Quebrada sin nombre |
| 50        | 38.75              | 22.49              | 30.13               |
| 100       | 38.87              | 22.84              | 30.29               |
| 200       | 39.19              | 23.03              | 30.46               |

Fuente: IDOM-VNG

Se percibe que, para el puente sobre el arroyo Jamao, se produce un pequeño salto de 12 cm entre las cotas de agua para luvias de Tr50 y las de Tr100, mientras que la diferencia posterior para un Tr200 es de 32 cm. En el puente sobre el arroyo El Aguacate, se tiene un salto de 24 cm entre el Tr50 y el Tr100 y otro de 19 cm para el Tr200. Por último, en el puente sobre la quebrada sin nombre se observan saltos de 16 y 17 cm entre los Tr50, Tr100 y el Tr200.

Estas diferencias de cota o “saltos” mencionados serán analizados en el diseño basado en riesgo para determinar los diseños óptimos de cada caso, para ello se estudiarán las diferencias de costo contra las probabilidades de riesgo de falla para cada opción. Es importante mencionar que en el caso del puente sobre el Arroyo El Aguacate, no es necesario realizar este análisis ya que la modificación del trazado de la vialidad y el encuadre geométrico del puente hace que su altura de diseño se base en el balance de movimientos de tierra (corte vs relleno) necesario para nivelar los accesos del puente; resultando en una altura más que suficiente para superar las cotas de agua de todos los periodos de retorno analizados más el borde libre de seguridad.

En relación a los demás puntos bajos se determina mediante la fórmula de Manning que, considerando los caudales mínimos y máximos obtenidos para la menor y mayor microcuenca drenante al camino a Las Espinas, las diferentes alcantarillas variarán entre tuberías de 1 metro de diámetro hasta cajones rectangulares (base 3.5m x altura 1m); esto tomando como base para los cálculos valores de pendientes de 1%. Durante la fase de diseño constructivo, se deberán determinar las dimensiones específicas de las diferentes alcantarillas en cada punto bajo del camino.

## 8.1.6. AMBIENTALES

### Criterios de aprobaciones ambientales.

Para las aprobaciones ambientales nacionales y del BEI, se requiere cumplir con:

- a) Los criterios, decisiones y lineamientos que establezca el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través del procedimiento formal de evaluación ambiental que resulte de aplicación al proyecto
- b) Las salvaguardas ambientales y sociales del Banco Europeo de Inversiones que resulten de aplicación al proyecto.



Acorde al Marco Europeo, la actuación a la que se refiere este proyecto se encuentra tipificada dentro del Anexo II de la Directiva Europea de EIA (Directiva 2011/92/EU sobre la evaluación de los efectos de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente, modificada por la Directiva 2014/52/EU), en su epígrafe 10 (proyectos de infraestructuras), apartado b (construcción de carreteras no incluidas en el Anexo I).

En consecuencia, de acuerdo a la citada Directiva europea, la decisión sobre si el proyecto requiere o no un EIA, será tomada por el órgano ambiental competente, después de un examen individualizado del proyecto, en el que se analicen los criterios citados del Anexo III de la citada Directiva, sobre las características del proyecto, la localización del proyecto y las características del impacto potencial del proyecto.

Por otra parte, el párrafo 23 del Estándar Ambiental y Social nº1 del BEI, sobre la evaluación y gestión de los impactos y riesgos ambientales y sociales, establece que todas las operaciones financiadas por el BEI cumplirán con la legislación nacional

En función a lo anterior, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana ha asignado a este subproyecto de infraestructura la Categoría A, acorde a lo que dicta el “Compendio de Reglamentos y Procedimientos para Autorizaciones Ambientales de la República Dominicana” y ha remitido al MOPC los Términos de Referencia para la realización de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) que le permita a la concesión de una Licencia Ambiental para su aprobación. Dicho EIA será llevado a cabo por la Consultoría encargada del Diseño Final.

Se ha realizado la comprobación de que el ámbito de este proyecto no está incluido en ninguna de las áreas que integran el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, formado por las Áreas de protección estricta, los Parques Nacionales, los Monumentos Naturales, las Áreas de manejo de hábitat/especies, las Reservas Naturales y los Paisajes Protegidos (según se enumeran en las Leyes 121-03, 202-04, 174-09, 313-14 y 519-14 y Decretos 571-09, 249-11, 371-11, 654-11, 40-15, 90-16 y 266-16). Asimismo, se ha verificado que en los Términos de Referencia guía para la evaluación ambiental del proyecto, elaborados por el Departamento de Gestión Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, no se hace mención a ninguna posible afección del proyecto a áreas protegidas que deba ser objeto de estudio o evaluación

### 8.1.7. CENTROS DE PRODUCCIÓN

Existen plantas de hormigón industrial en Santiago y Puerto Plata que pueden suministrar todo el hormigón del proyecto. Los materiales ferreteros y productos terminados pueden ser adquiridos en esas ciudades, en Gaspar Hernández y Sabaneta de Yásica y en el sector comercial.

### 8.1.8. ADQUISICIONES

Dada la naturaleza del subproyecto y ser la rehabilitación de un camino existente, el trazo geométrico se mantiene conforme al original en la mayoría de trayecto, reduciendo las posibilidades de adquisiciones y dando como resultado las necesarias por el ensanchamiento de la calzada que mejoren la seguridad vial; también se analizaron alternativas para el emplazamiento de los puentes resultando las presentadas como las de mejor solución a las problemáticas existentes por razones hidrológicas, hidráulicas, geométricas y económicas.

Se considera que los terrenos a usar por el proyecto (aproximadamente 19,050 m<sup>2</sup>) son propiedad del estado por referirse a derechos de vía, así como cauces y riberas de ríos; pero en ciertos casos se identifican algunas cercas que ocupan el derecho de vía, pero no existen edificaciones en ellos, sino que están usados como suelo boscoso, pastoreo, ocio y algunas plantaciones en las mismas. Lo anterior no se refleja en reasentamiento físico de familias, y tampoco un reasentamiento económico ya que no afecta sobre la propiedad privada, la cual, si amerita un proceso de transferencia de título, el cual se incluye en el presupuesto como aporte nacional.

Por esto se debe realizar un proceso formal para legalizar la transferencia que debe realizarse para la ejecución de este subproyecto. Se ha formulado un Plan de Adquisición de Inmuebles (PAI), que se presenta en anexo a este documento porque será necesario realizar la compensación por construcción de verja o alambradas en los casos que lo amerite.

Dentro de las actividades necesarias para la transferencia de título del registro inmobiliario de la porción de terreno necesaria para la realización del subproyecto deben realizarse las siguientes medidas, las cuales deben estar consideradas dentro del proceso del MOPC:

- Realización de trámites y permisos ante las entidades pertinentes, cuando haya lugar y para legalizar la nueva condición del inmueble.
- Pago de costos de transacción para la legalización de los títulos del inmueble afectado.

### 8.1.9. DISEÑO BASADO EN RIESGO

El objeto de este apartado es determinar la solución de diseño óptima, considerando la vida útil de la infraestructura y no solamente la inversión inicial. La idea del diseño basado en riesgo es que a mayor inversión menos daños tendrá la infraestructura durante su vida útil y también menor riesgo de colapso, por lo que, para seleccionar el diseño óptimo se requiere sumar el coste de inversión y el coste del riesgo durante la vida útil de la infraestructura para cada alternativa, de forma que se pueda comparar y seleccionar la suma menor.

**El coste de inversión inicial** es el presupuesto de ejecución de la infraestructura dimensionada para soportar las solicitaciones externas, que en el caso de un puente es principalmente el flujo del agua

que produce erosión en las pilas y las cargas hidrostáticas en la estructura, pero, sobre todo, la sección hidráulica necesaria que el puente debe dejar libre para el paso del caudal con los márgenes de seguridad mínimos establecidos. Este análisis nos da un presupuesto de ejecución para cada una de las alternativas de diseño analizadas.

Para el caso concreto de los puentes en el Camino a Las Espinas (Sobre Arroyo Jamao y Quebrada sin nombre) se han calculado los siguientes costes de inversión para cada periodo de retorno de diseño

Tabla 54: Costes de construcción (inversión inicial) para cada periodo de retorno analizado.

| TR  | Puente Arroyo Jamao |                    |                         |
|-----|---------------------|--------------------|-------------------------|
|     | Longitud (m)        | Valor más probable |                         |
|     |                     | Costo (RD\$)       | Coste unitario (RD\$/m) |
| 50  | 33                  | 34.604.791,67      | 1.384.191,67            |
| 100 | 33                  | 34.802.551,59      | 1.054.622,78            |
| 200 | 33                  | 35.452.370,89      | 1.074.314,27            |

| TR  | Puente Quebrada sin nombre |                    |                         |
|-----|----------------------------|--------------------|-------------------------|
|     | Longitud (m)               | Valor más probable |                         |
|     |                            | Costo (RD\$)       | Coste unitario (RD\$/m) |
| 50  | 20                         | 27.431.539,81      | 1.371.576,99            |
| 100 | 20                         | 27.947.333,78      | 1.397.366,69            |
| 200 | 20                         | 28.787.264,56      | 1.439.363,23            |

Fuente: IDOM-VNG

**El coste del riesgo** es menos evidente que el anterior, ya que depende, de la inversión inicial, de la probabilidad de que las solicitaciones externas (la avenida) superen las de diseño, y de la función de vulnerabilidad, que determina el porcentaje de daño que sufre el puente en cada escenario probabilístico.

La probabilidad de que las solicitaciones externas superen las de diseño se obtiene del análisis pluviométrico e hidrológico realizado en la cuenca y del análisis hidráulico realizado en el cauce con la situación de diseño, es decir, considerando los estribos, las pilas y la altura del tablero.

Por otro lado, la función de vulnerabilidad se obtiene calculando el impacto que cada evento probabilístico produce en el puente. El colapso en puentes suele darse por la erosión del flujo en la base de las pilas y por las cargas del agua sobre el tablero. La erosión se determina con la velocidad del flujo y la granulometría del cauce pero para determinar con exactitud el impacto del agua sobre el tablero se requeriría de un modelo matemático estructural, que no se tienen en fase de diseño conceptual, no obstante, se ha llevado a cabo una aproximación de la función de vulnerabilidad, asignándole un porcentaje de daño (o probabilidad de colapso) para un periodo de retorno justamente

superior al de diseño y colapso (daño completo) para un periodo mucho mayor, el colapso estaría asociado a la erosión en las pilas y no tanto por el impacto del agua en la superestructura, ya que una vez que el flujo ha desbordado el cauce, los caudales crecen sin que la profundidad del flujo lo haga en la misma proporción siendo, por tanto menos probable que el colapso se dé por falla en la superestructura que en la subestructura. Adicionalmente, es habitual diseñar la cimentación para unas velocidades de flujo mayores que las correspondientes al periodo de retorno de diseño.

Para la determinación del porcentaje de daño o probabilidad de colapso se ha considerado la clasificación de vulnerabilidad propuesta por Vallés et al. (2011)<sup>1</sup> y replicado por Bocanegra et al. (2019)<sup>2</sup>. que define 10 posibles estados de vulnerabilidad, esta vulnerabilidad depende entre otros factores, del tipo de tablero (simplemente apoyado o empotrado), de la capacidad para acumular escombros y del estado del puente. El caso que nos ocupa es el de un tablero simplemente apoyado sobre neoprenos, respecto a la capacidad de acumular escombros no se ha considerado, ya que en el diseño se ha dejado libre 1.5 m entre la lámina de agua y la cota inferior del tablero. En cuanto al estado del puente depende de si el evento que produce el daño se da al comienzo de su vida útil o al final, por lo que se ha considerado un estado intermedio, entre aceptable y pobre. Esto implica un porcentaje de daño en caso de que el nivel del agua alcance la superestructura entre 0.3 y 0.6, tomándose el valor intermedio de 0.4 para los cálculos realizados.

Con esto se ha obtenido la curva de excedencia de daños que es la aplicación de la función de vulnerabilidad construida a los distintos eventos o avenidas asociadas a distintos periodos de retorno, en el eje de abscisas se muestra el daño sufrido por la infraestructura en millones de pesos dominicanos y en el eje de ordenadas la probabilidad de excedencia en tanto por uno. Se observa como lo eventos que producen mayor daño están asociados a probabilidades más bajas, es decir, los eventos extraordinarios producen mayores daños, pero con una probabilidad más baja.

