



**DISEÑO CONCEPTUAL BASADO EN RIESGO  
SUBPROYECTO INFRAESTRUCTURA:  
CONSTRUCCIÓN CAMINO VECINAL A PLAYA ROGELIO Y PUENTE  
GASPAR HERNÁNDEZ,  
PROVINCIA DE ESPAILLAT**

**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  
ENERO, 2021**



## 1. CONTENIDO

1.	CONTENIDO.....	2
2.	INTRODUCCIÓN .....	6
2.1.	ANTECEDENTES.....	6
2.2.	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	7
2.3.	SITUACIÓN ACTUAL .....	8
2.3.1.	ACCESOS .....	8
2.3.2.	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL PUENTE.....	9
2.3.3.	CONDICIONES ESTRUCTURALES.....	10
2.3.4.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS E HIDRÁULICAS .....	10
2.3.5.	CONDICIONES DEL TRÁFICO .....	11
2.4.	COMUNIDADES INVOLUCRADAS .....	12
3.	DATOS GENERALES.....	13
3.1.	INFORMACIÓN GENERAL .....	13
3.2.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y ALCANCE DEL PROYECTO .....	13
3.3.	MOTIVOS PARA EMPRENDER EL PROYECTO.....	13
3.4.	OBJETIVOS.....	14
3.5.	PLANES ESTRATÉGICOS DE LOS QUE FORMA PARTE .....	14
3.6.	ENTIDADES RESPONSABLES .....	14
4.	ALCANCES.....	15
4.1.	ESTUDIOS BÁSICOS Y OTROS ESTUDIOS .....	15
4.2.	DISEÑO BASADO EN RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO.....	15
4.3.	ESTUDIO COSTO/BENEFICIO .....	16
4.4.	ESTUDIOS ECONÓMICOS.....	16
4.5.	PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL .....	17
4.5.1.	DISEÑO DE CONJUNTO .....	17
4.5.2.	PROYECTO DISEÑADO .....	19
4.5.3.	CONSTRUCCIÓN DE DESVÍOS.....	25
4.6.	PLAN DE EJECUCIÓN DE OBRAS.....	26

5.	METODOLOGÍA GENERAL .....	27
5.1.	NORMAS APLICABLES .....	27
5.1.1.	NORMAS Y REGLAMENTOS DOMINICANOS .....	27
5.1.2.	NORMAS INTERNACIONALES.....	27
5.1.3.	NORMAS Y REGLAMENTOS DOMINICANOS REVISADOS POR LA ATI.....	28
5.2.	RECOPIACIÓN DE DOCUMENTACIÓN EXISTENTE .....	28
5.3.	TRABAJO DE GABINETE .....	29
5.4.	TRABAJO DE CAMPO .....	29
5.4.1.	VISITAS DE CAMPO .....	29
5.4.2.	ENTREVISTAS A COMUNITARIOS .....	30
5.4.3.	GEORREFERENCIACIÓN .....	30
6.	ELABORACIÓN DE INFORMES Y MEMORIAS.....	31
7.	RESULTADOS.....	32
7.1.	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE DISEÑO ADOPTADA.....	32
7.2.	ESTUDIOS BÁSICOS Y OTROS ESTUDIOS REALIZADOS .....	33
7.2.1.	TOPOGRAFÍA .....	33
7.2.2.	GEOTÉCNIA.....	34
7.2.3.	MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES.....	36
7.2.4.	HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA .....	36
7.2.5.	AMBIENTALES.....	41
7.2.6.	CENTROS DE PRODUCCIÓN .....	41
7.2.7.	EXPROPIACIONES.....	41
7.3.	DISEÑO BASADO EN RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO.....	41
7.4.	ESTUDIO COSTO/BENEFICIO .....	42
7.5.	ESTUDIOS ECONÓMICOS.....	43
7.6.	PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL .....	43
7.7.	PLAN DE EJECUCIÓN DE OBRAS.....	59
8.	ANEXOS .....	60
8.1.	ESTUDIOS BÁSICOS Y OTROS ESTUDIOS REALIZADOS .....	60

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

8.1.1.	TOPOGRAFÍA .....	60
8.1.2.	GEOTÉCNIA.....	61
8.1.3.	GEOLOGÍA.....	67
8.1.4.	MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES.....	71
8.1.5.	CAMBIO CLIMÁTICO, HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA.....	71
8.1.6.	AMBIENTALES.....	104
8.1.7.	CENTROS DE PRODUCCIÓN .....	105
8.1.8.	EXPROPIACIONES.....	105
8.1.9.	DISEÑO BASADO EN RIESGO.....	106
8.2.	ESTUDIO COSTO/BENEFICIO .....	110
8.2.1.	ESTUDIO DE MOVILIDAD .....	110
8.2.2.	ESTUDIO DE TRÁFICO .....	111
8.2.3.	ESTUDIO Y RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD VIAL.....	111
8.2.4.	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FINANCIERA DEL PUENTE.....	112
8.3.	PATRIMONIO CULTURAL .....	112
8.4.	SOCIALIZACIÓN COMUNITARIA .....	114
8.5.	ESTUDIOS ECONÓMICOS.....	114
8.5.1.	PRESUPUESTO DE OBRA.....	114
8.6.	PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL .....	120
	ÍNDICE DE TABLAS, MAPAS, GRÁFICOS, ILUSTRACIONES.....	122

## 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 **Construcción de un puente sobre el río Magante y mejoras al camino** que une la comunidad de villa Magante con **Playa Rogelio**.

Este Informe denominado **Estudios Básicos y Diseño Conceptual del Puente Playa Rogelio**, 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 Anexo I 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:

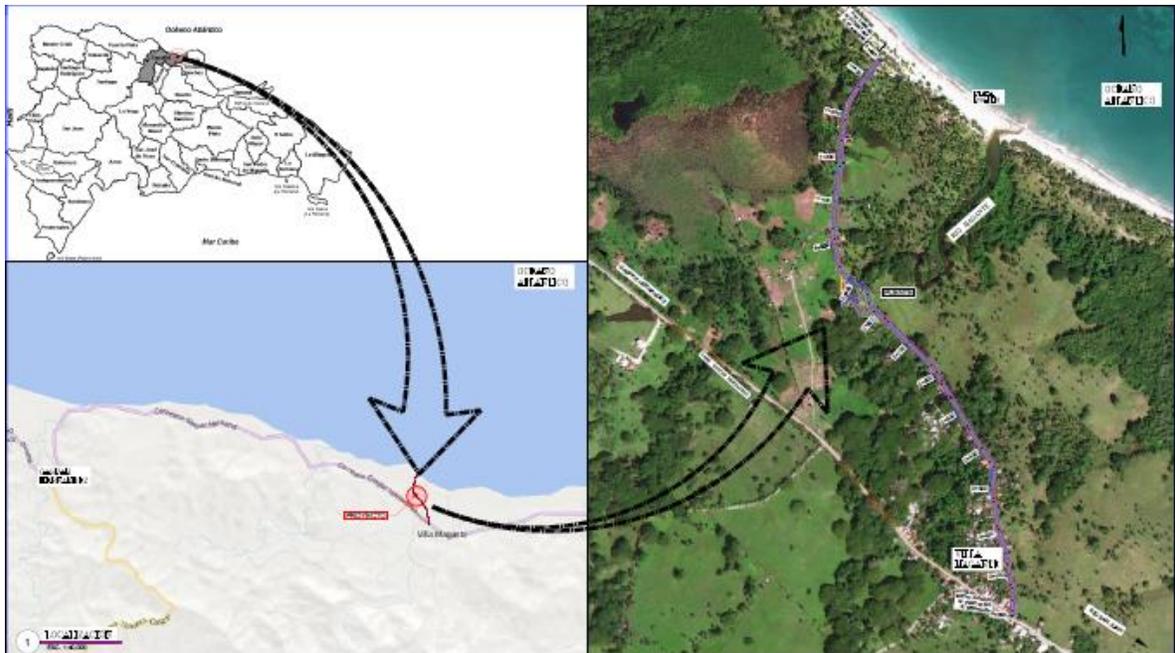
Un Informe digital conteniendo: 1-Datos generales, nombre del proyecto, introducción, antecedentes, localización, comunidades beneficiadas, 2-Alcance. 3-Diseño conceptual. Diseño del conjunto, diseño conceptual del proyecto. 4. Recomendaciones. Anexos: Reportes de los estudios básicos realizados

Este documento sobre **Estudios Básicos y Diseño Conceptual del Puente y camino Playa Rogelio** corresponde al entregable con el contenido señalado en el párrafo anterior.

## 2.2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto Puente y mejoras al camino a Playa Rogelio se localiza en el camino vecinal que comunica a la comunidad de **Villa Magante** con su playa, denominada **Playa Rogelio**, en la cercanía de Gaspar Hernández, en la provincia Esppailat, próximo al municipio de Río San Juan de la provincia María Trinidad Sánchez. Ver ilustración 1.

Ilustración 1. Ubicación del puente Playa Rogelio



Fuente: IDOM-VNG

**La playa Rogelio** y el camino que conduce a la misma es de vital importancia para Villa Magante, por cuanto representa una porción importante de la actividad socio-económica de la comunidad, cuyos ingresos provienen principalmente del turismo y de la ganadería, razón clave para que las buenas condiciones del camino sean prioritarias para la población que habita en la zona de influencia y que el tráfico no sea interrumpido por las condiciones estructurales del puente existente o por las condiciones hidrológicas en periodos de lluvias.

Ilustración 2. Vistas de Playa Rogelio



Fuente: IDOM-VNG

## 2.3. SITUACIÓN ACTUAL

### 2.3.1. ACCESOS

Se llega a Villa Magante a través de la carretera troncal No. 5, en las proximidades de Río San Juan. En el cruce La Yagua de Villa Magante con la citada carretera, está el inicio del camino que termina en la Playa Rogelio, con una longitud al inicio de la playa de 1.5 km. El puente se ubica a unos 900 m de la intersección con la carretera No. 5, sobre el río Magante. Ésta es la única vía de acceso a la playa.

En vista de que el camino fue pavimentado en febrero de este año en curso (2020), la condición actual de la calzada y el pavimento es buena. No hay obstrucción ni impedimento al tráfico vehicular ni de ningún otro tipo. La carencia de señalización, de cunetas longitudinales, así como la existencia de una grieta en un tramo en la carpeta de hormigón asfáltico y de un pequeño badén a cielo abierto, requieren mejoras que son incluidas en este documento, en adición a la obra principal que es el puente.

Ilustración 3: Problemas que requieren mejoras– Badén a cielo abierto, falta de drenaje longitudinal y grieta



Fuente: IDOM-VNG

## 2.3.2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL PUENTE

El puente existente es un puente badén tubular, que tiene una longitud de 28.11 m y un ancho de 4.24 m. No cumple con las características geométricas estandarizadas de puentes de hormigón armado del MOPC, pues no tiene suficiente ancho para dos carriles típicos, ni para peatonales y barandas, por lo que la sección deberá ampliarse para cumplir las especificaciones de puentes del MOPC.

Ilustración 4. Situación actual. Imágenes superiores del camino, inferiores del puente badén existente



Fuente: IDOM-VNG

### 2.3.3. CONDICIONES ESTRUCTURALES

La vía está asfaltada desde el mes de febrero 2020, estando la estructura de la misma en buenas condiciones, por lo que no es necesario una intervención dentro del alcance de este proyecto, salvo la reparación de la citada grieta.

El puentes-badén existente está en condiciones operativa, aunque presenta deterioro en la losa y obstrucciones de los tubos de hormigón debido a sedimentación y a restos de árboles arrastrados por las crecidas del río.

Antes las evidencias de inundaciones que impiden el paso del tráfico por el puente badén existente, el nuevo puente será de una estructura basada en hormigón armado, con fundación en pilotes, losa estándar de 30 a 35 m de longitud apoyada en los estribos, con una elevación por encima de la cota de inundación, quedando así una estructura con dimensiones y características estructurales resilientes a las crecidas históricas del río.

Ilustración 5: Condiciones del puente badén existente



Fuente: IDOM-VNG

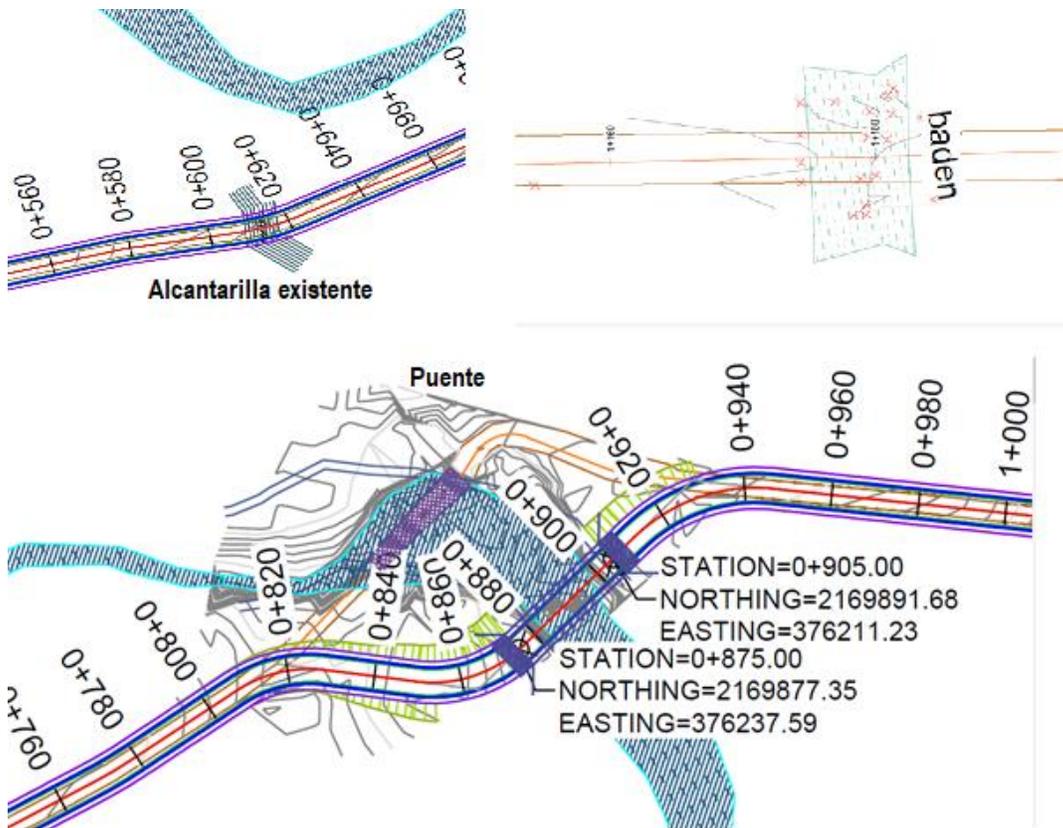
### 2.3.4. CONDICIONES HIDROLÓGICAS E HIDRÁULICAS

En la vía asfaltada no se observan obras de drenaje longitudinal. En la Est 0+620 existe una obra de drenaje que funciona adecuadamente, en la Est 0+900 se localiza el puente badén a ser sustituido por un nuevo puente y en la Est 1+180 hay un pequeño badén a cielo abierto que debe ser mejorado mediante una ampliación de su sección y cambiando la capa asfáltica por concreto hidráulico.

El puente resulta la obra prioritaria que realmente aplica para mejorar la resiliencia, siendo necesario en el caso del camino la inclusión de las cunetas longitudinales y la sustitución del badén a cielo abierto para mejorar las condiciones hidráulica y la vida útil del camino asfaltado meses atrás.

El puente badén existente cruza el río Magante, que desemboca en el Atlántico, en el lado este de Playa Rogelio. El nuevo puente se localiza en la Est 0+900 tendrá su losa a una elevación, calculada, mediante un análisis probabilístico de riesgo basado en un análisis hidrológico e hidráulico calibrado con las cotas históricas de inundación del río Magante. La cota final se muestra más adelante

Ilustración 6: Principales obras de drenaje en el camino



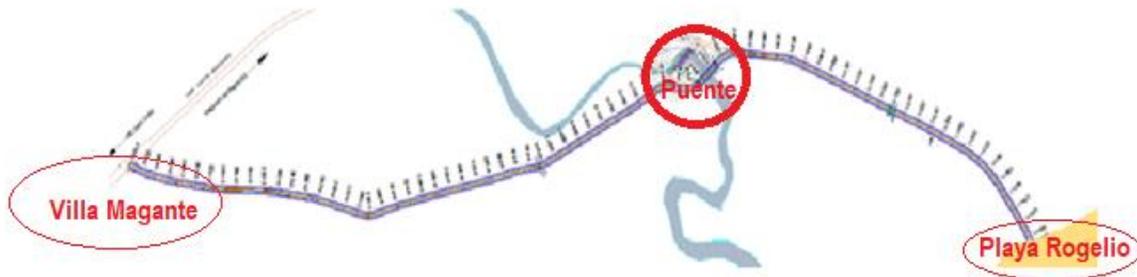
Fuente: IDOM-VNG

### 2.3.5. CONDICIONES DEL TRÁFICO

Por el camino y el puente existente circulan personas y vehículos que van a playa Rogelio y a los campos aledaños de producción agropecuaria. Por el deterioro aparente de la estructura, podría no ser seguro a largo plazo el uso del puente.

Al ser esta la única vía de comunicación de la comunidad con su centro de servicios turísticos (Playa Rogelio), se justifica la inversión, ya que 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.

Ilustración 7: Trazado general del camino Villa Magante-Playa Rogelio



Fuente: IDOM-VNG

## 2.4 COMUNIDADES INVOLUCRADAS

**Villa Magante.** La comunidad está ubicada en la costa atlántica de la República Dominicana, entre los municipios de Gaspar Hernández y Río San Juan, dentro del polo turístico No. 2, denominado Puerto Plata - Atlántico, a unos 13 km de la ciudad de Río San Juan.

Mapa 1. Ubicación del proyecto Villa Magante



Fuente: Mapas 1:50,000. República Dominicana

## 3. DATOS GENERALES

### 3.1. INFORMACIÓN GENERAL

- Nombre del proyecto: Puente y mejoras al camino a Playa Rogelio
- Ubicación: Comunidad Villa Magante
- Municipio: Gaspar Hernández
- Provincia: Espaillat

### 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 la ATI.
2. Evaluar el proyecto propuesto en el documento de la ATI.
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 Informe de evaluación inicial (IEI) 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 la República Dominicana a través de Multilateral/MEPyD y por el 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.
- 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)

#### **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 basadas en riesgo
- Evaluación ambiental preliminar
- Evaluación de patrimonio cultural
- Evaluación de tráfico
- Evaluación y recomendaciones de seguridad vial

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

Fueron evaluadas cuatro alternativas de diseño conceptual del puente Playa Rogelio, diferenciadas por los periodos de retorno analizados que fueron 50,100, 200 y 500 años. Cada una fue diseñada geoméricamente, presupuestada y evaluada para determinar la mejor opción en base a los criterios de diseño.

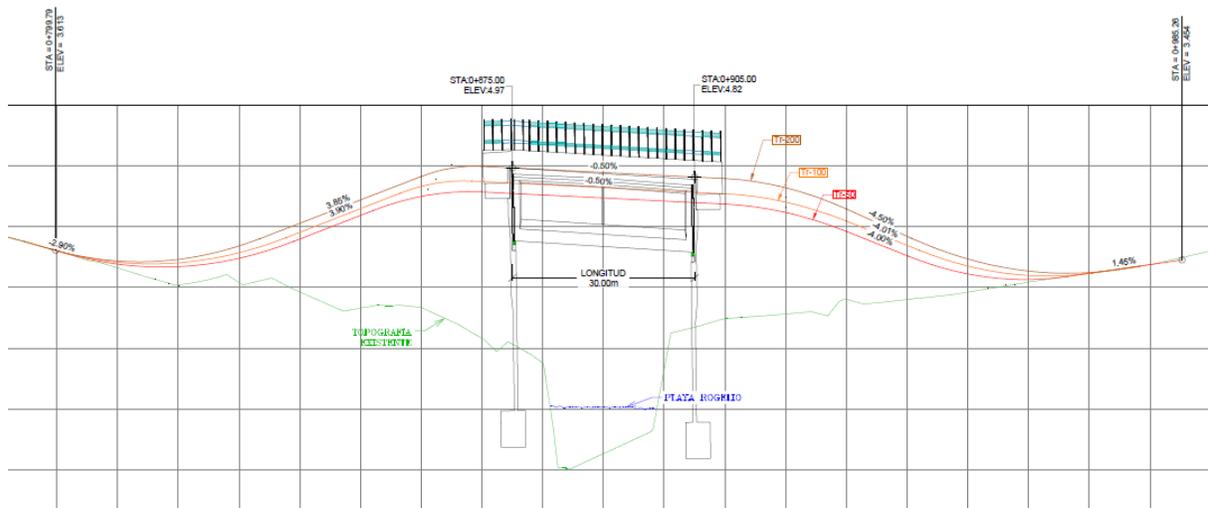
Depués de haber hecho los estudios comparativos y evaluaciones de alternativas para los diferentes periodos de retorno y de criterios de diseño, según se expone más adelante, se ha seleccionado como mejor opción la siguiente.

- Tr: 200 años
- Longitud del puente: 30 m
- Ancho: el especificado en la sección típica
- Cota del tablero en estribo de entrada (Est 0+875), 4.97 msnm
- Cota del tablero en estribo de salida (Est 0+905), 4.82 msnm.

En el anexo correspondiente se presentan los estudios hidrológico-hidráulico, el diseño basado en riesgo así como los resultados en materia de diseño geométrico del puente, para las elevaciones resultantes de los diferentes periodos de retornos ( $T_r$ ) analizados.

En el plano siguiente se presentan las alternativas analizadas, mostrando las alturas de las láminas de agua obtenidas en las modelaciones..

Ilustración 8: Alturas del puente para una longitud de 30 m, para los diferentes periodos de retorno analizados



### 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 elaboraron presupuestos para las diferentes alternativas de periodo de retorno (50,100,200 años), así como para los subtramos de acceso y salida al puente. Igualmente se determinó un valor para las mejoras señaladas, vinculadas a la reparación de la grieta, dotar de cuneta longitudinal, sustituir el badén y señalizar la vía, los cuales se muestran en el anexo correspondiente de la sección 8.

El resumen de los costos de construcción asociados a la solución resultante del diseño conceptual se muestra en la sección 7.

## 4.5. PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL

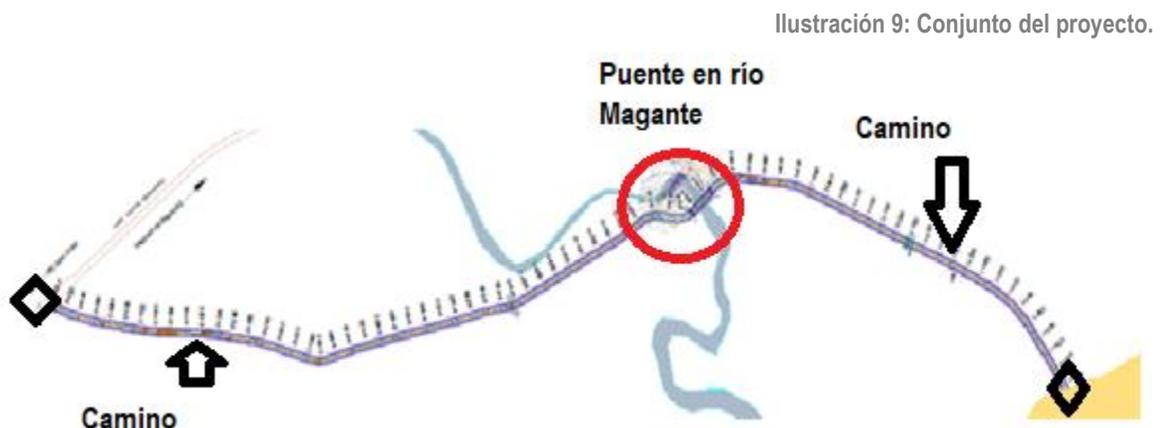
### 4.5.1. DISEÑO DE CONJUNTO

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

El proyecto general es el camino desde villa Magante hasta Playa Rogelio, al cual se le harán algunas mejoras, según se detalla en este documento, y cuya obra principal es la construcción del puente sobre el río Magante. Se introduce solamente una pequeña variante en el trazado del camino, para el acceso al nuevo puente. El proyecto se divide en las obras de mejoras al camino y la construcción del puente con sus respectivos accesos y variantes.

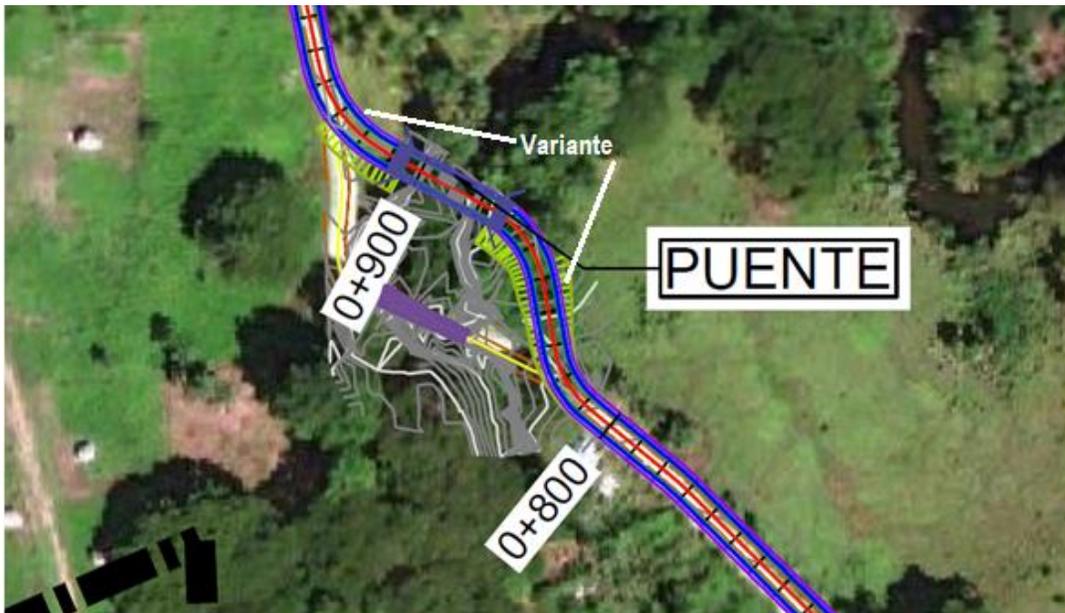
En la evaluación inicial del sitio de obra identificado originalmente fue validado el emplazamiento original, con un desplazamiento aguas abajo, para poder introducir una mejora en el trazado de la vía. El acceso de entrada al puente será una variante del acceso al puente existente, a la cual se le ha mejorado la curva horizontal. La salida es un subtramo que enlaza con la vía existente.

Se propone construir el nuevo puente conectando los accesos en las cotas históricas de inundación máxima señaladas por los comunitarios, así como por los resultados arrojados por la modelación hidrológica y el diseño basado en riesgo por cambio climático para diferentes periodos de retorno.



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 10: Variantes para el nuevo puente



Fuente: IDOM-VNG

## 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 los siguientes planos:

### Planos elaborados para el conjunto

- Localización del proyecto
- Planta General
- Planta levantamiento topográfico

### Planos elaborados para el puente

- Planta dimensionada-perfil
- Sección tipo

### Planos elaborados para el camino

- Planos de planta y perfil
- Señalización vial

## 4.5.2. PROYECTO DISEÑADO

### LOCALIZACIÓN DEL NUEVO PUENTE

El emplazamiento del nuevo puente será uniendo los dos accesos del puente existente con tramos de enlace o variantes con curvas de menor radio, cuyas coordenadas son las mostradas en la tabla siguiente.

Tabla 1. Coordenadas del puente Playa Rogelio propuesto

PROYECTO	COORDENADAS UTM		
		NORTE	ESTE
PUENTE A PLAYA ROGELIO	INICIO	2169879,730	376233,200
	CENTRO	2169884,510	376224,410
	FIN	2169889,290	376215,630

Fuente: IDOM-VNG

### DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO CONCEPTUAL DEL NUEVO PUENTE EN PLAYA ROGELIO SOBRE EL RÍO MAGANTE.

El diseño conceptual no modifica lo establecido en el Informe de Evaluación Inicial de construir un puente nuevo que cumpla los requerimientos técnicos estándares del MOPC y del diseño basado en riesgo y cambio climático, antes la existencia de un puente badén que es cubierto por las inundaciones del río Magante, lo cual impide a los moradores de de villa Magante y a los visitantes llegar a la playa.

Se diseña a nivel conceptual el nuevo puente a construir sobre el río Magante, se introducen variantes de enlace a la entrada y salida del puente con la vía existente. El puente se ubica aguas abajo del puente badén existente.

Se puede considerar el proyecto dividido en 2 partes:

- Las mejoras al camino
- El nuevo puente sobre el río Magante incluyendo los accesos.