La curva de excedencia asociada a cada diseño es la base para calcular el coste del riesgo, para ello se ha calculado la Pérdida Anual Esperada (PAE), que es el valor esperado de la pérdida anual y se calcula como la integral de la curva de excedencia, esto implica que los eventos más probables y por tanto más recurrentes tienen más peso en la PAE que los más extraordinarios, aunque el daño que produzcan sea mucho mayor.

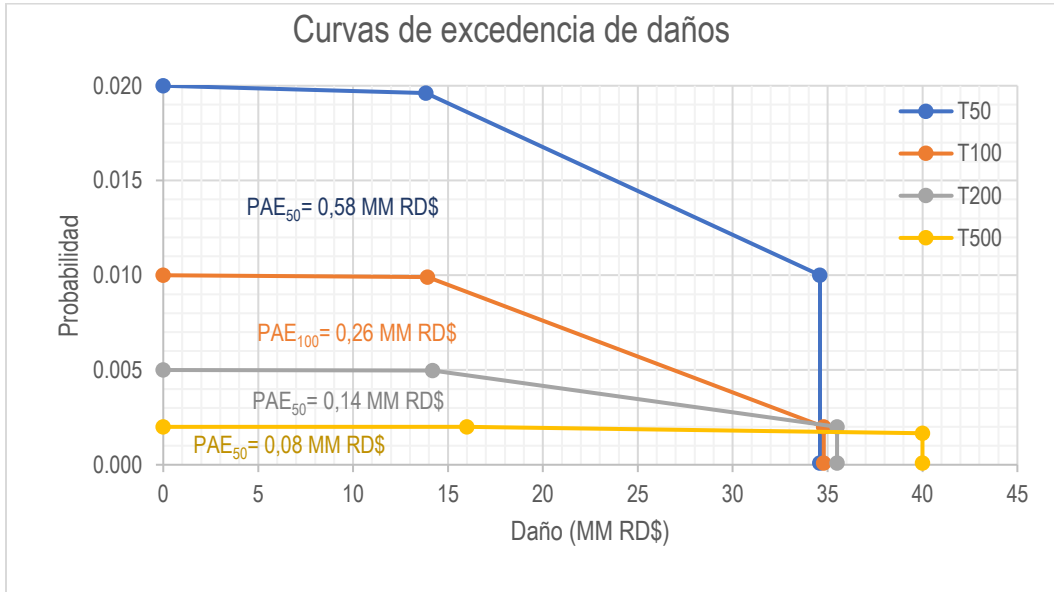
---

<sup>1</sup> Vallés -Morán, F.J., Marco, S.J., Fernández B.J. 2011. Cuantificación de la vulnerabilidad de puentes sobre cauces frente a avenidas fluviales basada en inspecciones de campo. Propuesta de una nueva metodología. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

<sup>2</sup> Bocanegra, R.A, Francés, F.R, Vallés F.J. Determinación del riesgo de colapso de puentes por inundaciones. Aplicación a un conjunto de puentes de carreteras españolas, Universidad Politécnica de Valencia,- Instituto de Investigación en Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA),

Gráfico 6. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño.

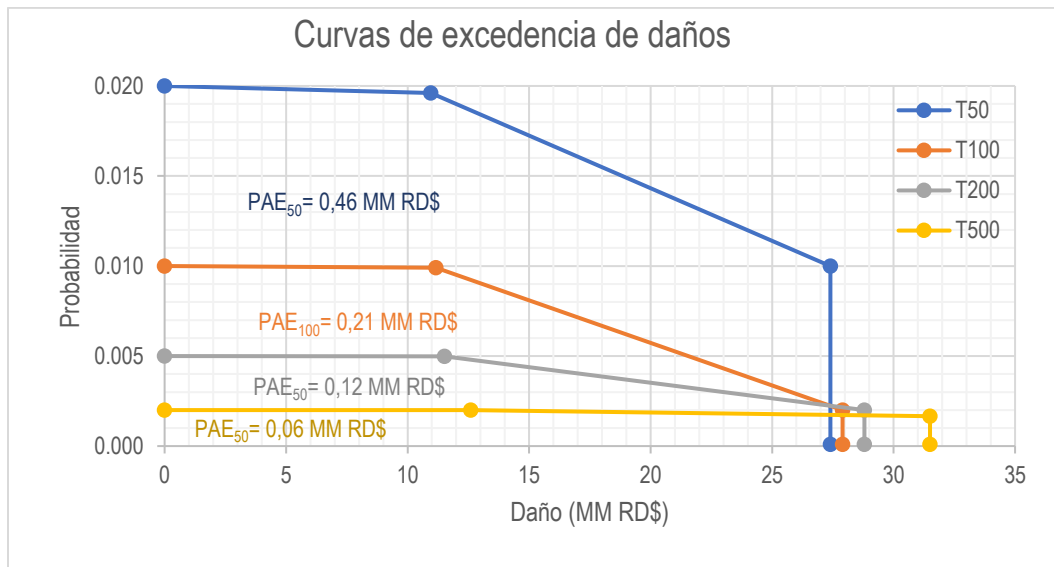
Puente Arroyo Jamao



Fuente: IDOM-VNG

Gráfico 7. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño.

Puente Quebrada sin nombre



Fuente: IDOM-VNG

El coste del riesgo será por tanto la suma de la PAE cada año durante la vida útil de la infraestructura actualizado al año actual aplicando una tasa de descuento, por tanto, se debe calcular el Valor Actual Neto del riesgo (VAN) aplicando la siguiente fórmula:

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

$$Cr = \sum_{t=1}^{Vu} \frac{PAE}{(1+k)^t}$$

Siendo Vu la vida útil considerado para este caso 75 años y k es la tasa de descuento aplicada, siendo en este caso de 4.2%.

En la tabla siguiente se muestra, para cada periodo de retorno de diseño, el valor de la PAE, el Coste de Inversión (Ci), el Coste del Riesgo (Cr) y el Coste Total (Ct) actualizados al año cero de la inversión:

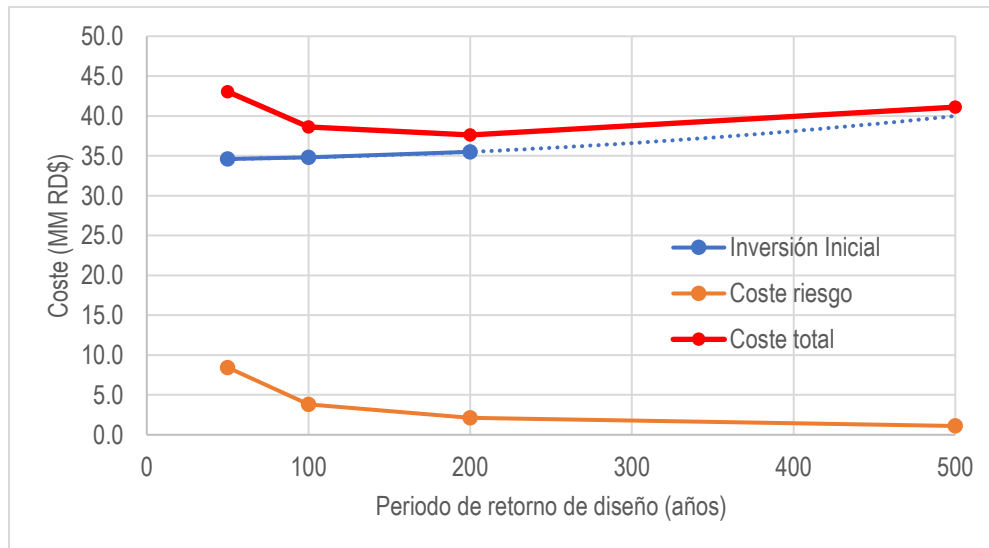
Tabla 55: Inversión inicial, coste del riesgo y coste total para cada periodo de retorno de diseño. Puente Arroyo Jamao

|                  |             |              |              |             |
|------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| Tdiseño (años)   | 50          | 100          | 200          | 500         |
| PAE (MM RD\$)    | 0.58        | 0.26         | 0.14         | 0.08        |
| Vida útil (años) | 75          | 75           | 75           | 75          |
| Ci (MM RD\$)     | 34.6        | 34.8         | 35.5         | 40          |
| Cr (MM RD\$)     | 8.4         | 3.8          | 2.1          | 1.1         |
| Ct (Actual)      | <b>43.0</b> | <b>38.63</b> | <b>37.62</b> | <b>41.1</b> |

Fuente: IDOM-VNG

Gráfico 8. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño.

Puente Arroyo Jamao



Fuente: IDOM-VNG

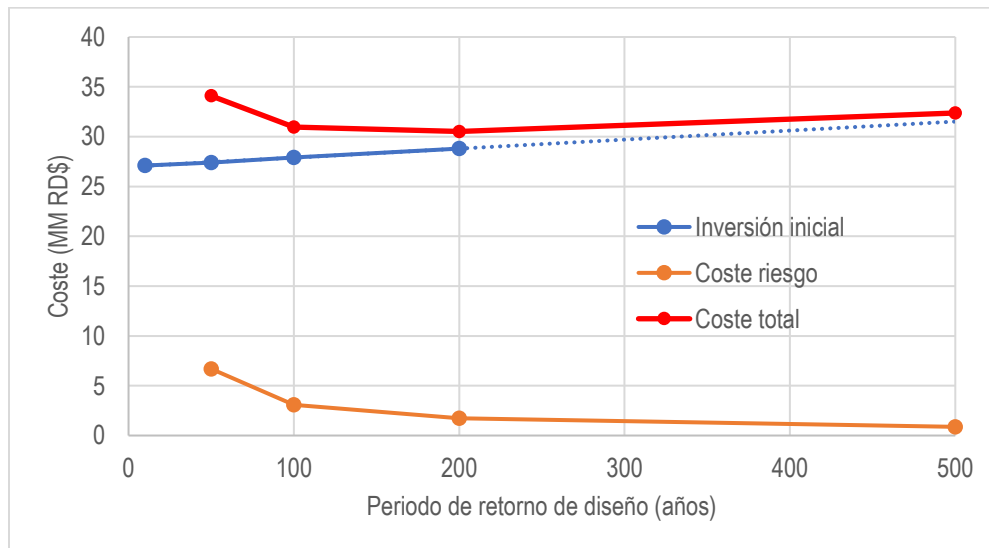
Tabla 56: Inversión inicial, coste del riesgo y coste total para cada periodo de retorno de diseño. Puente Quebrada sin nombre

| Tdiseño (años)   | 50          | 100          | 200          | 500         |
|------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| PAE (MM RD\$)    | 0.46        | 0.21         | 0.12         | 0.06        |
| Vida útil (años) | 75          | 75           | 75           | 75          |
| Ci (MM RD\$)     | 27.4        | 27.9         | 28.8         | 31.5        |
| Cr (MM RD\$)     | 6.7         | 3.1          | 1.7          | 0.9         |
| Ct (Actual)      | <b>34.1</b> | <b>30.97</b> | <b>30.52</b> | <b>32.4</b> |

Fuente: IDOM-VNG

Gráfico 9. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño.