### PUENTE CONSIDERADO

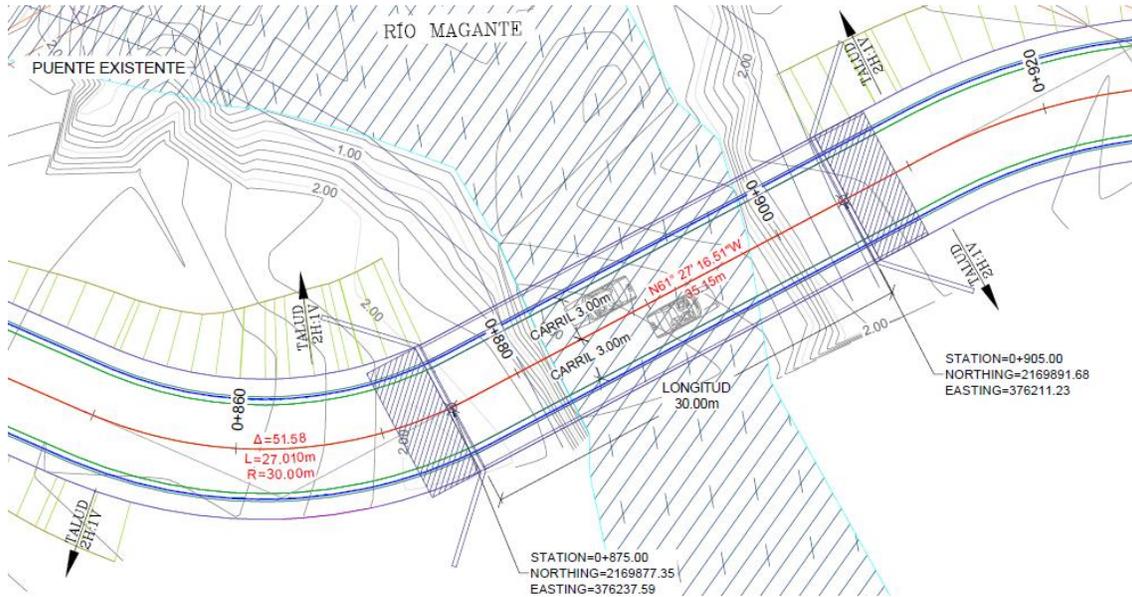
El puente diseñado corresponde al seleccionado en las evaluaciones de las alternativas para los diferentes periodos de retorno, utilizando el modelo de diseño basado en riesgo, cuyas dimensiones básicas son:

- Longitud del puente: 30 m
- Ancho: el especificado en la sección típica
- Cota del tablero en estribo del lado de Villa Magante 4.97 msnm

- Cota del tablero en estribo del lado de playa Rogelio 4.82 msnm

## PLANTA DIMENSIONADA DEL NUEVO PUENTE

Ilustración 11: Planta dimensionada del nuevo puente

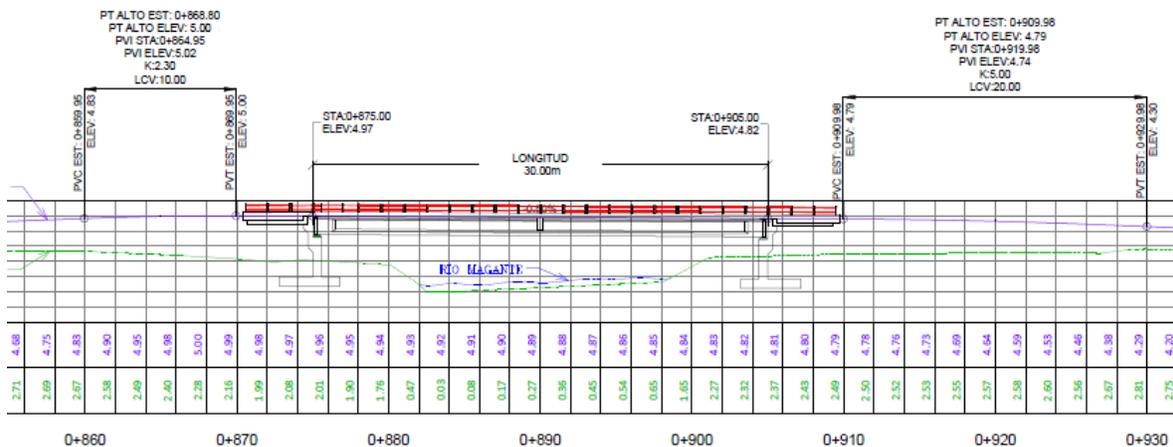


Fuente: IDOM-VNG

## SECCIÓN LONGITUDINAL DEL DISEÑO CONCEPTUAL DEL PUENTE.

La sección longitudinal para el 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.

Ilustración 12: Elevación del puente Playa Rogelio

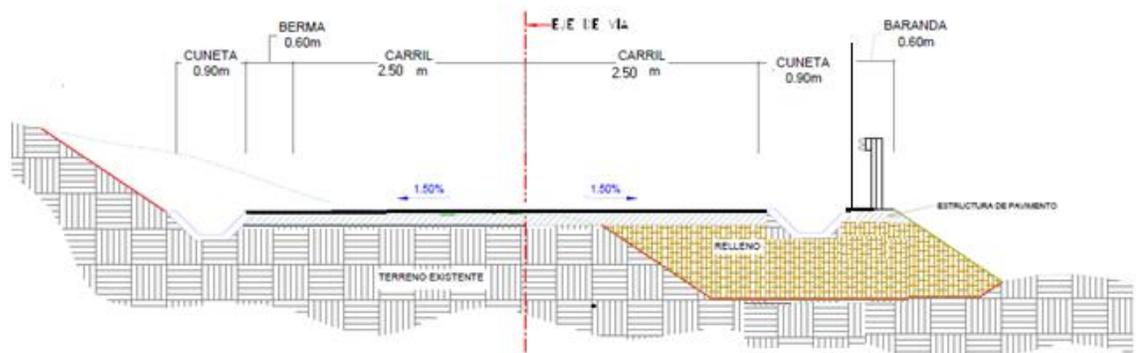


Fuente: IDOM-VNG

### SECCIÓN TRANSVERSAL DEL DISEÑO CONCEPTUAL DEL CAMINO.

Se mantiene el ancho de la sección existente de 5.0 m en el camino, se corrigen las grietas existentes en un tramo de la vía.

Ilustración 13. Sección tipo propuesta en el camino vecinal en la comunidad Las Espinas

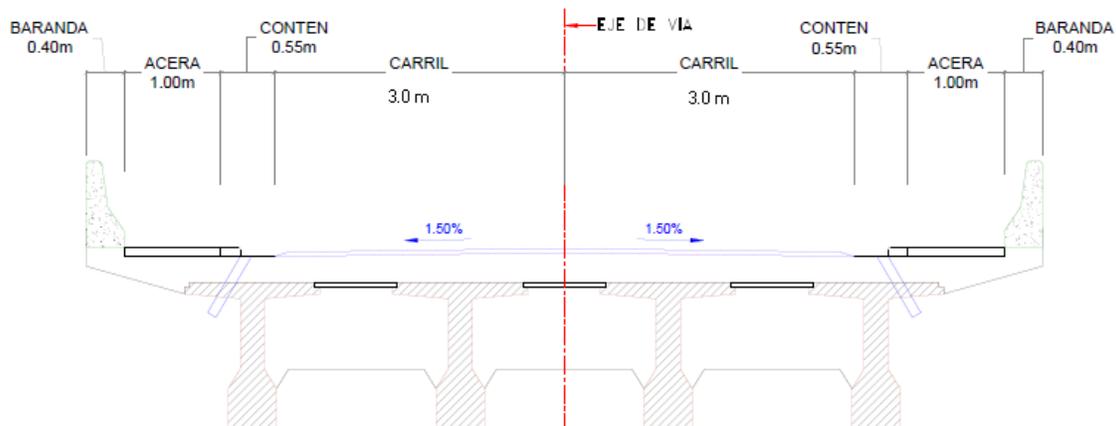


Fuente: IDOM-VNG

### SECCIÓN TRANSVERSAL DEL DISEÑO CONCEPTUAL DEL PUENTE.

La sección aprobada para el diseño conceptual consiste en dos carriles de 3.0 m, aceras peatonales y baranda con un ancho total de 9.90 m, según se muestra en el plano siguiente.

Ilustración 14: Detalle sección transversal del puente Playa Rogelio



Fuente: IDOM-VNG

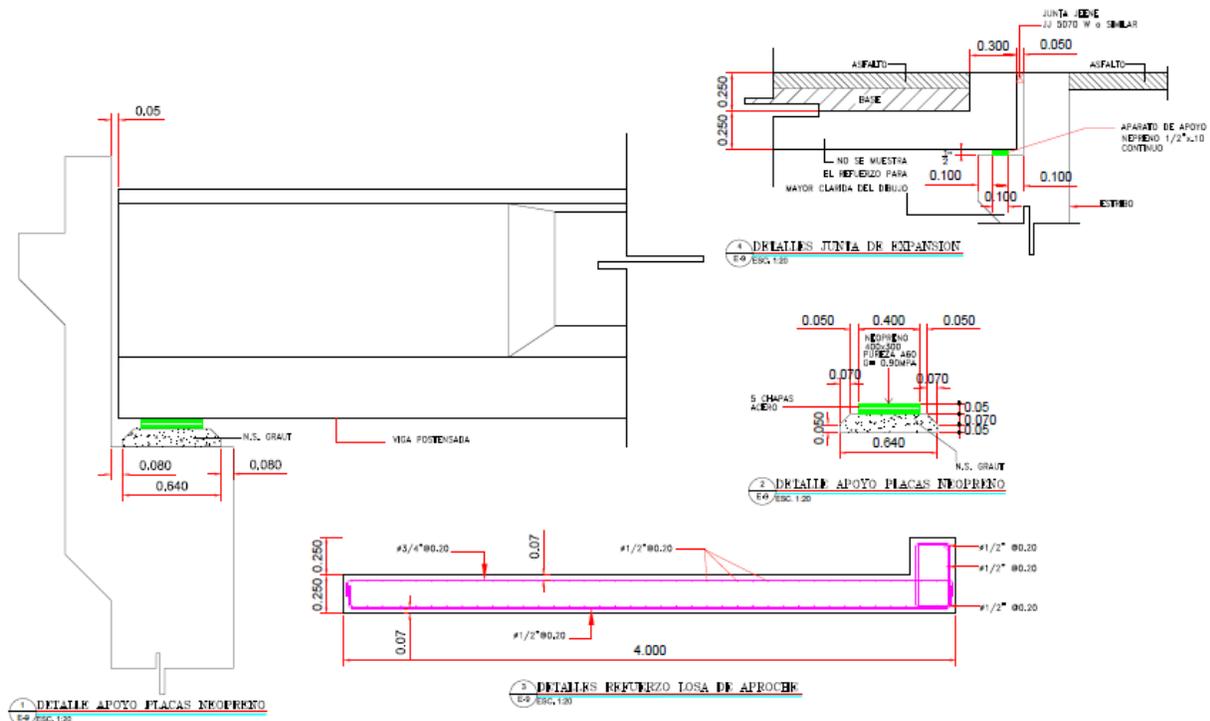
## ESTRUCTURA DEL NUEVO PUENTE

**a-Tipo.** El nuevo puente será del tipo puente-viga, de hormigón armado, con fundación en pilotes en ambos estribos, vigas postensadas en sitio, losas típicas de 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.

**b-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 6 a 14 m de profundidad. Se utiliza la profundidad mínima por experiencia, en el caso en que los estudios geotécnicos den 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, 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 15: Detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado



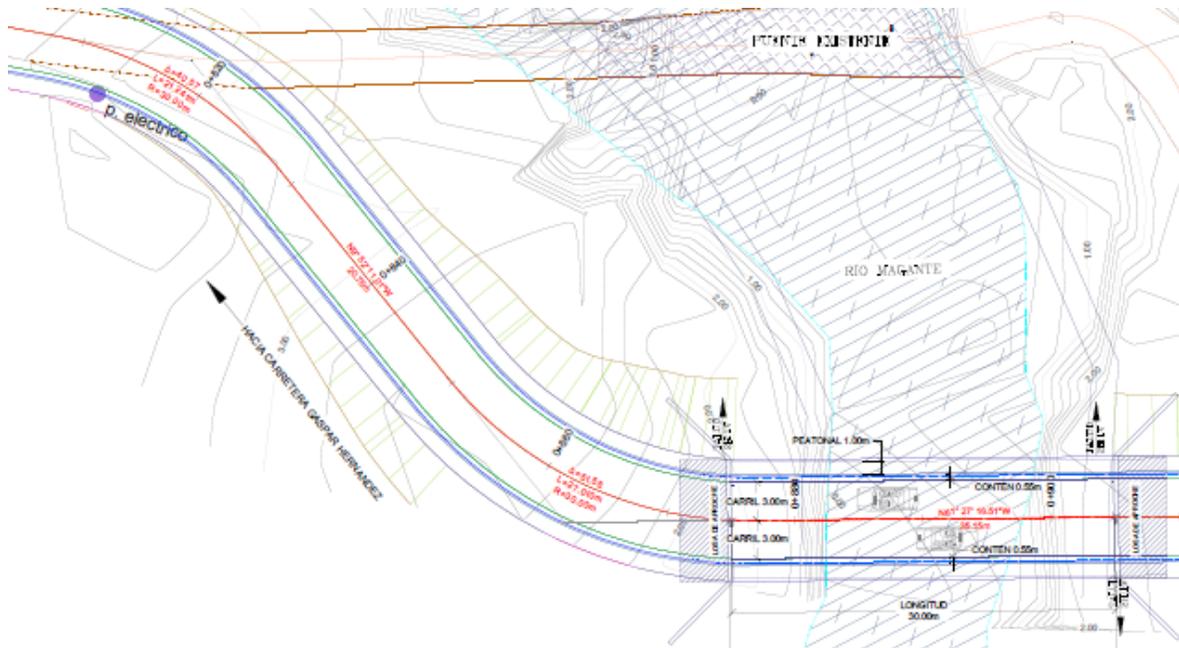
Fuente: IDOM-VNG



## ACCESOS

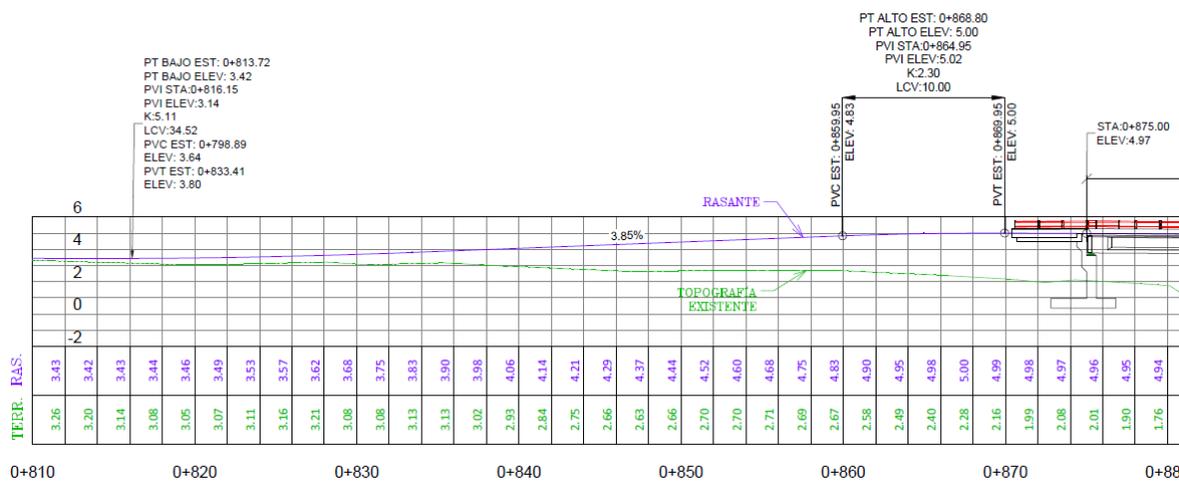
**Acceso de entrada al puente Playa Rogelio.** Corresponde a un tramo de 62 m diseñado como una variante que enlace con una curva de mayor radio, para conectar la vía existente con el puente a Playa Rogelio.