Puente Quebrada sin nombre



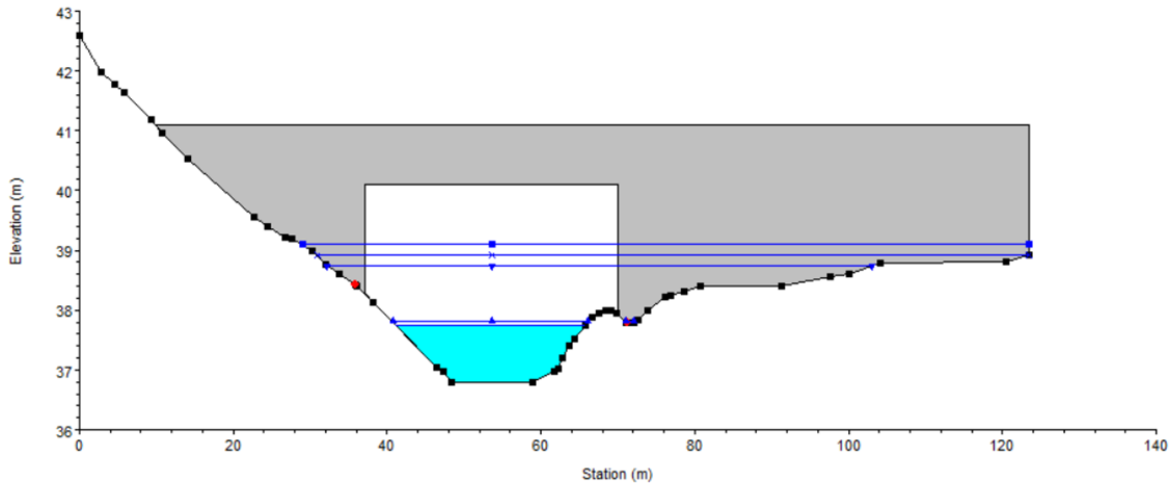
Fuente: IDOM-VNG

La suma de la inversión necesaria para construir la infraestructura y los costes del riesgo esperados durante su vida útil, fijada en 75 años arrojan que, para el diseño del **Puente sobre el Arroyo Jamao y la Quebrada sin nombre**, las alternativas con menor coste total asociado es la diseñada para una avenida de **200 años** de periodo de retorno.

Es importante mencionar que en el caso del puente sobre el Arroyo El Aguacate, no es necesario realizar este análisis ya que la modificación del trazado de la vialidad y el encuadre geométrico del puente hace que su altura de diseño se base en el balance de movimientos de tierra (corte vs relleno) necesario para nivelar los accesos del puente; resultando en una altura más que suficiente para superar las cotas de agua de todos los periodos de retorno analizados más el borde libre de seguridad.

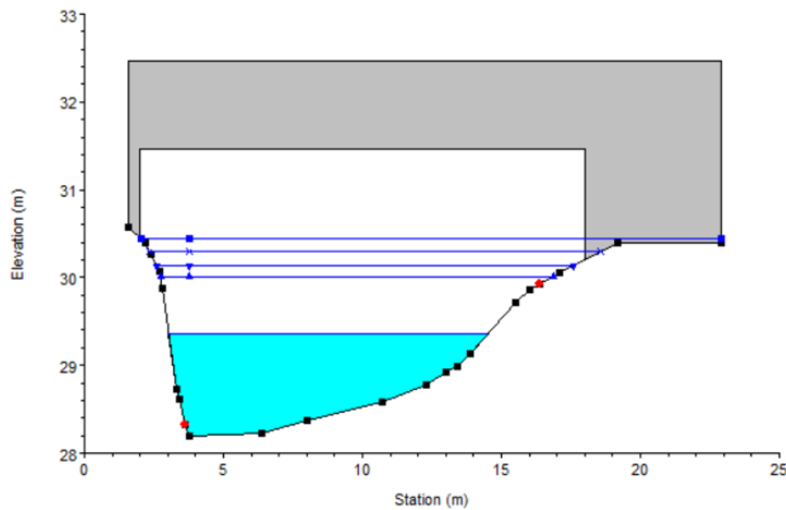
A continuación, se muestran los modelos hidráulicos de los puentes en el camino a Las Espinas en función del periodo de retorno óptimo de diseño.

Ilustración 71 Calados máximos del cauce en el Arroyo Jamao - Futuro. Período de retorno 200 años



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 72 Calados máximos del cauce en la Quebrada sin nombre - Futuro. Período de retorno 200 años



Fuente: IDOM-VNG

## 8.2. ESTUDIO COSTO/BENEFICIO

### 8.2.1. ESTUDIO DE MOVILIDAD

Los usuarios del camino y de los puentes Las Espinas, son los moradores de Jamao del Norte y de la comunidad de las Espinas y los propietarios de los terrenos de uso agropecuario ubicados en el área de influencia. Otro grupo son los bañistas que visitan el balneario en el río Jamao.

- Jamao al Norte
- Las Espinas



- Propietarios de predios agropecuarios
- Visitantes al balneario del río Jamao.

Las características de único acceso del camino, implica que no hay necesidad de hacer estudios adicionales de factibilidad, conforme a lo estipulado por el BEI.

## 8.2.2. ESTUDIO DE TRÁFICO

Los usuarios más frecuentes de la vía son camionetas, camioncitos y motocicletas, un porcentaje menor de carro y camioneta también la usan. Visto lo relativo a ser un acceso único, no hay necesidad de hacer un estudio detallado de tráfico para los fines de justificar financieramente la construcción de este proyecto.

## 8.2.3. ESTUDIO Y RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD VIAL

El consultor a ser contratado para el diseño final debe considerar en lo que respecta al diseño geométrico de la vialidad, que éste deberá ser aprobado y complementado con los planos y detalles constructivos, especialmente si hay alguna desviación justificada en la geometría de los puentes con respecto al diseño conceptual, así como tener en cuenta las indicaciones que a continuación se detallan sobre seguridad vial:

- Deberá detallar los tipos de barrera a emplear y nivel de contención adecuado, tanto en las barandas de los puentes como en las barreras de transición desde/hasta las barandas del puente a la zona libre de peligro adyacente a la vía, y durante todo el recorrido del tramo objeto del proyecto. Asimismo, detallará las transiciones entre barreras, y los terminales de las mismas.
- Deberá procurar un perfecto tránsito peatonal en la zona de puentes y recorrido completo del camino. Que éstas estén perfectamente protegidas del flujo vial, así como convenientemente conectadas con las aceras o vías peatonales anteriores y posteriores a los puentes.
- Que la señalización vertical, así como la horizontal (incluidas marcas viales) se adecúen a la velocidad adecuada y segura en todo el tramo. Se requiere la utilización de reductores de velocidad.
- Que la señalización vertical, aparte del mencionado límite de velocidad habrá de contemplar el peso máximo autorizado en ambos accesos a los puentes, así como la señal de prioridad de paso, para el caso que se confronten dos vehículos de gran tamaño. Sugiriendo la preferencia de paso del vehículo que ocupe la zona de cota más elevada

## 8.2.4. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FINANCIERA DEL PUENTE

Según se mostró anteriormente, el camino y los puentes Las Espinas, es la única opción de comunicación entre las comunidades involucradas, razón por la cual no se requiere un estudio financiero para justificar su construcción.

### 8.3. PATRIMONIO CULTURAL

#### ESTÁNDAR AMBIENTAL Y SOCIAL N°5 DEL BEI: PATRIMONIO CULTURAL

Lista de verificación de cribado inicial para la identificación inicial de elementos sensibles del patrimonio cultural en el ámbito de influencia del proyecto

A efectos de la tipología de proyectos de obra civil considerados en este marco de financiación (pequeños puentes, caminos, obras de drenaje, estabilización de márgenes fluviales, etc.), se considera **ámbito de influencia del proyecto** en relación con el patrimonio cultural, el área de influencia directa del proyecto (es decir, el área ocupada por la huella de intervención de las obras), más la superficie exterior que rodea perimetralmente dicha huella, en una franja de **1000 metros** de anchura a la redonda.

La siguiente lista de verificación tiene por objeto servir de instrumento para facilitar la identificación de posibles elementos del patrimonio cultural dentro del área de influencia del proyecto.

En todos aquellos casos en que la respuesta sea afirmativa, se recopilará y añadirá a este formulario toda la información posible sobre el elemento o elementos identificados (localización, descripción, mapas, fotografías, etc.).

#### INFORMACIÓN GENERAL

- Nombre del proyecto: Rehabilitación del camino vecinal en la comunidad Las Espinas
- Ubicación: Jamao al Norte-Las Espinas
- Municipio: Jamao al Norte
- Provincia: Espaillat

|  | Respuesta<br>(Sí/No) | Comentarios.<br>Si la respuesta es afirmativa, añadir descripción e información adicional. |
|--|----------------------|--|
| En el ámbito del proyecto, ¿hay constancia de la existencia de inmuebles, monumentos, objetos, o | No                   |  |

|  | Respuesta<br>(Sí/No) | Comentarios.<br>Si la respuesta es afirmativa, añadir descripción e información adicional.   |
|--|----------------------|--|
| cualquier tipo de <b>elementos físicos materiales</b> (catalogado o no catalogado) de valor arqueológico, histórico-artístico, arquitectónico, ritual, etnográfico, etc.?  |                      |  |
| En el ámbito del proyecto, ¿hay constancia de la existencia de <b>lugares o manifestaciones culturales inmateriales</b> <sup>3</sup> (catalogados o no catalogados) de valor arqueológico, histórico-artístico, arquitectónico, ritual, etnográfico, etc.?   | No                   | Las manifestaciones culturales inmateriales de carácter ritual y etnográfico que se dan en el ámbito del proyecto es la celebración de las fiestas patronales.<br>Estas se celebran anualmente en el mes de julio, teniendo como patrona de la comunidad a Nuestra de la Asunción. Siendo la celebración de la misa y la procesión las de mayor carácter ritual y el local la iglesia católica el lugar de culto; mientras que la celebración de juegos comunitarios y deportivos representan los eventos sociales más relevantes. Por efecto de la pandemia las fiestas patronales fueron suspendidas este año. |
| En el ámbito del proyecto, ¿existe alguna <b>zona de presunción arqueológica</b> (catalogada o no catalogada) es decir, alguna zona en la que, debido al conocimiento actual sobre las características históricas del lugar y su entorno, existe alta probabilidad de encontrar restos arqueológicos, en caso de realización de excavaciones)? | No                   | .  |

<sup>3</sup> Ejemplos: lugares donde han ocurrido leyendas o hechos históricos; lugares de culto, ritual o reunión, etc.

## 8.4. SOCIALIZACIÓN COMUNITARIA

Una vez concluido el diseño conceptual, las obras priorizadas serán socializadas con las respectivas comunidades, con el objetivo de contar con el punto de vista y aprobación de los actores claves locales para la ejecución del proyecto, así como contrastar con ellos cualquier conflicto, imprevisto o información faltante que pueda surgir del proceso de intercambio con actores. En este sentido, se solventarán y adecuarán aquellos puntos que se hayan extraído del proceso, y se reajustarán en los diseños finales, previamente a la ejecución de las obras.

Para el proceso de información y comunicación se realizará una presentación dirigida a los actores que forman parte de los organismos públicos a nivel local, con el objetivo de involucrar a las partes implicadas a nivel nacional, provincial y municipal respecto del proyecto, lo cual permitirá que tanto el proceso de concertación con los actores, como la ejecución de las obras y su posterior mantenimiento, tenga las corresponsabilidades debidas, no sólo a nivel nacional, sino también con las contrapartes locales. Dicho proceso, además, contará con un elemento de transferencia de capacidades, en el que se espera que las mejores prácticas en cuanto al manejo de riesgos para el diseño y construcción de infraestructura vial, sea aprendido y, posteriormente replicable para los actores clave del territorio.

De manera posterior, se elaborará un taller dirigido a los actores clave que forman parte de la sociedad civil, así como habitantes directamente impactados o beneficiados por las obras. La finalidad de dicho proceso está, por un lado, en informar a las comunidades de la propuesta de intervención y su grado de afectación junto con los beneficios a aportar, y por el otro, con el fin de recopilar todos los puntos de vista, propuestas de alternativas, autopercepción de los impactos y posibles quejas o descontentos que pudieran darse dentro de la población implicada en el proyecto. Las acciones necesarias por ejecutar para la socialización se describen en detalle en el documento Plan de Adquisición de Inmuebles (PAI) del subproyecto .

Obviamente, para la fecha de emisión de este documento, no se ha realizado la socialización, que es posterior al diseño conceptual.

## 8.5. DESVIO, CONTROL DE TRANSITO Y SEGURIDAD

Dentro de las especificaciones del diseño final, se establecerá por lo menos lo siguiente:

El Constructor proveerá cuadrillas de control de tránsito en número suficiente, el que estará bajo el mando de un responsable de seguridad en obra, capacitado en este tipo de trabajo, el cual tendrá las siguientes funciones y responsabilidades:

- Implementación del plan de mantenimiento de tránsito y seguridad (PMTS).
- Coordinación de las operaciones de control de tránsito

- Determinación de la ubicación, posición y resguardo de los dispositivos de control y señales en cada caso específico.
- Corrección inmediata de las deficiencias en el mantenimiento de tránsito y seguridad vial
- Coordinación de las actividades de implementación, correcto funcionamiento y control del PMTS en coordinación estrecha con el Supervisor
- Organización del almacenamiento y control de las señales y dispositivos, así como de las unidades rechazadas u objetadas.
- Cumplimiento de la correcta utilización y horarios de los ómnibus de transporte de personal.

El tránsito será organizado de acuerdo con el PMTS cuando sea necesario alternar la circulación, para lo que se habilitará un carril de circulación o desvío con un ancho mínimo de 3 m., que será delineado y resaltado con el uso de barricadas, conos, barriles o postes de madera pintados, con cintas o mallas de seguridad para separar dicho carril de las áreas en que se ejecutan trabajos de construcción. La detención de los vehículos no podrá ser mayor de 30 minutos.

En los carriles de circulación durante la ejecución de las obras, no se permitirá la acumulación de suelos y otros materiales que puedan significar algún peligro al usuario.

En los desvíos y caminos de servicio se usará de forma permanente barreras, conos, barriles o postes de madera pintados, con cintas o mallas de seguridad para desviar y canalizar el tráfico hacia los desvíos. En las noches se colocarán lámparas de luces destellantes intermitentes. No se permitirá el uso de mecheros y lámparas accionadas por combustibles o carburantes que afectan y agreden el ambiente.

El Constructor proporcionará equipo adecuado aprobado por el Supervisor y agua para mantener límites razonables de control de emisión de polvo por los vehículos en las vías que se hallan bajo tránsito. La dispersión de agua mediante riego sobre plataformas sin pavimentar será aplicada en todo momento en que se produzca polvo, incluyendo las noches, feriados, domingos y períodos de paralización. Para controlar la emisión de polvo el Constructor podrá proponer otros sistemas que sean aprobados y aceptados por la Supervisión.

Durante períodos de lluvia el mantenimiento de los desvíos y vías de servicio se incrementará, no permitiéndose acumulaciones de agua en la plataforma de las vías habilitadas para la circulación vehicular.

## **PROGRAMA DE SEÑALIZACIÓN (S.)**

A continuación, se indican las medidas y sus características:

### Medida S.1.

Nombre de la medida: Implementación de señales informativas y de advertencia

Tipo de Medida: Prevención

Nombre de los Impactos Mitigados: Riesgos de accidentes a terceros por trabajos de construcción.

Procedimiento:

El sitio de obra debe ser:

- Señalizado con cinta, que indiquen que el sitio está en construcción.
- Se colocará letreros de señalización y precaución, en lugares estratégicos de la obra y sus alrededores.
- Los letreros deben indicar: Desvíos, Peligro, Riesgos, Voltajes, Excavaciones, Hormigón fresco, Control de Velocidades, Direcciones especiales para pasar por la obra y sus alrededores. Dichas señales serán colocadas con suficiente anticipación para advertir la restricción y riesgo de la zona.
- Los letreros de prevención deben tener fondo anaranjado reflectante, con la leyenda o símbolo color negro.
- El tamaño mínimo de los letreros será de 0.75m. × 0.75m, y las letras de 12.5 cm.
- Además, se colocará un letrero que indique el nombre de la obra, constructor, fiscalizador, fecha de inicio y Representante Legal.

Se colocará iluminación necesaria en la obra, para el caso de trabajos nocturnos, con el fin de evitar situaciones de riesgo para los obreros, los transeúntes y conductores de la zona.

Ilustración 73: Tipos de Señales preventivas.



MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)



Fuente: MOPC

Responsable de la ejecución: Constructor

Responsable del control: La Unidad Ambiental del proyecto (UAP).

Indicadores de verificación de cumplimiento Registro fotográfico, Número de elementos delineadores y señales colocadas.

#### Medida S.2.

Nombre de la medida: Controladores del tráfico

Tipo de Medida: Prevención

Nombre de los Impactos Mitigados: Riesgos de accidentes a terceros por trabajos de construcción.

Procedimiento:

El sitio de obra debe ser:

- Contener todas las medidas del plan de señalización anterior (S.1)
- Se colocará el personal necesario en los desvíos, intersecciones, sitios de extracción, sitios de bote y otros para controlar el tráfico
- Este personal estará dotado de banderas, barreras, tanques y demás dispositivos para cerrar/abrir el tráfico.
- En los casos de control de tráfico en ambos extremos, los controladores estarán dotados de radios o celulares para comunicarse entre si en su labor de cierre/apertura del tráfico.

Se colocará iluminación necesaria en la obra, para el caso de trabajos nocturnos, con el fin de evitar situaciones de riesgo para los obreros, los transeúntes y conductores de la zona.

Se utilizará reflectores: Los reflectores deberán ser de intensidad de 400W. De preferencia deberá evitarse los trabajos nocturnos, pero de darse el caso estos deberán contar con una iluminación suficiente para que los obreros realicen sus actividades, y que no haya ningún tipo de accidentes en la obra.

Etapas que deberá ser ejecutada: Al inicio de los trabajos y durante todo el tiempo del Plan de Manejo.

Responsable de la ejecución: Constructor

Responsable del control: La Unidad Ambiental del proyecto (UAP).

Indicadores de verificación de cumplimiento Registro fotográfico, Número de elementos delineadores y señales colocadas.

## 8.6. ESTUDIOS ECONÓMICOS

### 8.6.1. PRESUPUESTO DE OBRA



MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Se elaboró un presupuesto a partir del diseño conceptual, para la alternativa de periodos de retorno seleccionada en los 3 puentes y para la rehabilitación del camino. Los cuales se presentan a continuación.

Este presupuesto es para fines de planificación del proyecto, ya que, en la fase de diseño final, el consultor deberá elaborar un presupuesto detallado para fines de licitación de la construcción.

## PRESUPUESTO DE REHABILITACIÓN DEL CAMINO

Tabla 57 Presupuesto de rehabilitación del camino Las Espinas

| No. | PARTIDA / ACTIVIDAD  | UNIDAD              | CANTIDAD   | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
|-----|--|---------------------|------------|-----------------|-------|
| 0   | <b>DISEÑO FINAL (incluye camino y puentes)</b>             | PA                  | 1.00       |                 |       |
| 1   | <b>TRABAJOS GENERALES</b>                                  |                     |            |                 |       |
|     | Ingeniería   | PA                  | 1.00       |                 |       |
|     | Mantenimiento del Tránsito                                 | PA                  | 1.00       |                 |       |
|     | Campamento   | PA                  | 1.00       |                 |       |
| 2   | <b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>                                |                     |            |                 |       |
|     | Limpieza desmonte y destronque área tipo A                 | Ha                  | 1.2        |                 |       |
|     | Remoción Capa de rodadura de Hormigón                      | M <sup>2</sup>      | 750.00     |                 |       |
|     | Remoción y recolocación de tub. de acueducto               | M                   | 20.00      |                 |       |
|     | Remoción y recolocación de Alambrada                       | M                   | 4,000.0    |                 |       |
|     | <b>Excavación en Material No Clasificado:</b>              |                     |            |                 |       |
|     | c) Con sobre acarreo                                       | M <sup>3</sup> n    | 20,510.00  |                 |       |
|     | <b>Excavación Material Inservible:</b>                     |                     |            |                 |       |
|     | Con equipo   | M <sup>3</sup> n    | 7,325.00   |                 |       |
|     | Excavación de Préstamo, caso I, 1er. km. con acarreo libre | M <sup>3</sup> n    | 34,425.00  |                 |       |
|     | <b>Relleno:</b>  |                     |            |                 |       |
|     | Para conforma explanación                                  | M <sup>3</sup> c    | 26,370.00  |                 |       |
|     | Bajo aceras  | M <sup>3</sup> c    | 1,170.00   |                 |       |
|     | Escarificación de superficie                               | M <sup>2</sup>      | 29,250.00  |                 |       |
|     | Escarificación entre capas de relleno                      | M <sup>2</sup>      | 29,250.00  |                 |       |
|     | <b>Acarreo adicional</b>                                   |                     |            |                 |       |
|     | Material Inservible (10 km)                                | M <sup>3</sup> e-Hm | 98,887.50  |                 |       |
|     | e) Material de aceras ,contenes (20 km)                    | M <sup>3</sup> e-Hm | 30,420.00  |                 |       |
|     | Acarreo adicional material de préstamo (20 km.)            | M <sup>3</sup> e-Km | 895,050.00 |                 |       |

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

|          |   |                     |                   |  |  |
|----------|---|---------------------|-------------------|--|--|
|          | Acarreo adicional material de Base (40 km.)                   | M <sup>3</sup> e-Km | 201,825.00        |  |  |
|          | Acarreo adicional material de Sub Base (30km.)                | M <sup>3</sup> e-Km | 219,375.00        |  |  |
|          | Excavación para estructuras hasta 1.5 m. de Prof.             | M <sup>3</sup> n    | 50.00             |  |  |
|          | Terminación de sub-rasante                                    | M <sup>2</sup>      | 29,250.00         |  |  |
| <b>3</b> | <b>SUB-BASE Y BASE</b>  |                     |                   |  |  |
|          | Sub Base granular natural (incluye acarreo del 1er. km.)      | M <sup>3</sup> c    | 5,850.00          |  |  |
|          | Base Granular Triturada (incluye Ac. 1er. KM)                 | M <sup>3</sup> c    | 4,387.50          |  |  |
| <b>4</b> | <b>CAPA DE RODADURA</b>                                       |                     |                   |  |  |
|          | Suministro hormigón asfáltico (2")                            | M <sup>3</sup> c    | 1,485.90          |  |  |
|          | Aplicación  | M <sup>3</sup> c    | 1,485.90          |  |  |
|          | Transporte (45 km)  | M <sup>3</sup> c    | 1,485.90          |  |  |
|          | Suministro de AC-30   | M <sup>3</sup> c    | 1,485.90          |  |  |
|          | Riego de adherencia   | M <sup>2</sup>      | 29,250.00         |  |  |
|          | Riego de imprimación con gravilla @0.50 gl/m <sup>2</sup>     | M <sup>2</sup>      | 29,250.00         |  |  |
| <b>5</b> | <b>DRENAJES Y ACERO</b>                                       |                     |                   |  |  |
|          | Tubería de Hormigón de  |                     |                   |  |  |
|          | Simple Ø 36"  | M                   | 72.00             |  |  |
|          | Doble Ø 36"   | M                   | 32.00             |  |  |
|          | Material de Asiento   | M <sup>3</sup> c    | 32.80             |  |  |
|          | Construcción de Encaches en Canalizaciones y Taludes de Corte | M <sup>2</sup>      | 300.00            |  |  |
|          | Cunetas de hormigon   | M <sup>3</sup>      | 460.00            |  |  |
|          | Construcción de Losas Peatonales (1.00 m x 2.00 m x 0.1m)     | UD                  | 10.00             |  |  |
|          | Construcción de Losas Vehiculares (3.00 m x 2.00 m x 0.2m)    | UD                  | 2.00              |  |  |
| <b>6</b> | <b>ESTRUCTURAS Y PUENTES</b>                                  |                     |                   |  |  |
|          | <b>Puentes (Ver presupuestos separados)</b>                   |                     |                   |  |  |
|          | Puente sobre Arroyo Jamao                                     | PA                  | Análisis separado |  |  |
|          | Puente sobre Arroyo Aguacate                                  | PA                  | Análisis separado |  |  |
|          | Puente en Quebrada sin nombre                                 | PA                  | Análisis separado |  |  |
|          | <b>Cajones de drenaje</b>                                     |                     |                   |  |  |
|          | En Est 1+900  | M                   | 8.00              |  |  |

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

|          |   |                |        |  |  |
|----------|---|----------------|--------|--|--|
|          | En Est 4+000  | M              | 8.00   |  |  |
|          | Cabezales   | M <sup>3</sup> | 175.40 |  |  |
| <b>7</b> | <b>SEGURIDAD VIAL</b>   |                |        |  |  |
|          | Bordillo y contén de hormigón vaciado en sitio<br>(Hormigón Ind. 180 kg/cm <sup>2</sup> ) | M              | 500.00 |  |  |
|          | Aceras de hormigón (Hormigón Ind. 180 kg/cm <sup>2</sup> )                                | M <sup>2</sup> | 500.00 |  |  |
|          | Señalización vial   | PA             | 1.00   |  |  |
| <b>8</b> | <b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>  |                |        |  |  |
|          | Medio ambiente y arborización   | PA             | 1.00   |  |  |
|          | Salud y seguridad ocupacional   | PA             | 1.00   |  |  |
|          | Limpieza final  | PA             | 1.00   |  |  |