Ilustración 18: Planta del tramo de acceso al puente.



Fuente: IDOM-VNG

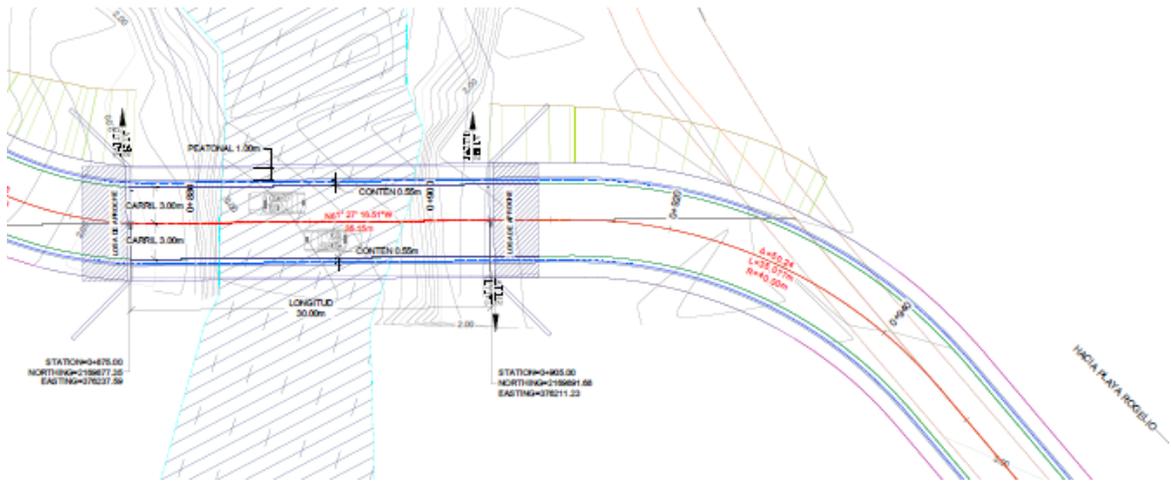
Ilustración 19: Elevación y perfil del tramo de acceso al puente



Fuente: IDOM-VNG

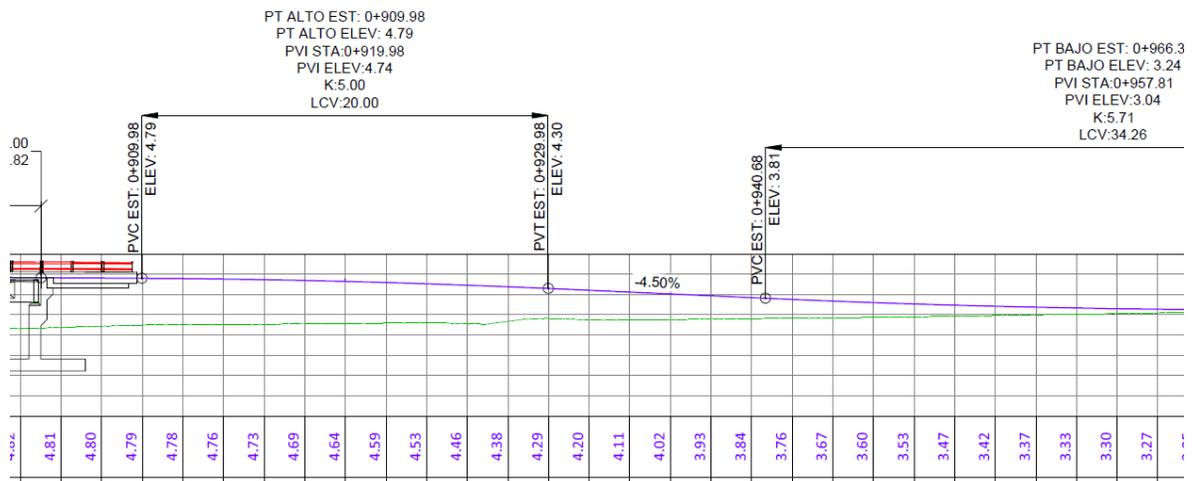
**Tramo de salida:** Consiste en el tramo que va desde el enfoque de salida hasta el empalme con la vía existente, el tramo es de aproximadamente 55 m de longitud.

Ilustración 20: Planta del tramo de salida del puente en Playa Rogelio



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 21: Elevación y perfil del tramo de salida



Fuente: IDOM-VNG

### 4.5.3. CONSTRUCCIÓN DE DESVÍOS.

#### CONSTRUCCIÓN DE DESVÍOS

No se requiere la construcción de desvío del tráfico ya que el puente badén existente seguirá abierto y operando durante el proceso constructivo y la construcción estará aguas abajo, a una distancia que no perturbará el tráfico por el puente badén. Ver ilustración No. 21.

Ilustración 22. Ubicación del nuevo puente, del badén existente y nuevo trazado de los accesos



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 (Especificaciones Técnicas)
6. Licitación de construcción de obras
7. Proceso constructivo
8. Supervisión y recepción de obra. Incluida Auditoría de Seguridad Vial en fase III (ASV previa a la puesta en Servicio)

## 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 in situ de hormigón o de acero.
- 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

Mucha 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 dos puntos georreferenciados con la red geodésica nacional, cuya ubicación física y coordenadas son las siguientes:

Tabla 2: Puntos de control georreferenciados

No. PUNTO	NORTE	ESTE	ELEV.	DESCRIPCION
1	2169816.21	376263.29	3.458	PG01 Playa Rogelio
2	2169876.42	376187.14	2.385	PG02 Playa Rogelio

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 del puente 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.
- El diseño geométrico de la vialidad deberá ser validado y complementado con los planos y detalles constructivos, especialmente si hay alguna desviación justificada en la geometría del puente con respecto al diseño conceptual, así como tener en cuenta las indicaciones señaladas sobre seguridad vial apuntadas en este IDC
- Para el diseño final se requieren estudios geotécnicos y mecánica de suelo, según lo establecido en el Reglamento M-011 del MOPC y conforme a la práctica. Se requiere por lo menos un Sondeo de Penetración Estándar (SPT) por cada apoyo y los respectivos estudios de laboratorio, con un informe donde se dan las recomendaciones sobre fundaciones y pilotes.
- 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, 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 técnicas 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.

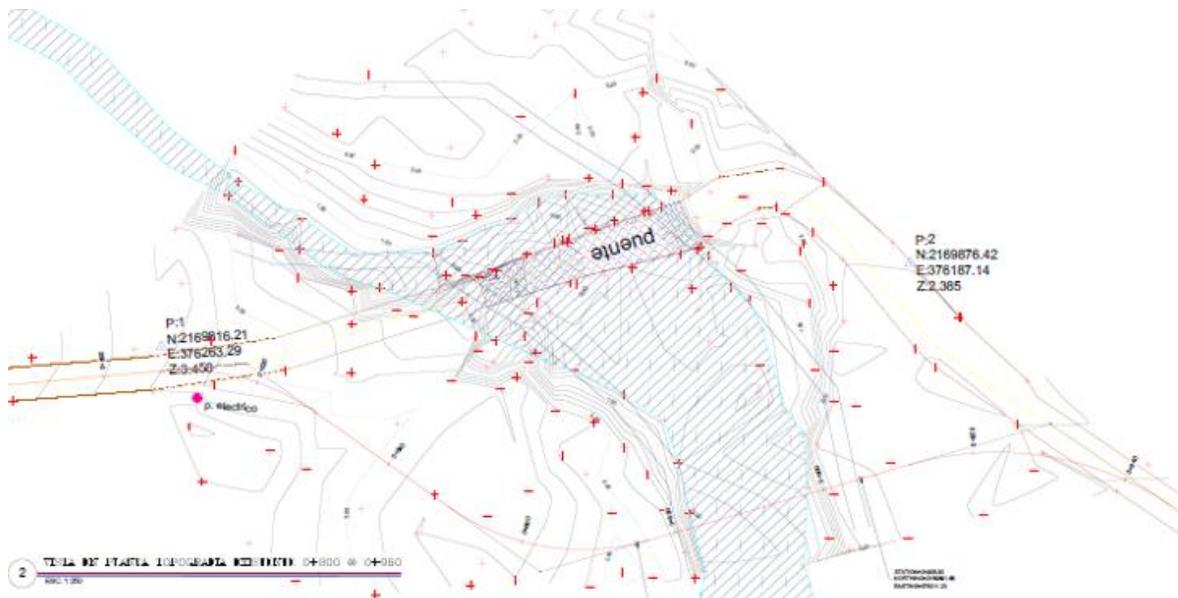
El presupuesto incluido en este documento será para uso en la planificación y separación de fondos, no para el proceso constructivo. El consultor del diseño final deberá elaborar el presupuesto base, a partir del diseño final, incluyendo listado de cantidades y análisis de precios, siendo dicho documento 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. A continuación, se muestra el plano general del mismo, el perfil longitudinal del río y el levantamiento con curva de nivel del mismo y todo el entorno.

Ilustración 23: Planta general del levantamiento topográfico incluyendo curvas de nivel



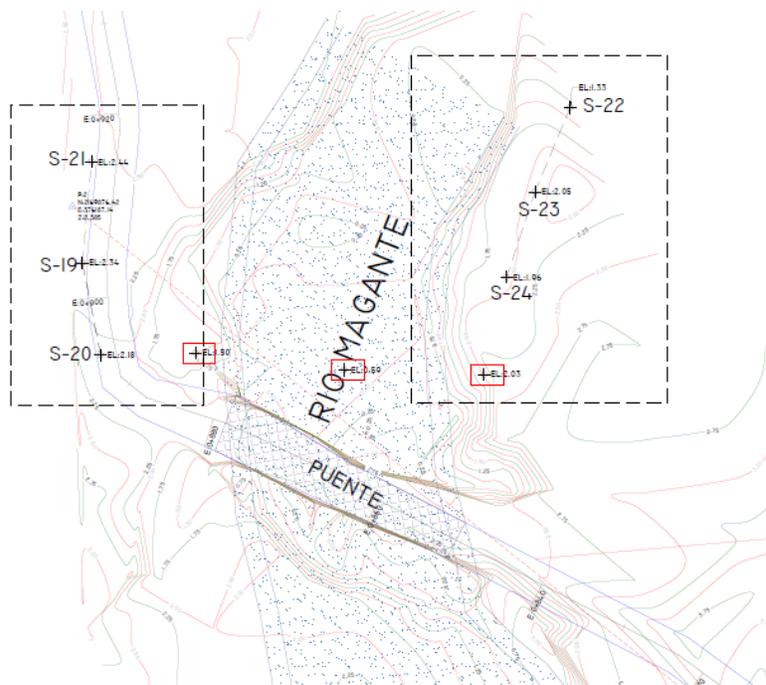
Fuente: IDOM-VNG

## 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 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 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) no permiten realizar ensayos dentro del agua. Los resultados fueron explicados en el citado anexo y se resumen en el cuadro siguiente.

Ilustración 24: Localización de los sondeos (SEV) realizados.



Fuente: IDOM-VNG

Tabla 3: Resultados de los sondeos obtenidos a partir de (SEV) puente PLAYA ROGELIO.

Sondeo No.	Lado	Sitio	Cotas		
			Superficie	Cota	Profundidad
S-19	Oeste	C amino Playa Rogelio	2.2	1.4	2.2
S-20	Oeste	C amino Playa Rogelio	2.2	1.4	2.2
S-22	Este	C amino Playa Rogelio	1.5	-1.5	3
S-23	Este	C amino Playa Rogelio	2	-2	4
S-24	Este	C amino Playa Rogelio	2	-1	3

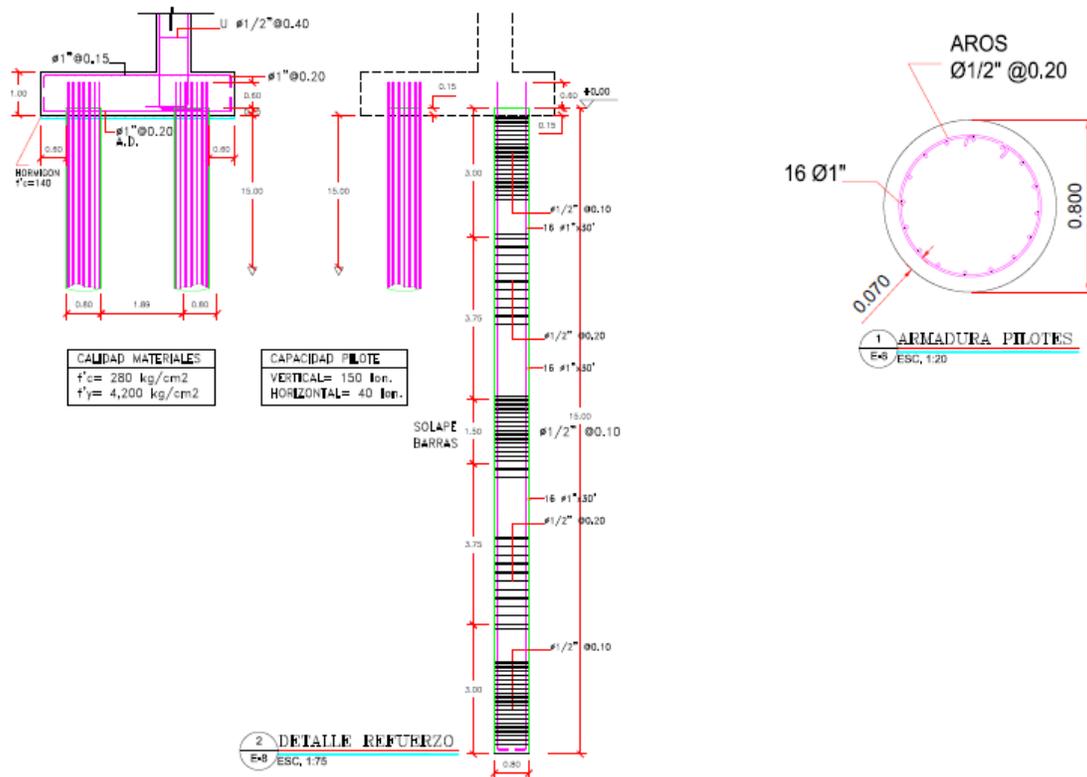
Fuente: IDOM-VNG

**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 25: 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 se encuentran en los centros ferreteros a lo largo de la carretera No 5.

Hay material de relleno en varios puntos de la carretera No. 5, así como en la carretera que va a Jamao al Norte, a pocos kilómetros del sitio del proyecto...