Fuente: IDOM-VNG

| <b>CUANTIAS A UTILIZAR EN TODOS LOS<br/>PUENTES</b> | <b>QQ/M3</b> |
|---|--------------|
| Zapata estribo                                      | 2.30         |
| Muro fuste  | 1.90         |
| Aletas  | 2.90         |
| Pantalla  | 2.70         |
| Vigueta   | 4.00         |
| New Jersey  | 2.60         |
| Losa aproche  | 2.00         |
| Vigas postensadas                                   | 3.30         |
| Tabletas  | 4.00         |
| Baranda   | 3.50         |
| Zapata pilas  | 2.00         |
| Fuste pilas   | 4.80         |
| Cabezal pilas                                       | 5.00         |

### PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE SOBRE EL ARROYO JMAAO

| <b>DATOS GENERALES</b>       |   |       |
|------------------------------|---|-------|
| Longitud desde los estribos  | M | 33.00 |
| Longitud losas de aproche    | M | 4.00  |
| Longitud + losas de aproche  | M | 41.00 |
| Ancho total                  | M | 9.90  |
| Número de carriles           | M | 2.00  |
| Ancho de cada carril         | M | 3.00  |
| Cantidad Pilotes en estribos | M | 8.00  |
| Profundidad pilote           | M | 15.00 |

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

|                            |                |        |
|----------------------------|----------------|--------|
| Altura estribos y pilas    | M              | 4.00   |
| Longitud vigas postensadas | M              | 32.30  |
| Área puente sin aproches   | M <sup>2</sup> | 326.70 |

Tabla 58: Presupuesto de construcción del puente sobre el arroyo Jamao

| No.      | PARTIDA / ACTIVIDAD   | UNIDAD         | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
|----------|---|----------------|----------|-----------------|-------|
| <b>1</b> | <b>TRABAJOS GENERALES</b>   |                |          |                 |       |
| 1.1      | Letrero de obra   | PA             | 1.00     |                 |       |
| 1.2      | Ingeniería  | PA             | 1.00     |                 |       |
| 1.3      | Mantenimiento de tránsito   | PA             | 1.00     |                 |       |
| <b>2</b> | <b>CAMPAMENTO</b>   | PA             | 1.00     |                 |       |
| <b>3</b> | <b>PLATAFORMA ÁREA DE TRABAJO</b>   |                |          |                 |       |
| 3.1      | Para construcción de vigas  | PA             | 1.00     |                 |       |
| <b>4</b> | <b>MOVIMIENTO DE TIERRA EN EL PUENTE PLATAFORMA PARA CONSTRUCCIÓN PILOTES</b>                                     |                |          |                 |       |
| 4.1      | <b>Estribo Lado 1</b>   |                |          |                 |       |
| 4.1.1    | Excavación de Material hasta Cota de desplante Df=1.50m   | M <sup>3</sup> | 718.74   |                 |       |
| 4.1.2    | Bote de Material  | M <sup>3</sup> | 934.36   |                 |       |
| 4.1.3    | Relleno Material Compactado 0.30m.  | M <sup>3</sup> | 98.01    |                 |       |
| 4.2      | <b>Estribo Lado 2</b>   |                |          |                 |       |
| 4.2.1    | Excavación de Material hasta Cota de desplante Df=1.50m   | M <sup>3</sup> | 718.74   |                 |       |
| 4.2.2    | Bote de Material  | M <sup>3</sup> | 934.36   |                 |       |
| 4.2.3    | Relleno Material Compactado 0.30m.  | M <sup>3</sup> | 98.01    |                 |       |
| <b>5</b> | <b>FUNDACIONES</b>  |                |          |                 |       |
| 5.1      | <b>Estribo Lado 1 - Pilotes de H.A. - Ø0.80m, L= 15.0m,vaciados in situ, Acero G-60:2.68qq/m3</b>                 |                |          |                 |       |
| 5.1.1    | Replanteo   | UD             | 8.00     |                 |       |
| 5.1.2    | Perforación de Pilotes Ø 0.80m 14 de 25.50m (5% de sobrexcaación)   | M <sup>3</sup> | 107.25   |                 |       |
| 5.1.3    | Encamisado Excavación (Colocación Tubo Recuperable 4.00m en cada pilote)  | M              | 32.00    |                 |       |
| 5.1.4    | Suministro de Hormigón f <sub>c</sub> 350 kg/cm <sup>2</sup> + 25% por infiltracion y oquedades en la Perforación | M <sup>3</sup> | 75.40    |                 |       |
| 5.1.5    | Colocación de Hormigón en Pilotes   | M <sup>3</sup> | 75.40    |                 |       |

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

|          |   |     |        |  |  |
|----------|---|-----|--------|--|--|
| 5.1.6    | <b>Suministro y Colocación de Acero en Pilotes (incluye manejo, fijacion y colocación)</b>        | QQ  | 331.84 |  |  |
| 5.1.7    | Carguio y Bote de material inservible   | M³e | 139.43 |  |  |
| 5.1.8    | Demolición con compresores de la cabeza de pilotes 2.00m. De altura                               | M³e | 6.03   |  |  |
| 5.2      | <b>Estribo Lado 2 - Pilotes de H.A. - Ø0.80m, L= 15.0m,vaciados in situ, Acero G-60:2.68qq/m3</b> |     |        |  |  |
| 5.2.1    | Replanteo   | UD  | 8.00   |  |  |
| 5.2.2    | Perforación de Pilotes Ø 0.80m 14 de 25.50m (5% de sobreexcavación)                               | M³  | 107.25 |  |  |
| 5.2.3    | Encamisado Excavación (Colocación Tubo Recuperable 4.00m en cada pilote)                          | M   | 32.00  |  |  |
| 5.2.4    | Suministro de Hormigón f'c 350 kg/cm2 + 25% por infiltracion y oquedades en la Perforación        | M³  | 75.40  |  |  |
| 5.2.5    | Colocación de Hormigón en Pilotes   | M³  | 75.40  |  |  |
| 5.2.6    | Suministro y Colocación de Acero en Pilotes (incluye manejo, fijacion y colocación)               | QQ  | 331.84 |  |  |
| 5.2.7    | Carguio y Bote de material inservible   | M³e | 139.43 |  |  |
| 5.2.8    | Demolición con compresores de la cabeza de pilotes 2.00m. De altura                               | M³e | 6.03   |  |  |
| <b>6</b> | <b>HORMIGÓN SIMPLE INCLUYE ACONDICIONAMIENTO FUNDACIÓN ESTRIBOS</b>                               |     |        |  |  |
| 6.1      | Bajo Zapata Estribo 1   | M³  | 7.43   |  |  |
| 6.2      | Bajo zapata Estribo 2   | M³  | 7.43   |  |  |
| <b>7</b> | <b>HORMIGÓN ARMADO Y ACERO EN:</b>  |     |        |  |  |
| 7.1      | <b>Estribo Lado 1</b>   |     |        |  |  |
| 7.1.1    | Zapata - Cabezal de Pilotes, f'c 280 kg/cm2   | M³  | 65.49  |  |  |
| 7.1.2    | Muro Fuste, f'c 350 kg/cm2  | M³  | 55.45  |  |  |
| 7.1.3    | Pantalla, f'c 350 kg/cm2  | M³  | 12.22  |  |  |
| 7.1.4    | Aletas, f'c 350 kg/cm2  | M³  | 14.34  |  |  |
| 7.2      | <b>Estribo Lado 2</b>   |     |        |  |  |
| 7.2.1    | Zapata - Cabezal de Pilotes, f'c 280 kg/cm2   | M³  | 65.49  |  |  |
| 7.2.2    | Muro Fuste, f'c 350 kg/cm2  | M³  | 55.45  |  |  |
| 7.2.3    | Pantalla, f'c 350 kg/cm2  | M³  | 12.22  |  |  |
| 7.2.4    | Aletas, f'c 350 kg/cm2  | M³  | 14.34  |  |  |
| 7.3      | <b>Vigas Postensadas</b>  |     |        |  |  |
| 7.3.1    | Vigas Postensadas . f'c 350 kg/cm2  | M³  | 98.01  |  |  |

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

|           |   |                |        |  |  |
|-----------|---|----------------|--------|--|--|
| 7.3.2     | Izaje 6Vigas postensadas de 29.30mts.   | Ton            | 245.03 |  |  |
| 7.4       | <b>Viguetas Transversales Y Tabletas Encofrado Perdido</b>                              |                |        |  |  |
| 7.4.1     | Viguetas Intermedias, f'c 280 kg/cm2  | M <sup>3</sup> | 9.80   |  |  |
| 7.4.2     | Viguetas Extremas, f'c 280 kg/cm2   | M <sup>3</sup> | 13.07  |  |  |
| 7.5       | <b>Losa del Tablero</b>   |                |        |  |  |
| 7.5.1     | Losa del Tablero, f'c 280 kg/cm2  | M <sup>3</sup> | 81.68  |  |  |
| 7.5.2     | Bordillos Tipo New Jersey, f'c 280 kg/cm2   | M <sup>3</sup> | 26.10  |  |  |
| 7.6       | <b>Losa de Aproche</b>  |                |        |  |  |
| 7.6.1     | Losa (espesor=0.4, f'c 280 kg/cm2 Lado 1  | M <sup>3</sup> | 16.63  |  |  |
| 7.6.2     | Losa (espesor=0.4, f'c 280 kg/cm2 Lado 2  | M <sup>3</sup> | 16.63  |  |  |
| 7.6.3     | Bordillos Tipo New Jersey f'c 280 kg/cm2  | M <sup>3</sup> | 3.23   |  |  |
| 7.6.4     | Bordillos Tipo New Jersey f'c 280 kg/cm2  | M <sup>3</sup> | 3.23   |  |  |
| <b>8</b>  | <b>APOYOS ELASTOMÉRICOS DE LAS VIGAS</b>  |                |        |  |  |
| 8.1       | Placas de neopreno (0.40 x 0.40 x 0.025, con Placas de acero inscrustadas, As de 1/16") | UD             | 12.00  |  |  |
| 8.2       | Base Apoyo vigas sobre estribo (Grouting) 18 uds.                                       | M <sup>3</sup> | 0.23   |  |  |
| <b>9</b>  | <b>MISCELÁNEOS</b>  |                |        |  |  |
| 9.1       | Pruebas de integridad , pruebas de Carga  | UD             | 16.00  |  |  |
| 9.2       | Juntas Metálicas en losas   | M              | 32.67  |  |  |
| 9.3       | Llenado de Juntas en losas con neopreno líquido   | M              | 65.34  |  |  |
| 9.5       | Desagüe en tubos de 4"  | UD             | 33.00  |  |  |
| 9.6       | Pintura muros de defensa tipo New Jersey  | M <sup>2</sup> | 262.40 |  |  |
| 9.7       | Resane de superficies en Estribo, bordillos, New Jersey y aceras                        | M <sup>2</sup> | 280.88 |  |  |
| <b>11</b> | <b>PRESERVACION PATRIMONIO CULTURAL</b>   | PA             | 1.00   |  |  |

Fuente: IDOM-VNG

### PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE SOBRE EL ARROYO AGUACATE

| DATOS GENERALES              |   |       |
|------------------------------|---|-------|
| Longitud desde los estribos  | M | 25.00 |
| Longitud losas de aproche    | M | 4.00  |
| Longitud + losas de aproche  | M | 33.00 |
| Ancho total                  | M | 9.90  |
| Número de carriles           | M | 2.00  |
| Ancho de cada carril         | M | 3.00  |
| Cantidad Pilotes en estribos | M | 8.00  |

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

|                            |                |        |
|----------------------------|----------------|--------|
| Profundidad pilote         | M              | 15.00  |
| Altura estribos y pilas    | M              | 4.00   |
| Longitud vigas postensadas | M              | 24.30  |
| Área puente sin aproches   | M <sup>2</sup> | 247.50 |