### 7.2.4. HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

#### SALIDAS DE MODELOS HIDROLÓGICOS

Se muestran a continuación los principales resultados obtenidos para el modelo de la cuenca del río Magante para los periodos de retorno de 2, 50,100, 200 y 500 años.

Tabla 4: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante 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)
Magante	9.876	24.9	03:15	20.18
Salida	9.876	24.9	03:15	20.18

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 5: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante 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)
Magante	9.876	58.8	02:45	42.63
Salida	9.876	58.8	02:45	42.63

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 6: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante 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)
Magante	9.876	101.8	02:30	72.56
Salida	9.876	101.8	02:30	72.56

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 7: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante 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)
Magante	9.876	123.8	02:30	87.80
Salida	9.876	123.8	02:30	87.80

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 8: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante 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)
Magante	9.876	141.5	02:00	88.59
Salida	9.876	141.5	02:00	88.59

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 9: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante para el periodo de retorno de 500 años.

Elemento	Área de drenaje (km <sup>2</sup> )	Caudal punta (m <sup>3</sup> /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Magante	9.876	176.9	02:00	110.60
Salida	9.876	176.9	02:00	110.60

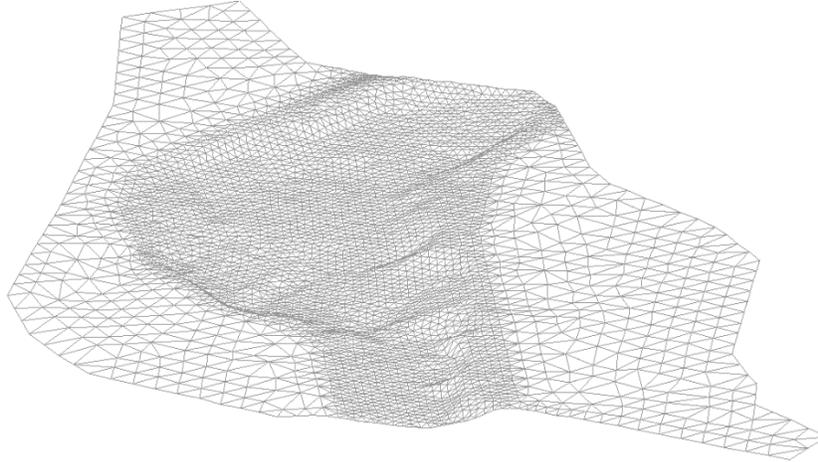
Fuente: IDOM-VNG

## SALIDAS DE MODELOS HIDRÁULICOS

Para la simulación del flujo en lámina libre se han usado dos modelos hidráulicos, los cuales se describen brevemente a continuación:

- Modelo de cálculo IBER desarrollado por la Universidad Politécnica de Catalunya y la Universidad de La Coruña en el marco de un Convenio entre el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y la Dirección General del Agua del Gobierno de España.
- Modelo HEC-RAS, programa de simulación hidráulica unidimensional y bidimensional desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos (USACE United States Army Corps of Engineers).

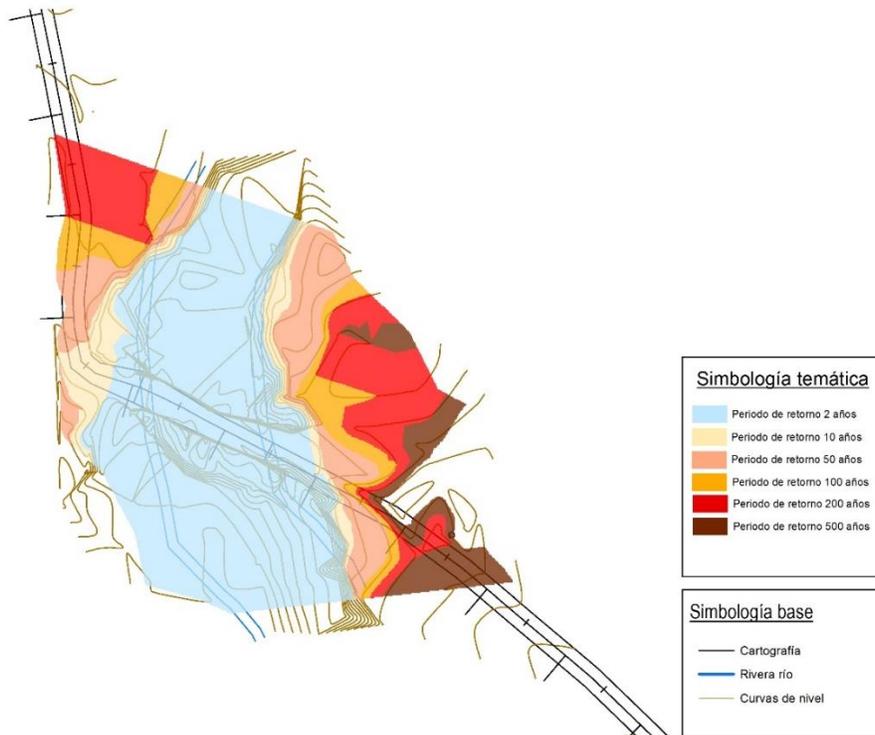
Ilustración 26 Malla de cálculo no estructurada desarrollada para el modelo hidráulico del tramo analizado del río Magante (Modelo IBER).



Fuente: IDOM-VNG

Para este subproyecto se han obtenido los resultados de la modelización hidráulica de la situación actual en el tramo analizado del río Magante, modelizando para ello el puente badén existente para los periodos de retorno de 2, 10, 50, 100, 200 y 500 años, y también la situación original, con objeto de conocer el comportamiento sin la infraestructura actual.

Ilustración 27 Mapa comparativo de calados máximos del río Magante. Situación actual.

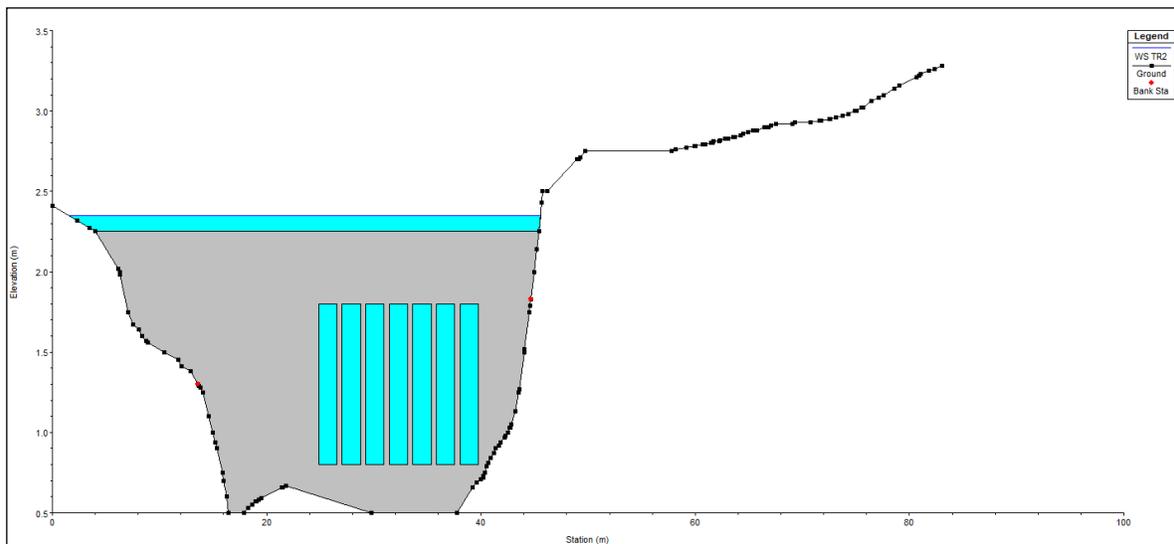


Fuente: IDOM-VNG

Además, se ha realizado la modelización hidráulica de la situación futura propuesta, en la cual se modeliza la nueva infraestructura consistente en un puente localizado aproximadamente 40 m aguas abajo del puente badén actual.

Referente a los resultados de la situación actual, se ha concluido que el puente badén existente no tiene capacidad para caudales asociados a avenidas de 2 años de periodo de retorno, tal y como se muestra a continuación en la Ilustración 28.

Ilustración 28 Cotas del agua en la sección transversal del puente badén actual en el río Magante. Periodo de retorno de 2 años (Modelo HEC-RAS).



Fuente: IDOM-VNG

El hecho de no soportar los caudales asociados a lluvias de una recurrencia de 2 años sería incompatible con la normativa vigente en República Dominicana, ya que este tipo de infraestructuras deberían ser diseñados para soportar lluvias de 10 años de periodo de retorno.

En el Anexo 8.1.5 se muestran los mapas de calados máximos de la lámina de agua para la situación actual con puente badén y para la situación original sin puente, obtenidos para los distintos periodos de retorno analizados.

Respecto a la situación futura, se han obtenido los resultados para las distintas alternativas de diseño correspondientes a los periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años, teniendo en cuenta para ello distintas cotas de rasante y longitud de luces. Así, de manera representativa, a continuación, en la se muestra el mapa de calados máximos obtenido para caudales asociados a lluvias de 200 años de periodo de retorno y a un puente con una longitud de luz de 30 metros.

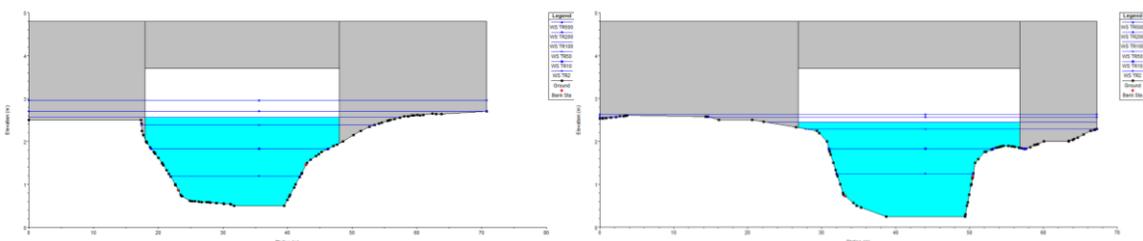
Ilustración 29 Mapa de calados máximos del tramo modelizado del río Magante para la situación futura de la infraestructura propuesta. Periodo de retorno 200 años.



Fuente: IDOM-VNG

Finalmente, en la Ilustración 30 se muestra la sección transversal de la propuesta de diseño en la localización descrita, modelizada para los periodos de retorno de 2, 10, 50, 100, 200 y 500 años, y consistente en un puente de luz 30 m.

Ilustración 30 Cotas del agua alcanzadas en la sección transversal de la propuesta de diseño del nuevo puente en el río Magante aguas arriba (izquierda) y aguas abajo (derecha).



Fuente: IDOM-VNG

## 7.2.5. 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 el anexo 8 se expone todo el tema ambiental. A la fecha de emisión de este documento, el proyecto no ha sido gestionado con el Ministerio de Medio Ambiente, por lo que no hay resultados.

## 7.2.6. 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.

## 7.2.7. EXPROPIACIONES

**Expropiaciones.** El nuevo puente utiliza terrenos aparentemente de propiedad pública. Se requieren nuevos terrenos para la construcción del acceso de entrada y de salida, cuya propiedad debe ser confirmada durante el diseño final.

Ilustración 31: Terrenos afectados fuera de la calzada actual



Fuente: IDOM-VNG

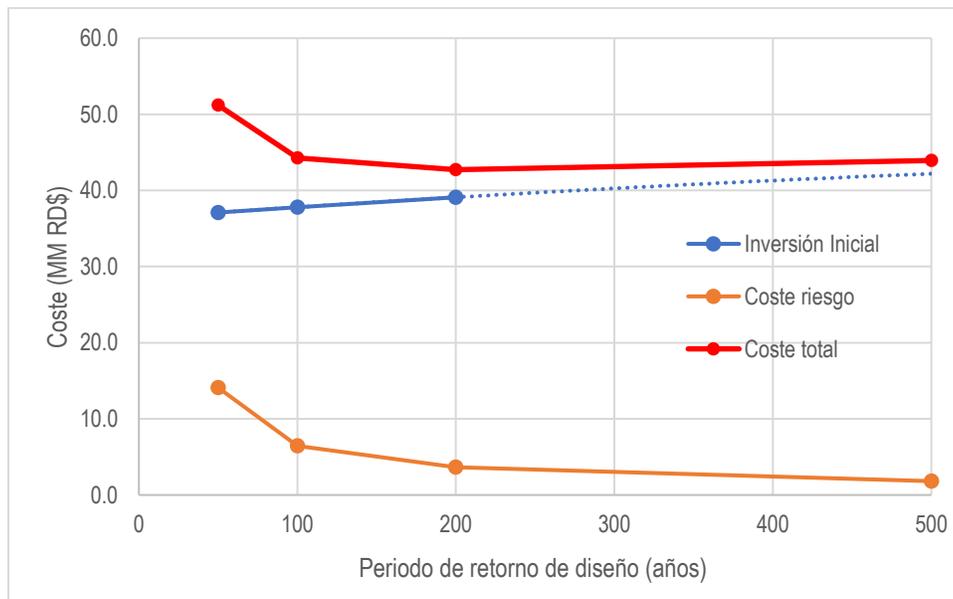
## 7.3. DISEÑO BASADO EN RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO

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 la estructura, la Pérdida Anual Esperada y el Coste del Riesgo durante la vida útil de la infraestructura, fijada en 75 años. Se muestran también los costes de construcción de cada una de las alternativas de diseño obteniéndose el siguiente gráfico, 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.

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



Fuente: IDOM-VNG

Con esto, se concluye que 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 en el Camino a Playa Rogelio, la alternativa con menor coste total asociado es la diseñada para una avenida de 200 años de periodo de retorno.

## 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 las diferentes alternativas evaluadas, el resumen de los costos asociados a la opción seleccionada y mostrada en este informe, se muestra a continuación.

Tabla 10: Resumen de costos de construcción del puente Playa Rogelio, accesos y mejoras al camino.

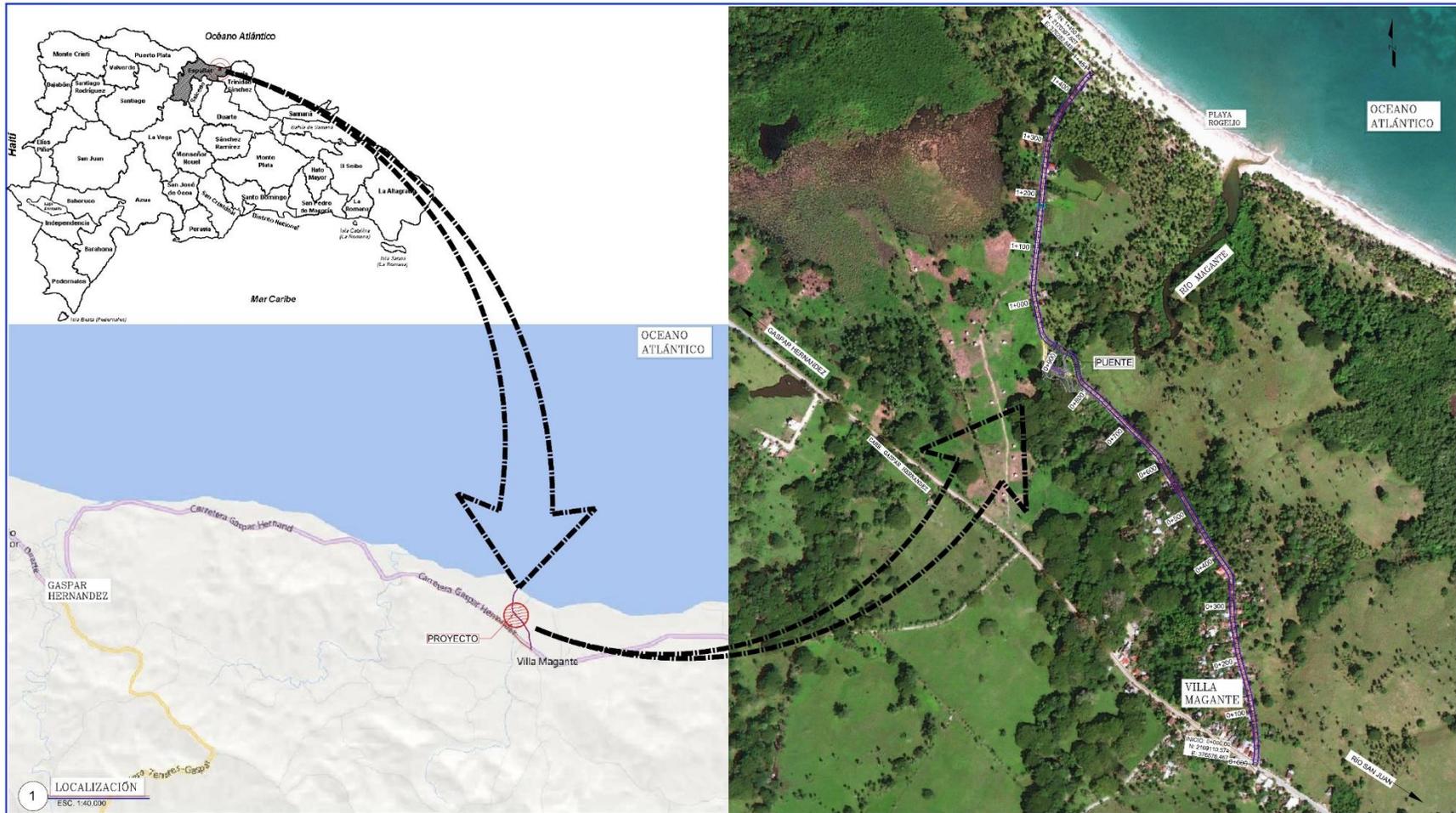
CONFIDENCIAL

Fuente: IDOM-VNG

## 7.6. PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL

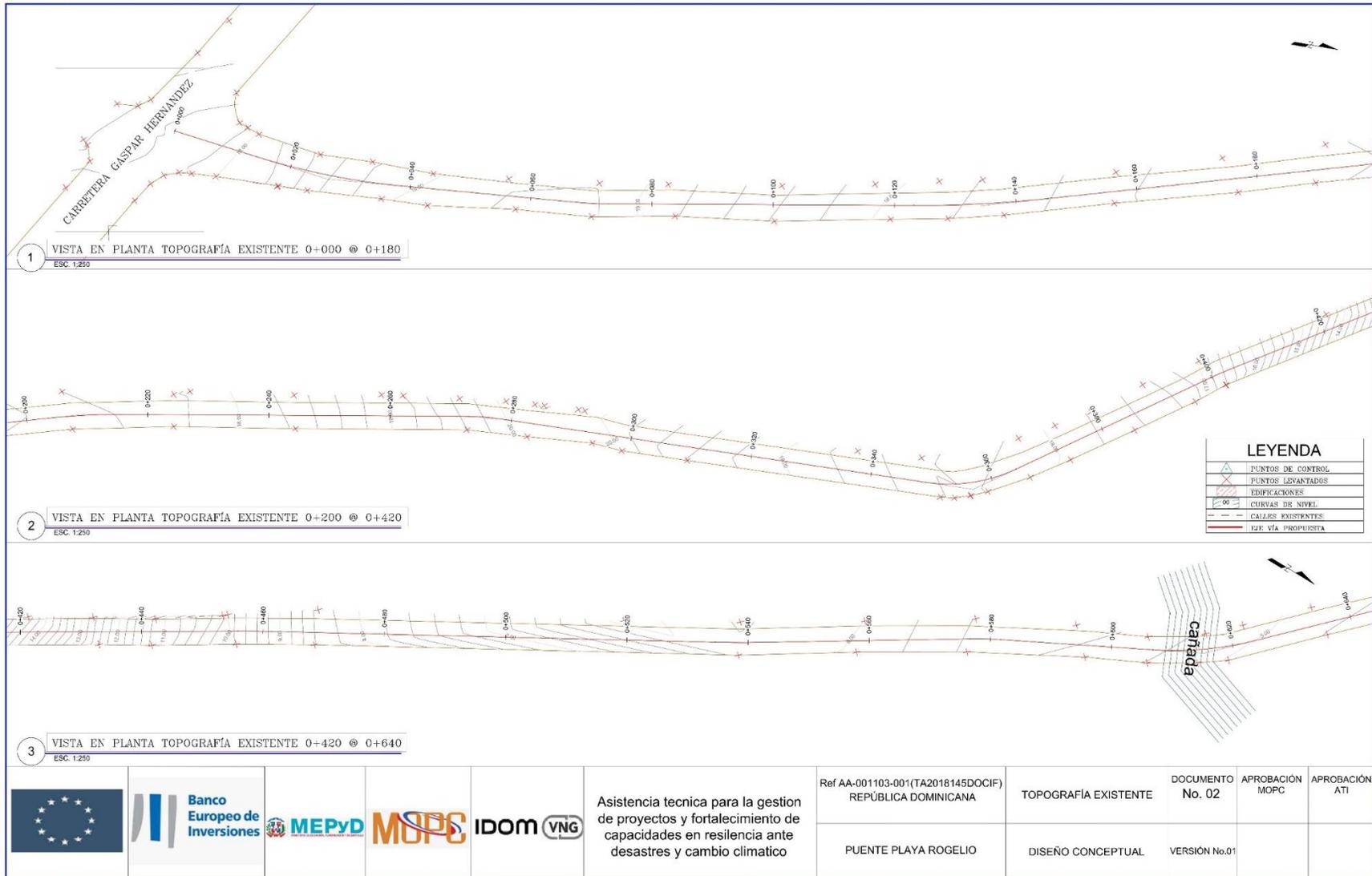
Los planos elaborados para el diseño conceptual son los siguientes:

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

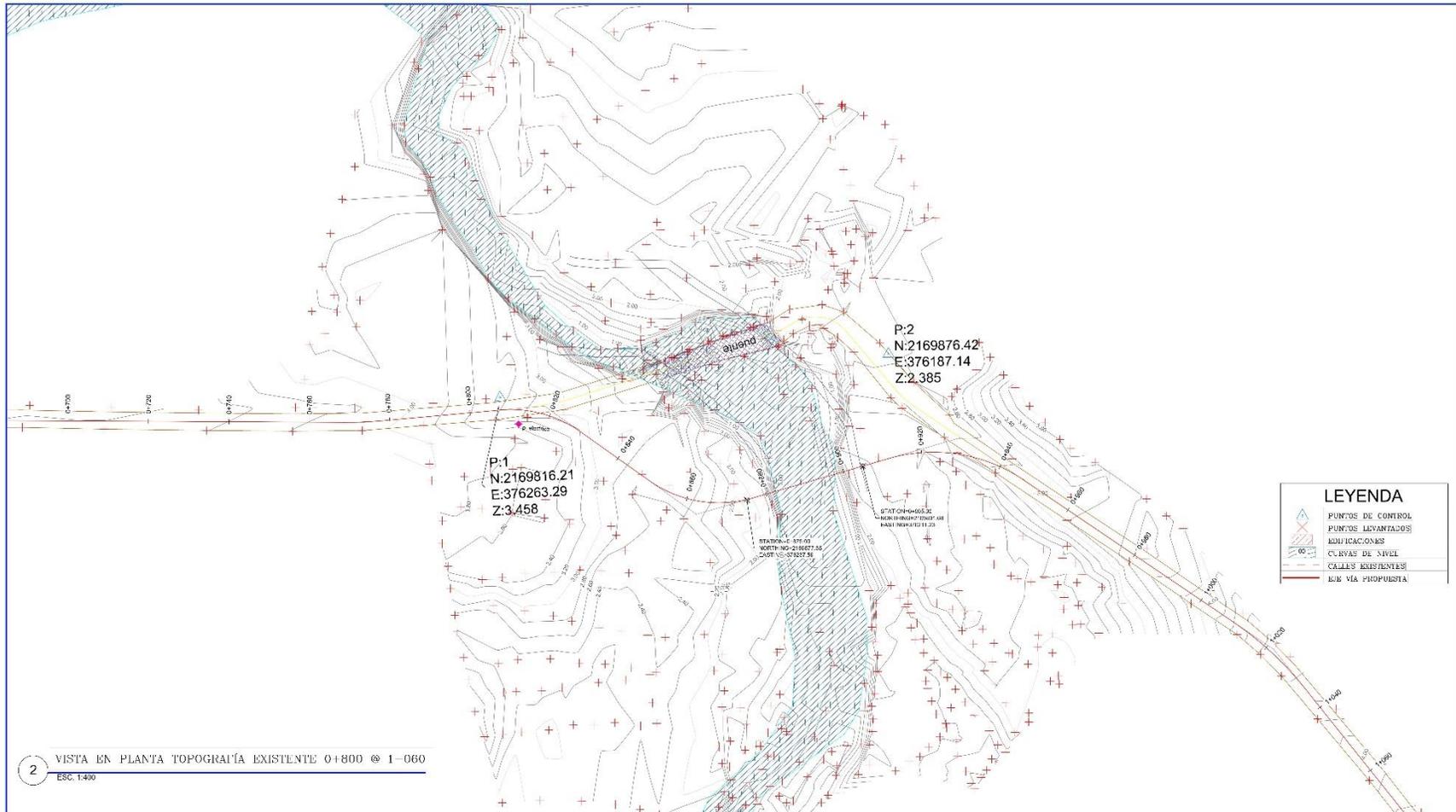


						<p>Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático</p>	<p>Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF) REPÚBLICA DOMINICANA</p>	<p>UBICACIÓN</p>	<p>DOCUMENTO No. 01</p>	<p>APROBACIÓN MOPC</p>	<p>APROBACIÓN ATI</p>
							<p>PUENTE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

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



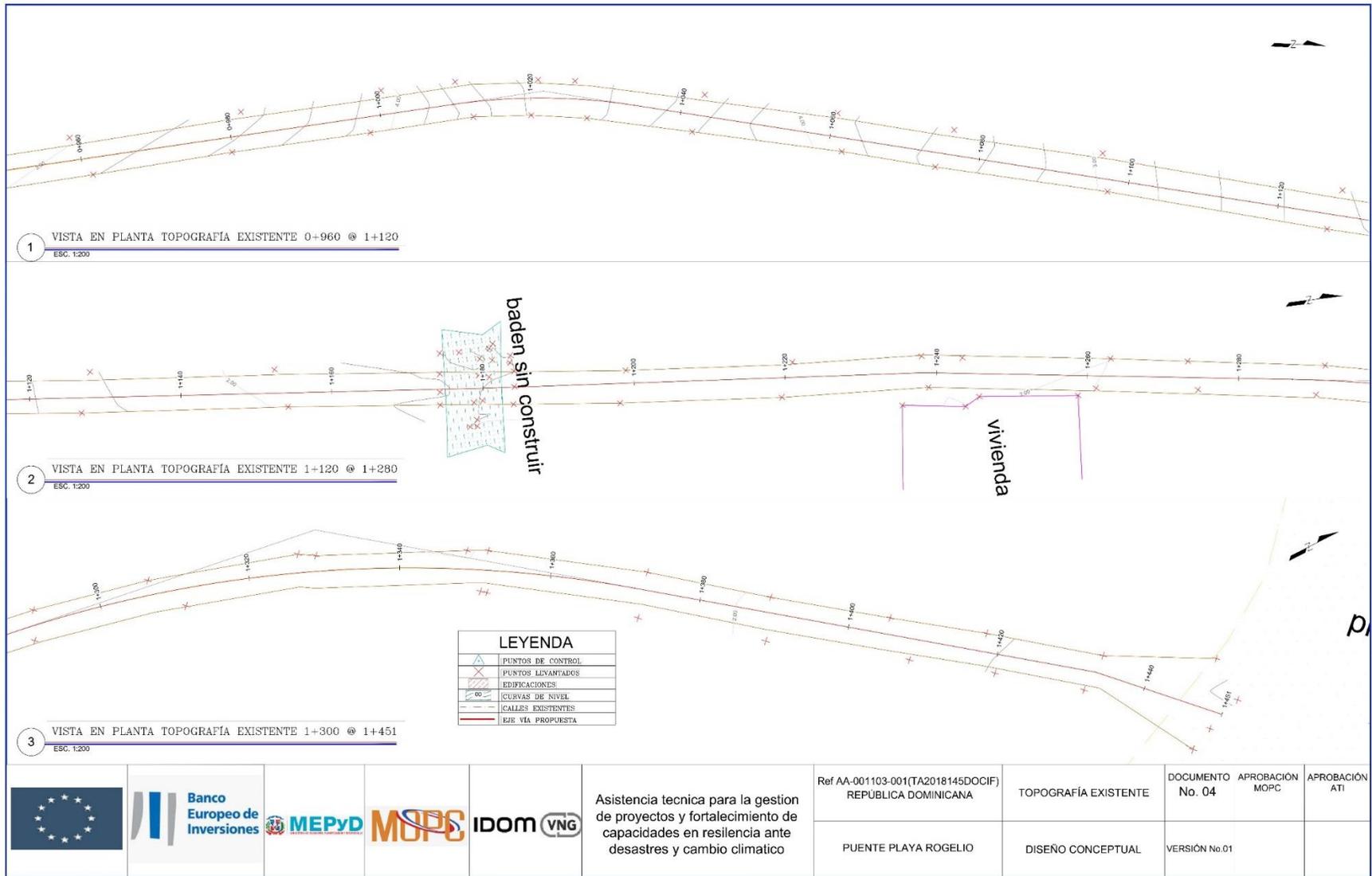
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)