Tabla 59: Presupuesto de construcción del puente sobre el Arroyo Aguacate

| No.      | PARTIDA / ACTIVIDAD   | UNIDAD         | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
|----------|---|----------------|----------|-----------------|-------|
| <b>1</b> | <b>TRABAJOS GENERALES</b>   |                |          |                 |       |
| 1.1      | Letrero de obra   | PA             | 1.00     |                 |       |
| 1.2      | Ingeniería  | PA             | 1.00     |                 |       |
| 1.3      | Mantenimiento de tránsito   | PA             | 1.00     |                 |       |
| <b>2</b> | <b>CAMPAMENTO</b>   | PA             | 1.00     |                 |       |
| <b>3</b> | <b>PLATAFORMA ÁREA DE TRABAJO</b>   |                |          |                 |       |
| 3.1      | Para construcción de vigas  | PA             | 1.00     |                 |       |
| <b>4</b> | <b>MOVIMIENTO DE TIERRA EN EL PUENTE PLATAFORMA PARA CONSTRUCCIÓN PILOTES</b>                     |                |          |                 |       |
| 4.1      | <b>Estribo Lado 1</b>   |                |          |                 |       |
| 4.1.1    | Excavación de Material hasta Cota de desplante Df=1.50m   | M <sup>3</sup> | 718.74   |                 |       |
| 4.1.2    | Bote de Material  | M <sup>3</sup> | 934.36   |                 |       |
| 4.1.3    | Relleno Material Compactado 0.30m.  | M <sup>3</sup> | 98.01    |                 |       |
| 4.2      | <b>Estribo Lado 2</b>   |                |          |                 |       |
| 4.2.1    | Excavación de Material hasta Cota de desplante Df=1.50m   | M <sup>3</sup> | 718.74   |                 |       |
| 4.2.2    | Bote de Material  | M <sup>3</sup> | 934.36   |                 |       |
| 4.2.3    | Relleno Material Compactado 0.30m.  | M <sup>3</sup> | 98.01    |                 |       |
| <b>5</b> | <b>FUNDACIONES</b>  |                |          |                 |       |
| 5.1      | <b>Estribo Lado 1 - Pilotes de H.A. - Ø0.80m, L= 15.0m,vaciados in situ, Acero G-60:2.68qq/m3</b> |                |          |                 |       |
| 5.1.1    | Replanteo   | UD             | 8.00     |                 |       |
| 5.1.2    | Perforación de Pilotes Ø 0.80m 14 de 25.50m (5% de sobreexcavación)                               | M <sup>3</sup> | 107.25   |                 |       |
| 5.1.3    | Encamisado Excavación (Colocación Tubo Recuperable 4.00m en cada pilote)                          | M              | 32.00    |                 |       |
| 5.1.4    | Suministro de Hormigón f'c 350 kg/cm2 + 25% por infiltracion y oquedades en la Perforación        | M <sup>3</sup> | 75.40    |                 |       |

**MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

|          |   |     |        |  |  |
|----------|---|-----|--------|--|--|
| 5.1.5    | Colocación de Hormigón en Pilotes   | M³  | 75.40  |  |  |
| 5.1.6    | Suministro y Colocación de Acero en Pilotes (incluye manejo, fijación y colocación)               | QQ  | 331.84 |  |  |
| 5.1.7    | Carguio y Bote de material inservible   | M³e | 139.43 |  |  |
| 5.1.8    | Demolición con compresores de la cabeza de pilotes 2.00m. De altura                               | M³e | 6.03   |  |  |
| 5.2      | <b>Estribo Lado 2 - Pilotes de H.A. - Ø0.80m, L= 15.0m,vaciados in situ, Acero G-60:2.68qq/m3</b> |     |        |  |  |
| 5.2.1    | Replanteo   | UD  | 8.00   |  |  |
| 5.2.2    | Perforación de Pilotes Ø 0.80m 14 de 25.50m (5% de sobrexcaación)                                 | M³  | 107.25 |  |  |
| 5.2.3    | Encamisado Excavación (Colocación Tubo Recuperable 4.00m en cada pilote)                          | M   | 32.00  |  |  |
| 5.2.4    | Suministro de Hormigón f'c 350 kg/cm² + 25% por infiltración y oquedades en la Perforación        | M³  | 75.40  |  |  |
| 5.2.5    | Colocación de Hormigón en Pilotes   | M³  | 75.40  |  |  |
| 5.2.6    | Suministro y Colocación de Acero en Pilotes (incluye manejo, fijación y colocación)               | QQ  | 331.84 |  |  |
| 5.2.7    | Carguio y Bote de material inservible   | M³e | 139.43 |  |  |
| 5.2.8    | Demolición con compresores de la cabeza de pilotes 2.00m. De altura                               | M³e | 6.03   |  |  |
| <b>6</b> | <b>HORMIGÓN SIMPLE INCLUYE ACONDICIONAMIENTO FUNDACIÓN ESTRIBOS</b>                               |     |        |  |  |
| 6.1      | Bajo Zapata Estribo 1   | M³  | 7.43   |  |  |
| 6.2      | Bajo zapata Estribo 2   | M³  | 7.43   |  |  |
| <b>7</b> | <b>HORMIGÓN ARMADO Y ACERO EN:</b>  |     |        |  |  |
| 7.1      | <b>Estribo Lado 1</b>   |     |        |  |  |
| 7.1.1    | Zapata - Cabezal de Pilotes, f'c 280 kg/cm²   | M³  | 65.49  |  |  |
| 7.1.2    | Muro Fuste, f'c 350 kg/cm²  | M³  | 55.45  |  |  |
| 7.1.3    | Pantalla, f'c 350 kg/cm²  | M³  | 12.22  |  |  |
| 7.1.4    | Aletas, f'c 350 kg/cm²  | M³  | 14.34  |  |  |
| 7.2      | <b>Estribo Lado 2</b>   |     |        |  |  |
| 7.2.1    | Zapata - Cabezal de Pilotes, f'c 280 kg/cm²   | M³  | 65.49  |  |  |
| 7.2.2    | Muro Fuste, f'c 350 kg/cm²  | M³  | 55.45  |  |  |
| 7.2.3    | Pantalla, f'c 350 kg/cm²  | M³  | 12.22  |  |  |
| 7.2.4    | Aletas, f'c 350 kg/cm²  | M³  | 14.34  |  |  |
| 7.3      | <b>Vigas Postensadas</b>  |     |        |  |  |



**MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

|           |   |                |        |  |  |
|-----------|---|----------------|--------|--|--|
| 7.3.1     | Vigas Postensadas . f'c 350 kg/cm <sup>2</sup>  | M <sup>3</sup> | 74.25  |  |  |
| 7.3.2     | Izaje 6Vigas postensadas de 29.30mts.   | Ton            | 185.63 |  |  |
| 7.4       | <b>Viguetas Transversales Y Tabletas Encofrado Perdido</b>                              |                |        |  |  |
| 7.4.1     | Viguetas Intermedias, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>  | M <sup>3</sup> | 7.43   |  |  |
| 7.4.2     | Viguetas Extremas, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>   | M <sup>3</sup> | 9.90   |  |  |
| 7.5       | <b>Losa del Tablero</b>   |                |        |  |  |
| 7.5.1     | Losa del Tablero, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>  | M <sup>3</sup> | 61.88  |  |  |
| 7.5.2     | Bordillos Tipo New Jersey, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>                                   | M <sup>3</sup> | 19.63  |  |  |
| 7.6       | <b>Losa de Aprovecho</b>  |                |        |  |  |
| 7.6.1     | Losa (espesor=0.4, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup> Lado 1                                    | M <sup>3</sup> | 16.63  |  |  |
| 7.6.2     | Losa (espesor=0.4, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup> Lado 2                                    | M <sup>3</sup> | 16.63  |  |  |
| 7.6.3     | Bordillos Tipo New Jersey f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>                                    | M <sup>3</sup> | 3.23   |  |  |
| 7.6.4     | Bordillos Tipo New Jersey f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>                                    | M <sup>3</sup> | 3.23   |  |  |
| <b>8</b>  | <b>APOYOS ELASTOMÉRICOS DE LAS VIGAS</b>  |                |        |  |  |
| 8.1       | Placas de neopreno (0.40 x 0.40 x 0.025, con Placas de acero inscrustadas, As de 1/16") | UD             | 12.00  |  |  |
| 8.2       | Base Apoyo vigas sobre estribo (Grouting) 18 uds.                                       | M <sup>3</sup> | 0.23   |  |  |
| <b>9</b>  | <b>MISCELÁNEOS</b>  |                |        |  |  |
| 9.1       | Pruebas de integridad , pruebas de Carga  | UD             | 16.00  |  |  |
| 9.2       | Juntas Metálicas en losas   | M              | 25.00  |  |  |
| 9.3       | Llenado de Juntas en losas con neopreno líquido   | M              | 50.00  |  |  |
| 9.5       | Desagüe en tubos de 4"  | UD             | 25.00  |  |  |
| 9.6       | Pintura muros de defensa tipo New Jersey  | M <sup>2</sup> | 211.20 |  |  |
| 9.7       | Resane de superficies en Estribo, bordillos, New Jersey y aceras                        | M <sup>2</sup> | 280.88 |  |  |
| <b>11</b> | <b>SEGURIDAD</b>  |                |        |  |  |
| 11.1      | Señalización horizontal y vertical  | PA             | 1.00   |  |  |
| 11.2      | Salud y seguridad ocupacional   | PA             | 1.00   |  |  |
| 11.3      | Limpieza final  | PA             | 1.00   |  |  |

Fuente: IDOM-VNG

**PRESUPUESTO DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SIN NOMBRE EST 5+070**

| <b>DATOS GENERALES</b>        |   |       |
|-------------------------------|---|-------|
| Longitud desde los estribos   | M | 20.00 |
| Longitud losas de aprovecho   | M | 4.00  |
| Longitud + losas de aprovecho | M | 28.00 |

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

|                              |                |        |
|------------------------------|----------------|--------|
| Ancho total                  | M              | 9.90   |
| Número de carriles           | M              | 2.00   |
| Ancho de cada carril         | M              | 3.00   |
| Cantidad Pilotes en estribos | M              | 8.00   |
| Profundidad pilote           | M              | 15.00  |
| Altura estribos y pilas      | M              | 4.00   |
| Longitud vigas postensadas   | M              | 19.30  |
| Área puente sin aproches     | M <sup>2</sup> | 198.00 |

Tabla 60: Presupuesto de construcción del puente sobre la Quebrada sin nombre Est 5+070

| No.      | PARTIDA / ACTIVIDAD  | UNIDAD         | CANTIDAD    | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
|----------|--|----------------|-------------|-----------------|-------|
| <b>1</b> | <b>TRABAJOS GENERALES</b>  |                |             |                 |       |
| 1.1      | Letrero de obra  | PA             | 1.00        |                 |       |
| 1.2      | Ingeniería   | PA             | 1.00        |                 |       |
| 1.3      | Mantenimiento de tránsito  | PA             | 1.00        |                 |       |
| <b>2</b> | <b>CAMPAMENTO</b>  | <b>PA</b>      | <b>1.00</b> |                 |       |
| <b>3</b> | <b>PLATAFORMA ÁREA DE TRABAJO</b>  |                |             |                 |       |
| 3.1      | Para construcción de vigas   | PA             | 1.00        |                 |       |
| <b>4</b> | <b>MOVIMIENTO DE TIERRA EN EL PUENTE PLATAFORMA PARA CONSTRUCCIÓN PILOTES</b>                    |                |             |                 |       |
| 4.1      | <b>Estribo Lado 1</b>  |                |             |                 |       |
| 4.1.1    | Excavación de Material hasta Cota de desplante Df=1.50m  | M <sup>3</sup> | 718.74      |                 |       |
| 4.1.2    | Bote de Material   | M <sup>3</sup> | 934.36      |                 |       |
| 4.1.3    | Relleno Material Compactado 0.30m.   | M <sup>3</sup> | 98.01       |                 |       |
| 4.2      | <b>Estribo Lado 2</b>  |                |             |                 |       |
| 4.2.1    | Excavación de Material hasta Cota de desplante Df=1.50m  | M <sup>3</sup> | 718.74      |                 |       |
| 4.2.2    | Bote de Material   | M <sup>3</sup> | 934.36      |                 |       |
| 4.2.3    | Relleno Material Compactado 0.30m.   | M <sup>3</sup> | 98.01       |                 |       |
| <b>5</b> | <b>FUNDACIONES</b>   |                |             |                 |       |
| 5.1      | <b>Estribo Lado 1 - Pilotes de H.A. - Ø0.80m, L=15.0m,vaciados in situ, Acero G-60:2.68qq/m3</b> |                |             |                 |       |
| 5.1.1    | Replanteo  | UD             | 8.00        |                 |       |
| 5.1.2    | Perforación de Pilotes Ø 0.80m 14 de 25.50m (5% de sobreexcavación)                              | M <sup>3</sup> | 107.25      |                 |       |