2 VISTA EN PLANTA TOPOGRAFÍA EXISTENTE 0+800 @ 1-060  
ESC. 1:400

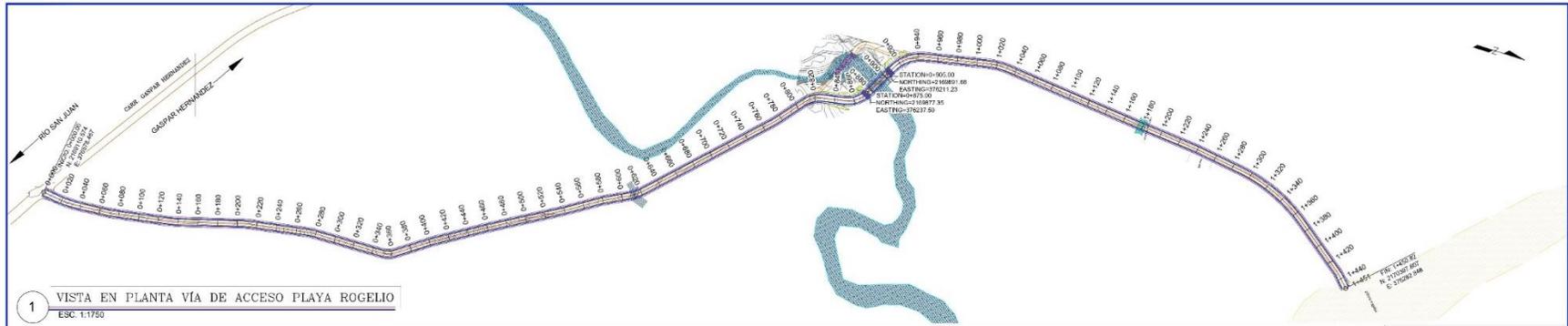
	Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático	Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)	TOPOGRAFÍA EXISTENTE	DOCUMENTO No. 03	APROBACIÓN MOPC	APROBACIÓN ATI
		REPÚBLICA DOMINICANA				
		PUENTE PLAYA ROGELIO	DISEÑO CONCEPTUAL	VERSIÓN No.01		

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

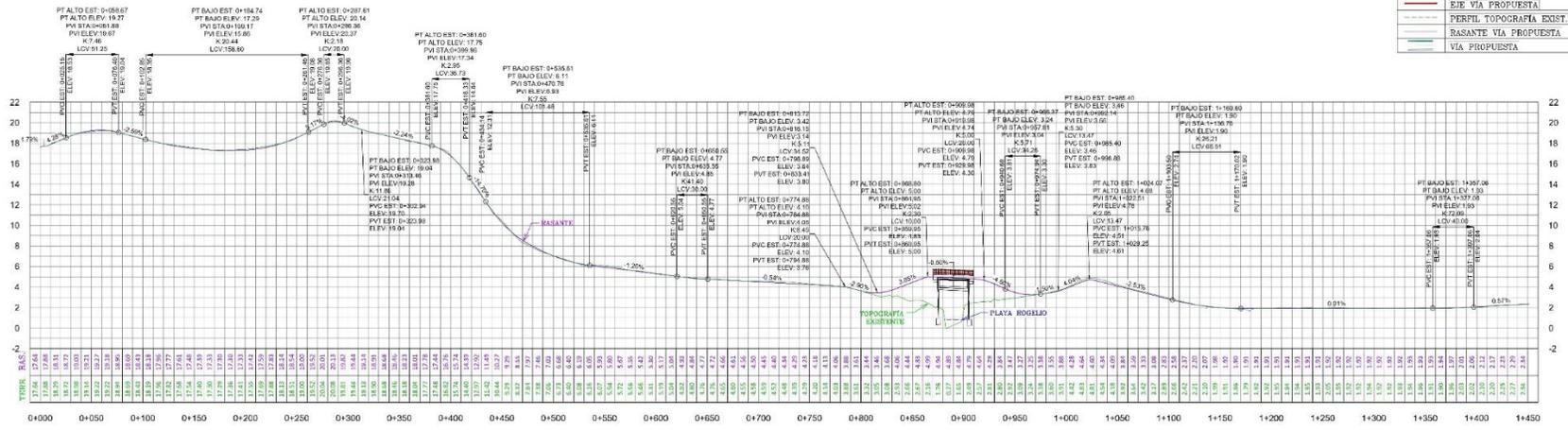


	Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático	Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF) REPUBLICA DOMINICANA	TOPOGRAFÍA EXISTENTE	DOCUMENTO No. 04	APROBACIÓN MOPC	APROBACIÓN ATI
		PUENTE PLAYA ROGELIO	DISEÑO CONCEPTUAL	VERSIÓN No.01		

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



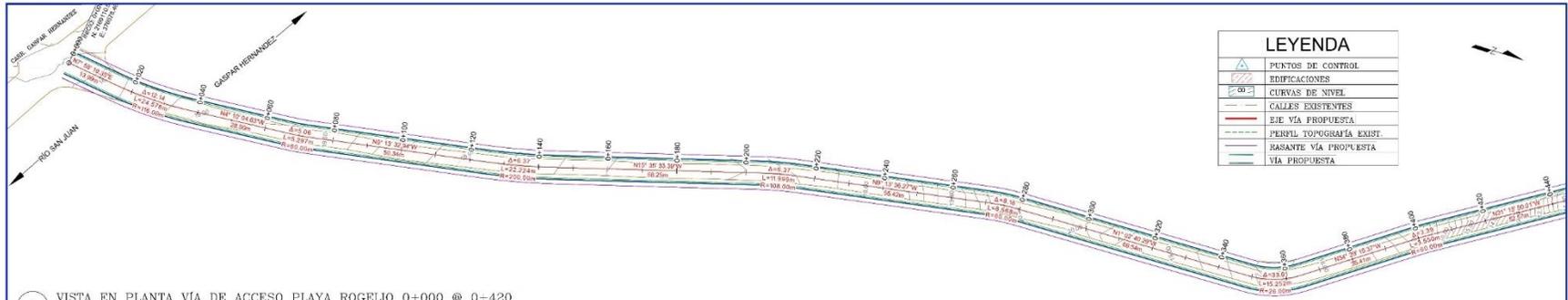
1 VISTA EN PLANTA VÍA DE ACCESO PLAYA ROGELIO  
ESC. 1:1750



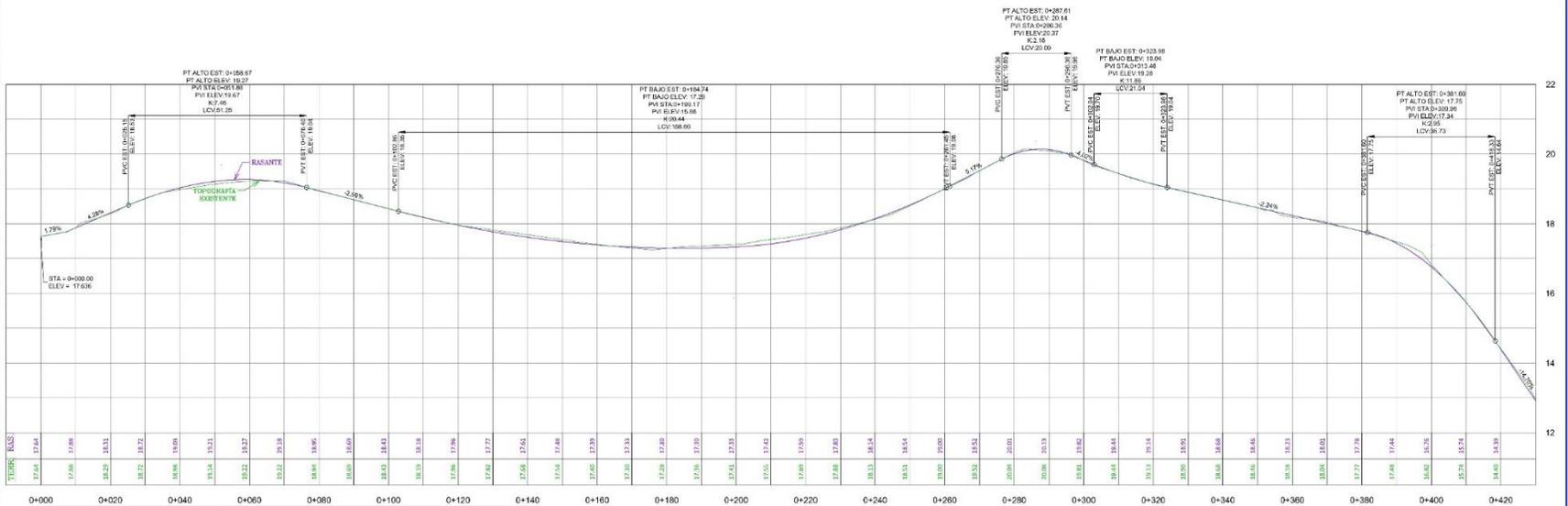
2 PERFIL LONGITUDINAL VÍA DE ACCESO PLAYA ROGELIO  
ESC. H:1750; V:1175

	Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático	Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF)	PLANTA Y PERFIL GENERAL	DOCUMENTO No. 05	APROBACIÓN MOPC	APROBACIÓN ATI
		REPÚBLICA DOMINICANA		PUENTE PLAYA ROGELIO	VERSIÓN No.02	

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



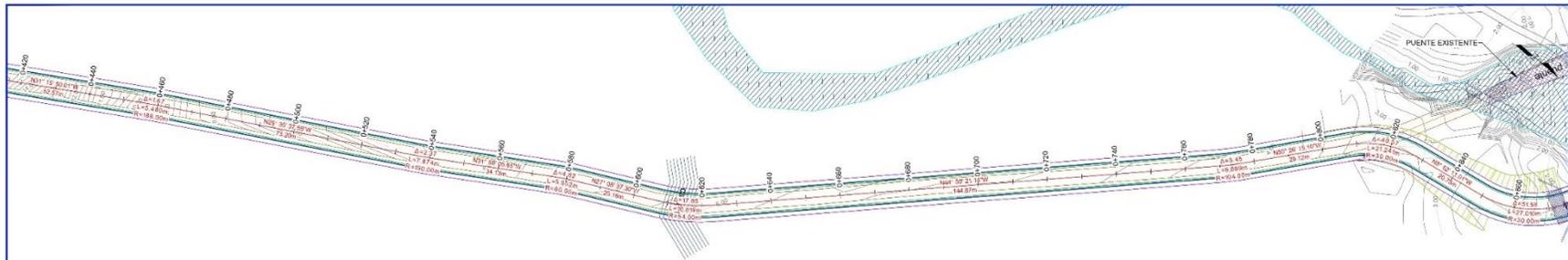
1 VISTA EN PLANTA VÍA DE ACCESO PLAYA ROGELIO 0+000 @ 0+420  
ESC. 1:500



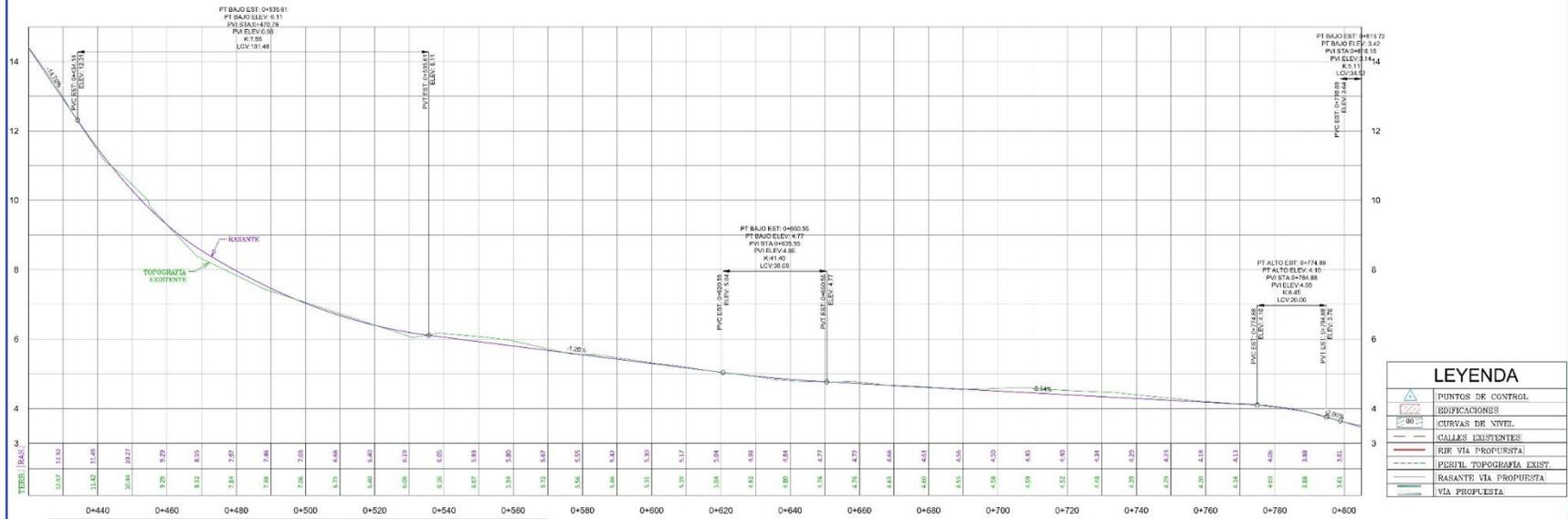
2 PERFIL LONGITUDINAL VÍA DE ACCESO PLAYA ROGELIO 0+000 @ 0+420  
ESC. H:1:500 ; V:1:50

	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	PLANTA Y PERFIL GENERAL	DOCUMENTO No. 06	APROBACIÓN MOPC	APROBACIÓN ATI
		PUENTE PLAYA ROGELIO	DISEÑO CONCEPTUAL	VERSIÓN No.02		