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

|          |   |                 |        |  |  |
|----------|---|-----------------|--------|--|--|
| 5.1.3    | Encamisado Excavación (Colocación Tubo Recuperable 4.00m en cada pilote)                                      | M               | 32.00  |  |  |
| 5.1.4    | Suministro de Hormigón f'c 350 kg/cm <sup>2</sup> + 25% por infiltración y oquedades en la Perforación        | M <sup>3</sup>  | 75.40  |  |  |
| 5.1.5    | Colocación de Hormigón en Pilotes   | M <sup>3</sup>  | 75.40  |  |  |
| 5.1.6    | Suministro y Colocación de Acero en Pilotes (incluye manejo, fijación y colocación)                           | QQ              | 331.84 |  |  |
| 5.1.7    | Carguio y Bote de material inservible   | M <sup>3e</sup> | 139.43 |  |  |
| 5.1.8    | Demolición con compresores de la cabeza de pilotes 2.00m. De altura   | M <sup>3e</sup> | 6.03   |  |  |
| 5.2      | <b>Estribo Lado 2 - Pilotes de H.A. - Ø0.80m, L= 15.0m, vaciados in situ, Acero G-60:2.68qq/m<sup>3</sup></b> |                 |        |  |  |
| 5.2.1    | Replanteo   | UD              | 8.00   |  |  |
| 5.2.2    | Perforación de Pilotes Ø 0.80m 14 de 25.50m (5% de sobreexcavación)   | M               | 107.25 |  |  |
| 5.2.3    | Encamisado Excavación (Colocación Tubo Recuperable 4.00m en cada pilote)                                      | M               | 32.00  |  |  |
| 5.2.4    | Suministro de Hormigón f'c 350 kg/cm <sup>2</sup> + 25% por infiltración y oquedades en la Perforación        | M <sup>3</sup>  | 75.40  |  |  |
| 5.2.5    | Colocación de Hormigón en Pilotes   | M <sup>3</sup>  | 75.40  |  |  |
| 5.2.6    | Suministro y Colocación de Acero en Pilotes (incluye manejo, fijación y colocación)                           | QQ              | 331.84 |  |  |
| 5.2.7    | Carguio y Bote de material inservible   | M <sup>3e</sup> | 139.43 |  |  |
| 5.2.8    | Demolición con compresores de la cabeza de pilotes 2.00m. De altura   | M <sup>3e</sup> | 6.03   |  |  |
| <b>6</b> | <b>HORMIGÓN SIMPLE INCLUYE ACONDICIONAMIENTO FUNDACIÓN ESTRIBOS</b>   |                 |        |  |  |
| 6.1      | Bajo Zapata Estribo 1   | M <sup>3</sup>  | 7.43   |  |  |
| 6.2      | Bajo zapata Estribo 2   | M <sup>3</sup>  | 7.43   |  |  |
| <b>7</b> | <b>HORMIGÓN ARMADO Y ACERO EN:</b>  |                 |        |  |  |
| 7.1      | <b>Estribo Lado 1</b>   |                 |        |  |  |
| 7.1.1    | Zapata - Cabezal de Pilotes, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>   | M <sup>3</sup>  | 65.49  |  |  |
| 7.1.2    | Muro Fuste, f'c 350 kg/cm <sup>2</sup>  | M <sup>3</sup>  | 55.45  |  |  |
| 7.1.3    | Pantalla, f'c 350 kg/cm <sup>2</sup>  | M <sup>3</sup>  | 12.22  |  |  |
| 7.1.4    | Aletas, f'c 350 kg/cm <sup>2</sup>  | M <sup>3</sup>  | 14.34  |  |  |
| 7.2      | <b>Estribo Lado 2</b>   |                 |        |  |  |
| 7.2.1    | Zapata - Cabezal de Pilotes, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>   | M <sup>3</sup>  | 65.49  |  |  |

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

|           |  |                |        |  |  |
|-----------|--|----------------|--------|--|--|
| 7.2.2     | Muro Fuste, f'c 350 kg/cm <sup>2</sup>   | M <sup>3</sup> | 55.45  |  |  |
| 7.2.3     | Pantalla, f'c 350 kg/cm <sup>2</sup>   | M <sup>3</sup> | 12.22  |  |  |
| 7.2.4     | Aletas, f'c 350 kg/cm <sup>2</sup>   | M <sup>3</sup> | 14.34  |  |  |
| 7.3       | <b>Vigas Postensadas</b>   |                |        |  |  |
| 7.3.1     | Vigas Postensadas . f'c 350 kg/cm <sup>2</sup>   | M <sup>3</sup> | 59.40  |  |  |
| 7.3.2     | Izaje 6Vigas postensadas de 29.30mts.  | Ton            | 148.50 |  |  |
| 7.4       | <b>Viguetas Transversales Y Tabletas Encofrado Perdido</b>                               |                |        |  |  |
| 7.4.1     | Viguetas Intermedias, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>   | M <sup>3</sup> | 5.94   |  |  |
| 7.4.2     | Viguetas Extremas, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>  | M <sup>3</sup> | 7.92   |  |  |
| 7.5       | <b>Losa del Tablero</b>  |                |        |  |  |
| 7.5.1     | Losa del Tablero, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>   | M <sup>3</sup> | 49.50  |  |  |
| 7.5.2     | Bordillos Tipo New Jersey, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>                                    | M <sup>3</sup> | 15.59  |  |  |
| 7.6       | <b>Losa de Aprovecho</b>   |                |        |  |  |
| 7.6.1     | Losa (espesor=0.4, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup> Lado 1                                     | M <sup>3</sup> | 16.63  |  |  |
| 7.6.2     | Losa (espesor=0.4, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup> Lado 2                                     | M <sup>3</sup> | 16.63  |  |  |
| 7.6.3     | Bordillos Tipo New Jersey f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>                                     | M <sup>3</sup> | 3.23   |  |  |
| 7.6.4     | Bordillos Tipo New Jersey f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>                                     | M <sup>3</sup> | 3.23   |  |  |
| <b>8</b>  | <b>APOYOS ELASTOMÉRICOS DE LAS VIGAS</b>   |                |        |  |  |
| 8.1       | Placas de neopreno (0.40 x 0.40 x 0.025, con Placas de acero inscrustradas, As de 1/16") | UD             | 12.00  |  |  |
| 8.2       | Base Apoyo vigas sobre estribo (Grouting) 18 uds.  | M <sup>3</sup> | 0.23   |  |  |
| <b>9</b>  | <b>MISCELÁNEOS</b>   |                |        |  |  |
| 9.1       | Pruebas de integridad , pruebas de Carga   | UD             | 16.00  |  |  |
| 9.2       | Juntas Metálicas en losas  | M              | 20.00  |  |  |
| 9.3       | Llenado de Juntas en losas con neopreno líquido  | M              | 40.00  |  |  |
| 9.5       | Desagüe en tubos de 4"   | UD             | 20.00  |  |  |
| 9.6       | Pintura muros de defensa tipo New Jersey   | M <sup>2</sup> | 179.20 |  |  |
| 9.7       | Resane de superficies en Estribo, bordillos, New Jersey y aceras                         | M <sup>2</sup> | 280.88 |  |  |
| <b>11</b> | <b>SEGURIDAD</b>   |                |        |  |  |
| 11.1      | Señalización horizontal y vertical   | PA             | 1.00   |  |  |
| 11.2      | Salud y seguridad ocupacional  | PA             | 1.00   |  |  |
| 11.3      | Limpieza final   | PA             | 1.00   |  |  |

Fuente: IDOM-VNG

## 8.7. PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL

### Formato de presentación de planos.

Los planos del diseño conceptual se han elaborado en formato 24"x36", entregables en versión digital.

### Planos elaborados

- Localización del proyecto
- Planta levantamiento topográfico
- Planta General
- Planta dimensionada-perfil
- Sección tipo

## ÍNDICE DE TABLAS, MAPAS, GRÁFICOS, ILUSTRACIONES

### TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Ubicación puentes .....   | 15 |
| Tabla 2. Coordenadas del camino a rehabilitar.....   | 20 |
| Tabla 3: Coordenadas de puentes y alcantarillas tipo cajones .....   | 21 |
| Tabla 4: Dimensiones de los 3 Puentes en el Camino Las Espinas- La Jaguita.....  | 24 |
| Tabla 5: Puntos de control georreferenciados .....   | 42 |
| Tabla 6: Resultados de los sondeos obtenidos partir de (SEV) camino Las Espinas. ....                                      | 46 |
| Tabla 7: Cuadro de espesores mínimos de capas en pavimento asfálticos.....   | 48 |
| Tabla 8: Proyección del tráfico estimado y ejes equivalentes de diseño .....   | 48 |
| Tabla 9: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 2 años. ....           | 49 |
| Tabla 10: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 10 años. ....         | 49 |
| Tabla 11: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 50 años. ....         | 49 |
| Tabla 12: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 100 años. ....        | 50 |
| Tabla 13: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 200 años. ....        | 50 |
| Tabla 14: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 2 años.....     | 50 |
| Tabla 15: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 10 años.....    | 50 |
| Tabla 16: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 50 años.....    | 51 |
| Tabla 17: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 100 años.....   | 51 |
| Tabla 18: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 200 años.....   | 51 |
| Tabla 19: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 2 años.....  | 51 |
| Tabla 20: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 10 años..... | 52 |
| Tabla 21: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 50 años..... | 52 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 22: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 100 años..... | 52  |
| Tabla 23: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 200 años..... | 52  |
| Tabla 24: Datos y resultado de caudal mínimo y máximo por el Método Racional.....   | 53  |
| Tabla 25: Cotas máximas del agua en cada sitio de estudio para distintos períodos de retorno.....                           | 55  |
| Tabla 26: Resumen de costos de rehabilitación del camino Las Espinas y de construcción de los 3 puentes.....                | 59  |
| Tabla 27: Características de las estaciones pluviométricas.....   | 101 |
| Tabla 28: Precipitación (mm/día) por estación y periodo de retorno.....   | 102 |
| Tabla 29: Instrumentos utilizados en la TRMM.....   | 103 |
| Tabla 30: Bandas de la TRMM.....  | 103 |
| Tabla 31: Instrumentos utilizados en la GPM.....  | 104 |
| Tabla 32: Lista de distribuciones utilizadas.....   | 106 |
| Tabla 33: NEX/GDDP GCMs.....  | 110 |
| Tabla 34: Método no paramétrico de Mann Kendall y pendiente de Sen por dataset.....   | 112 |
| Tabla 35. Número de curva para condición antecedente de humedad II según el uso del suelo y su grupo hidrológico.....       | 118 |
| Tabla 36: Parámetros para el cálculo de abstracciones de la Quebrada sin nombre, Arroyos El Aguacate y Jamao.....           | 125 |
| Tabla 37: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 2 años.....            | 127 |
| Tabla 38: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 10 años.....           | 127 |
| Tabla 39: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 50 años.....           | 127 |
| Tabla 40: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 100 años.....          | 127 |
| Tabla 41: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo Jamao para el periodo de retorno de 200 años.....          | 128 |
| Tabla 42: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 2 años.....      | 128 |
| Tabla 43: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 10 años.....     | 128 |
| Tabla 44: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 50 años.....     | 128 |
| Tabla 45: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 100 años.....    | 129 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 46: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del Arroyo El Aguacate para el periodo de retorno de 200 años.....            | 129 |
| Tabla 47: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 2 años.....           | 129 |
| Tabla 48: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 10 años.....          | 129 |
| Tabla 49: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 50 años.....          | 130 |
| Tabla 50: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 100 años.....         | 130 |
| Tabla 51: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca de la Quebrada sin nombre para el periodo de retorno de 200 años.....         | 130 |
| Tabla 52: Datos y resultado de caudal mínimo y máximo por el Método Racional.....   | 131 |
| Tabla 53: Cotas máximas del agua en cada sitio de estudio para distintos periodos de retorno.....                                   | 136 |
| Tabla 54: Costes de construcción (inversión inicial) para cada periodo de retorno analizado.....                                    | 139 |
| Tabla 55: Inversión inicial, coste del riesgo y coste total para cada periodo de retorno de diseño. Puente Arroyo Jamao.....        | 142 |
| Tabla 56: Inversión inicial, coste del riesgo y coste total para cada periodo de retorno de diseño. Puente Quebrada sin nombre..... | 143 |
| Tabla 57 Presupuesto de rehabilitación del camino Las Espinas.....  | 153 |
| Tabla 58: Presupuesto de construcción del puente sobre el arroyo Jamao.....   | 156 |
| Tabla 59: Presupuesto de construcción del puente sobre el Arroyo Aguacate.....  | 159 |
| Tabla 60: Presupuesto de construcción del puente sobre la Quebrada sin nombre Est 5+070.....  | 162 |

## MAPAS

|   |     |
|---|-----|
| Mapa 1. Ubicación del proyecto Jamao-Las Espinas.....                                 | 11  |
| Mapa 2: Localización de los centroides de TRMM.....                                   | 105 |
| Mapa 3 Precipitación para un periodo de retorno de 2 años.....                        | 108 |
| Mapa 4 Precipitación para un periodo de retorno de 10 años.....                       | 108 |
| Mapa 5 Precipitación para un periodo de retorno de 50 años.....                       | 109 |
| Mapa 6 Precipitación para un periodo de retorno de 100 años.....                      | 109 |
| Mapa 7 Proyección histórica con un periodo de retorno de 100 años.....                | 111 |
| Mapa 8 RCP 4.5 para el periodo 2046- 2070, con un periodo de retorno de 100 años..... | 111 |
| Mapa 9 RCP 8.5 para el periodo 2046- 2070, con un periodo de retorno de 100 años..... | 112 |

## GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 1. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño. Puente Arroyo Jamao..... | 58 |
|---|----|



|   |     |
|---|-----|
| Gráfico 2. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño. Puente Quebrada sin nombre ..... | 58  |
| Gráfico 3. Hidrograma en cada punto de estudio de la Cuenca del Arroyo Jamao, para el modelo de TR 100 años. ....                           | 125 |
| Gráfico 4. Hidrograma en cada punto de estudio de la Cuenca del Arroyo El Aguacate, para el modelo de TR 100 años. ....                     | 126 |
| Gráfico 5. Hidrograma en cada punto de estudio de la Cuenca de la Quebrada sin nombre, para el modelo de TR 100 años.....                   | 126 |
| Gráfico 6. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño. Puente Arroyo Jamao .....        | 141 |
| Gráfico 7. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño. Puente Quebrada sin nombre ..... | 141 |
| Gráfico 8. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño. Puente Arroyo Jamao .....        | 142 |
| Gráfico 9. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño. Puente Quebrada sin nombre ..... | 143 |

## ILUSTRACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1. Ubicación y trazado del camino Las Espinas en Jamao al Norte .....                                 | 7  |
| Ilustración 2 Situación actual del camino existente .....   | 8  |
| Ilustración 3. Algunas dificultades existentes en el camino.....  | 9  |
| Ilustración 4. Principales sitios que requieren obras de drenaje o puentes.....                                   | 10 |
| Ilustración 5. Ubicación puente a construir en el Arroyo Jamao .....  | 15 |
| Ilustración 6: Alturas del puente No. 1 para una longitud de 33 m, para los diferentes Tr analizados              | 16 |
| Ilustración 7. Ubicación puente a construir en Km 3+800 en el Arroyo Aguacate .....                               | 16 |
| Ilustración 8: Alturas del puente No. 2 para una longitud de 20 m, para los diferentes Tr analizados              | 17 |
| Ilustración 9. Ubicación puente a construir en Km 5+070 en cañada .....   | 17 |
| Ilustración 10: Alturas del puente No. 3 para una longitud de 20 m, para los diferentes periodos de retorno ..... | 18 |
| Ilustración 11: Variante en el trazado actual en el puente Arroyo Aguacate .....                                  | 20 |
| Ilustración 12: Variante en el trazado actual en el puente Est 5+070 .....  | 21 |
| Ilustración 13: Perfil longitudinal del camino .....  | 22 |
| Ilustración 14. Secciones tipo propuestas en el camino vecinal en la comunidad Las Espinas .....                  | 23 |
| Ilustración 15: Planta dimensionada del nuevo puente sobre el Arroyo Jamao .....                                  | 24 |
| Ilustración 16: Planta dimensionada del nuevo puente sobre el Arroyo Aguacate.....                                | 25 |
| Ilustración 17: Planta dimensionada del nuevo puente sobre la Quebrada en Est 5+070 .....                         | 25 |
| Ilustración 18: Sección longitudinal del nuevo puente sobre el Arroyo Jamao.....                                  | 26 |
| Ilustración 19: Sección longitudinal del nuevo puente sobre el Arroyo Aguacate .....                              | 26 |
| Ilustración 20: Sección longitudinal del nuevo puente sobre la Quebrada en Est 5+070 .....                        | 27 |

|   |     |
|---|-----|
| Ilustración 21: Detalle Sección típica propuesta para los 3 Puentes en el Camino Las Espinas- La Jagueta .....  | 27  |
| Ilustración 22: Plano detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado .....  | 28  |
| Ilustración 23: Plano detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado .....  | 29  |
| Ilustración 24 : Plano detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado .....   | 29  |
| Ilustración 25: Planta y elevación del tramo de acceso al puente sobre el Arroyo Jamao .....  | 30  |
| Ilustración 26: Planta y elevación del tramo de salida del puente sobre el Arroyo Jamao .....   | 31  |
| Ilustración 27: Planta y elevación del tramo de acceso al puente sobre el Arroyo Aguacate.....  | 32  |
| Ilustración 28: Planta y elevación del tramo de salida del puente sobre el Arroyo Aguacate.....   | 33  |
| Ilustración 29: Planta y elevación del tramo de acceso al puente sobre la Quebrada sin nombre.....  | 34  |
| Ilustración 30: Planta y elevación del tramo de salida del puente sobre la Quebrada sin nombre.....   | 35  |
| Ilustración 31. Desvío propuesto para el puente sobre el Arroyo Jamao .....   | 36  |
| Ilustración 32. Desvío propuesto para el puente sobre el Arroyo Aguacate.....   | 37  |
| Ilustración 33. Desvío propuesto para el puente sobre la Quebrada en Est 5+070 .....  | 37  |
| Ilustración 34: Detalle tipo de fundación con pilotes de hormigón .....   | 47  |
| Ilustración 35: Estructura del pavimento .....  | 48  |
| Ilustración 36: Calados máximos del Arroyo Jamao. Secciones Aguas Arriba (izq) y Aguas Abajo (der) del paso a nivel del camino - Actual. Periodo de retorno 2 años.....                               | 54  |
| Ilustración 37: Calados máximos del Arroyo El Aguacate. Sección central del paso - Actual. Periodo de retorno 2 años.....   | 54  |
| Ilustración 38: Calados máximos de la Quebrada sin nombre. Secciones Aguas Arriba (izq) y Aguas Abajo (der) del paso a nivel del camino - Actual. Periodos de retorno 2, 10, 50, 100 y 200 años ..... | 55  |
| Ilustración 39: Tabla periódica de Resistividad de metales puros.....   | 93  |
| Ilustración 40. Perfil litológico puente Arroyo Jamao (Sondeos 35-36).....  | 95  |
| Ilustración 41. Perfil litológico puente Arroyo Aguacate (Sondeos 37-38) .....  | 96  |
| Ilustración 42. Perfil litológico puente quebrada seca (Sondeos 33-34) .....  | 97  |
| Ilustración 43: Sismicidad histórica ubicada en mapa tectónico de la Placa Caribe (Dollan et al., 1998).<br>.....   | 98  |
| Ilustración 44: Sismicidad histórica ubicada en mapa tectónico de la Placa Caribe (Dollan et al., 1998).<br>.....   | 98  |
| Ilustración 45: Geología de la zona del proyecto. Sabaneta de Yásica .....  | 100 |
| Ilustración 46: Localización de las estaciones pluviométricas.....  | 102 |
| Ilustración 47: Precipitación (mm/día) por estación y periodo de retorno.....   | 103 |
| Ilustración 48: Extracción de la banda de precipitación principal y creación un nuevo dataset con datos de precipitación diarios. ....  | 104 |
| Ilustración 49: Extracción de centroides. ....  | 105 |
| Ilustración 50: Ensamble de datasets. ....  | 106 |
| Ilustración 51: Calibración de centroides asignados a estaciones. ....  | 106 |

|   |     |
|---|-----|
| Ilustración 52: IDW con el valor de la calibración.....   | 107 |
| Ilustración 53: Dataset de precipitaciones calibrado.....   | 107 |
| Ilustración 54: Pendiente de Sen para el dataset RCP 4.5 (2046-2070).....   | 113 |
| Ilustración 55: Pendiente de Sen para el dataset estaciones (1998-2019).....  | 113 |
| Ilustración 56: Pendiente de Sen para el dataset histórico (1970-2005).....   | 114 |
| Ilustración 57: Pendiente de Sen para el dataset TRMM/GPM (1998-2019).....  | 114 |
| Ilustración 58 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) Zona 10 Miami (Estado de Florida, USA).<br>.....  | 115 |
| Ilustración 59. Hidrograma unitario del SCS.....  | 116 |
| Ilustración 60: Usos de suelo en las cuencas de la Quebrada sin nombre (izq), Arroyo El Aguacate<br>(med) y Arroyo Jamao (der).....   | 119 |
| Ilustración 61: Geología en las cuencas de la Quebrada sin nombre (izq), Arroyo El Aguacate (med) y<br>Arroyo Jamao (der).....  | 120 |
| Ilustración 62: Clasificación frente al drenaje en las cuencas de la Quebrada sin nombre (izq), Arroyo<br>El Aguacate (med) y Arroyo Jamao (der).....   | 120 |
| Ilustración 63: Número de Curva en las cuencas de la Quebrada sin nombre (izq), Arroyo El Aguacate<br>(med) y Arroyo Jamao (der).....   | 121 |
| Ilustración 64. Modelo hidrológico HEC-HMS de las cuencas de la Quebrada sin nombre (izq), Arroyo<br>El Aguacate (med) y Arroyo Jamao (der).....  | 123 |
| Ilustración 65 Geometría basada en secciones transversales para el modelo del Arroyo Jamao ...  | 133 |
| Ilustración 66 Geometría basada en secciones transversales para el modelo del Arroyo El Aguacate<br>.....   | 133 |
| Ilustración 67 Geometría basada en secciones transversales para el modelo de la Quebrada sin<br>nombre.....   | 134 |
| Ilustración 68 Calados máximos máximos del Arroyo Jamao. Secciones Aguas Arriba (izq) y Aguas<br>Abajo (der) del paso a nivel del camino - Actual. Periodos de retorno 2, 10, 50, 100 y 200 años ...  | 134 |
| Ilustración 69 Calados máximos del Arroyo El Aguacate. Sección central del paso - Actual. Periodos<br>de retorno 2, 10, 50, 100 y 200 años.....   | 135 |
| Ilustración 70 Calados máximos de la Quebrada sin nombre. Secciones Aguas Arriba (izq) y Aguas<br>Abajo (der) del paso a nivel del camino - Actual. Periodos de retorno 2, 10, 50, 100 y 200 años ... | 135 |
| Ilustración 71 Calados máximos del cauce en el Arroyo Jamao - Futuro. Período de retorno 200 años<br>.....  | 144 |
| Ilustración 72 Calados máximos del cauce en la Quebrada sin nombre - Futuro. Período de retorno<br>200 años.....  | 144 |
| Ilustración 73: Tipos de Señales preventivas.....   | 150 |