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



1 VISTA EN PLANTA VÍA DE ACCESO PLAYA ROGELIO 0+420 @ 0+800  
ESC. 1:500

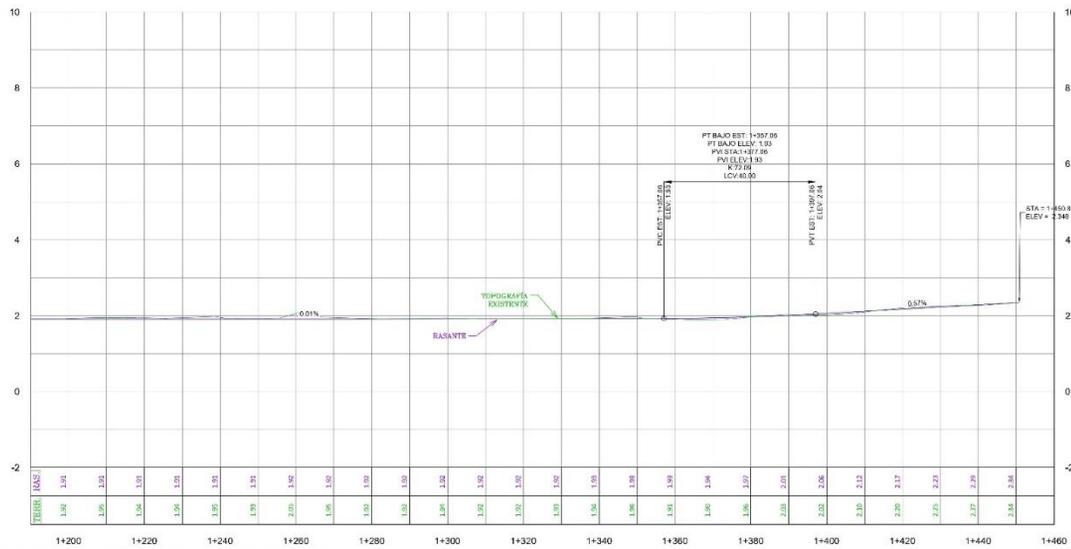
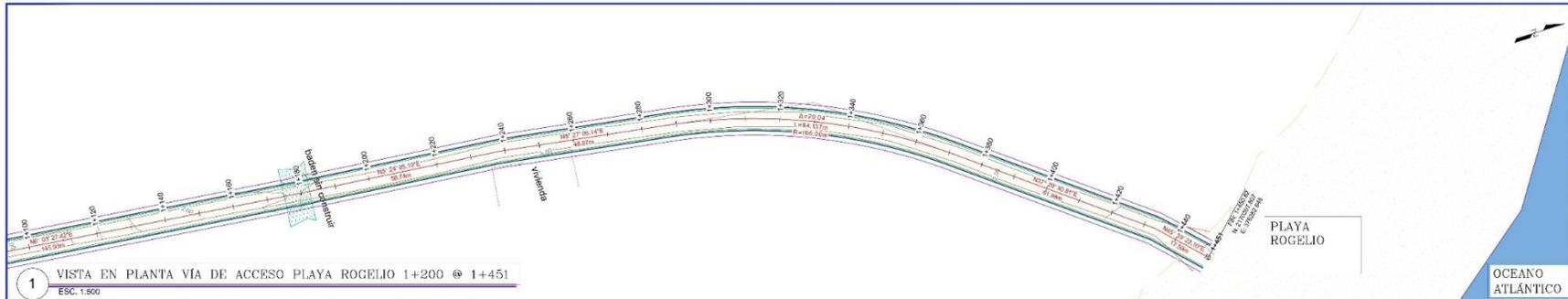


2 PERFIL LONGITUDINAL VÍA DE ACCESO PLAYA ROGELIO 0+420 @ 0 800  
ESC. H:1:500 ; V:1:50

	Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático	Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF) REPUBLICA DOMINICANA	PLANTA Y PERFIL GENERAL	DOCUMENTO No. 07	APROBACIÓN MOPC	APROBACIÓN ATI
		PUENTE PLAYA ROGELIO	DISEÑO CONCEPTUAL	VERSIÓN No.02		



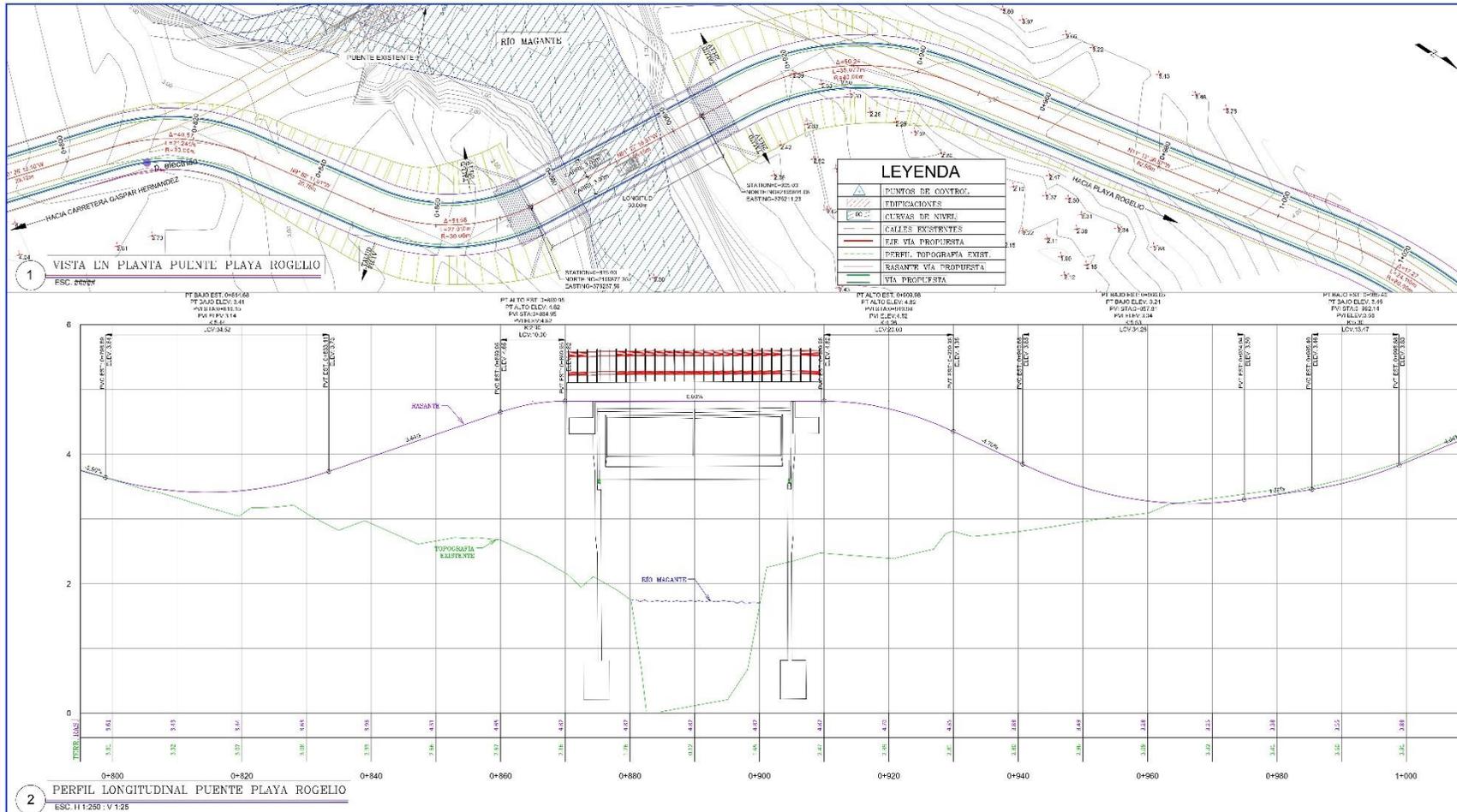
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)



LEYENDA	
	PUNTOS DE CONTROL
	EDIFICACIONES
	CURVAS DE NIVEL
	CALLES EXISTENTES
	EJE VÍA PROPUESTA
	PERFIL TOPOGRAFÍA EXIST.
	RASANTE VÍA PROPUESTA
	VÍA PROPUESTA

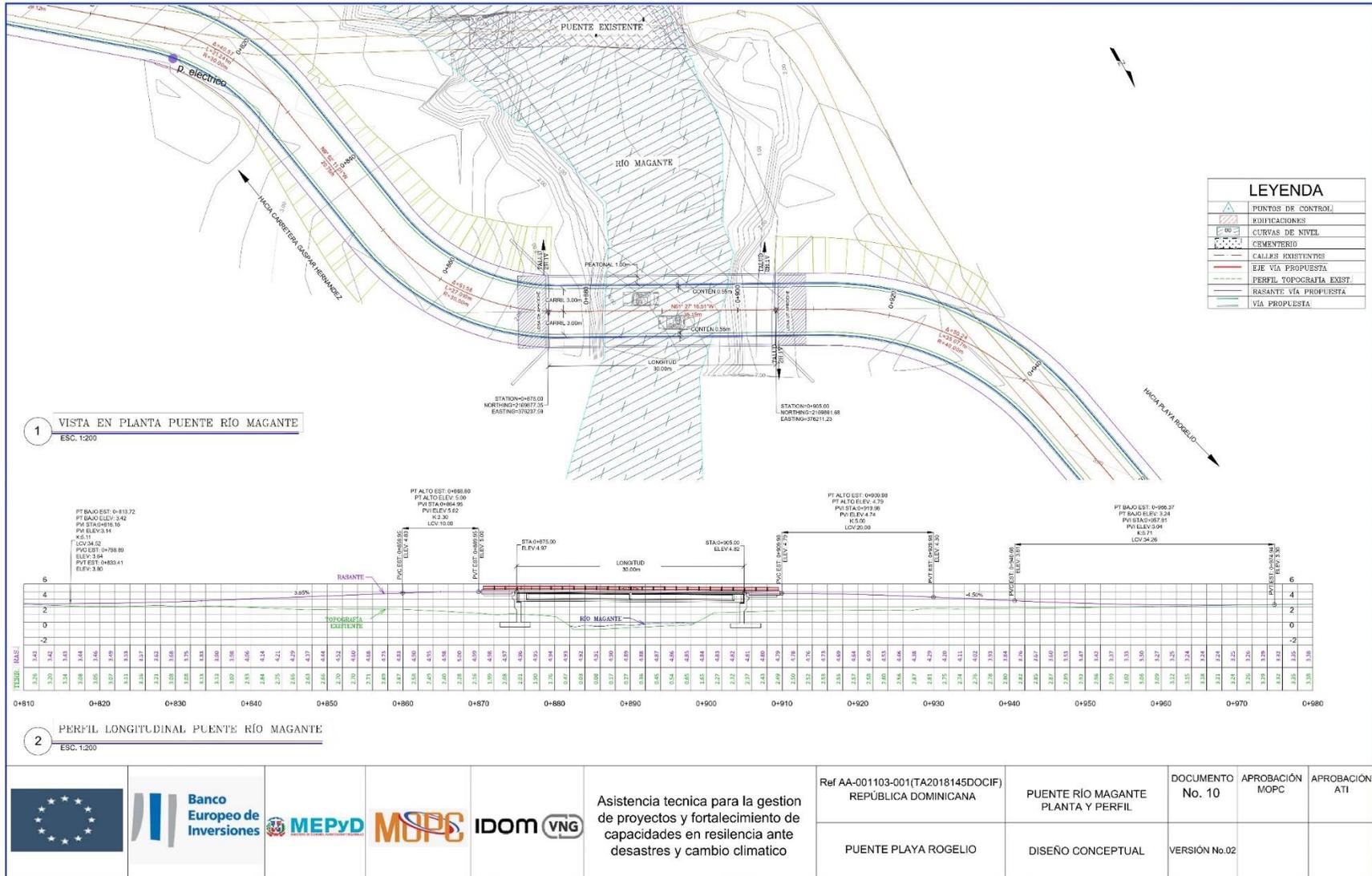
				Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático	Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF) REPÚBLICA DOMINICANA	PLANTA Y PERFIL GENERAL	DOCUMENTO No. 09	APROBACIÓN MOPC	APROBACIÓN ATI
					PUENTE PLAYA ROGELIO	DISEÑO CONCEPTUAL	VERSIÓN No.02		

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

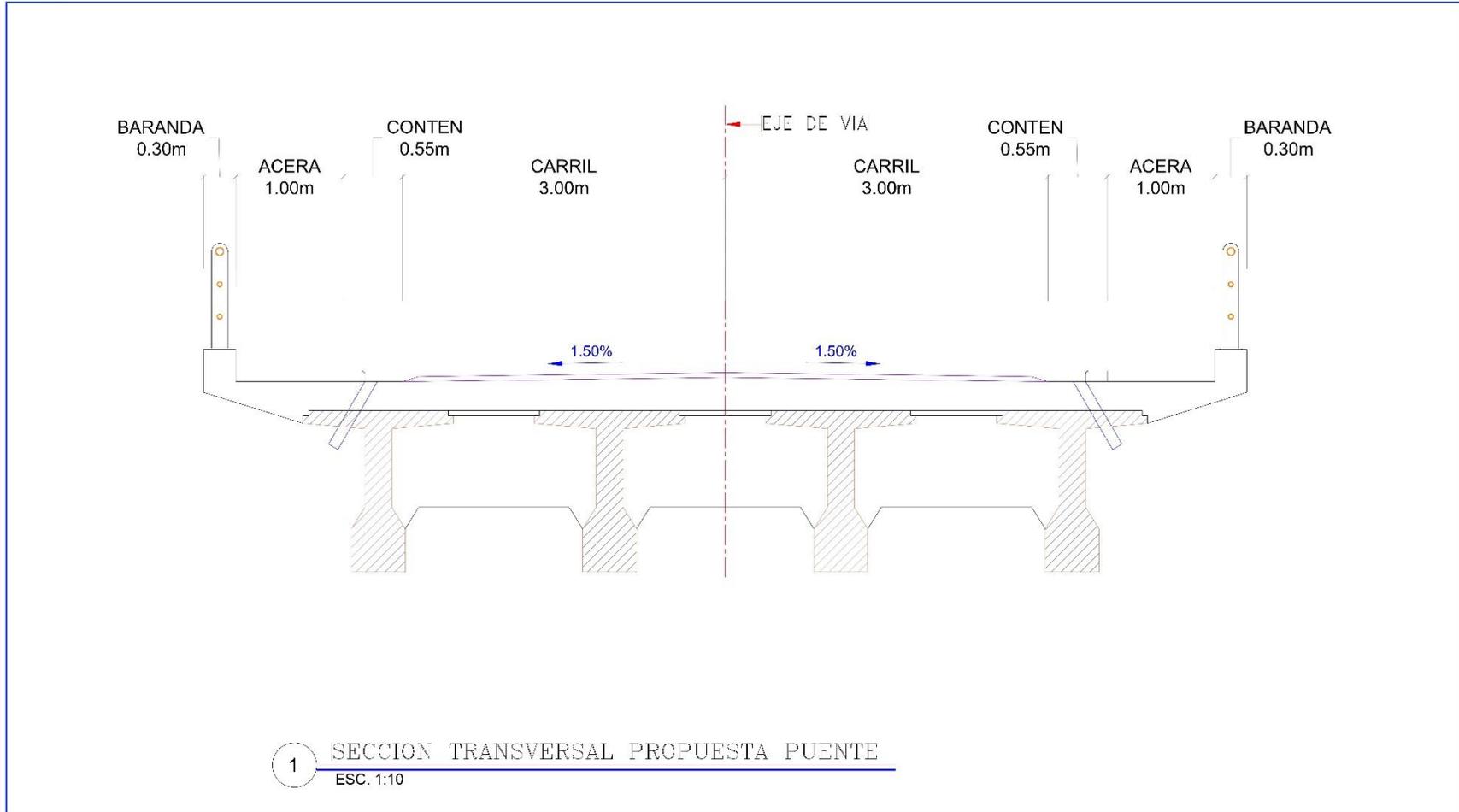


	Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático	Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF) REPÚBLICA DOMINICANA	DOCUMENTO No. 10A	APROBACIÓN MOPC	APROBACIÓN ATI
		PUENTE PLAYA ROGELIO	PLANTA ORIGINAL Y PERFIL DISEÑO CONCEPTUAL	VERSIÓN No.03	

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



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

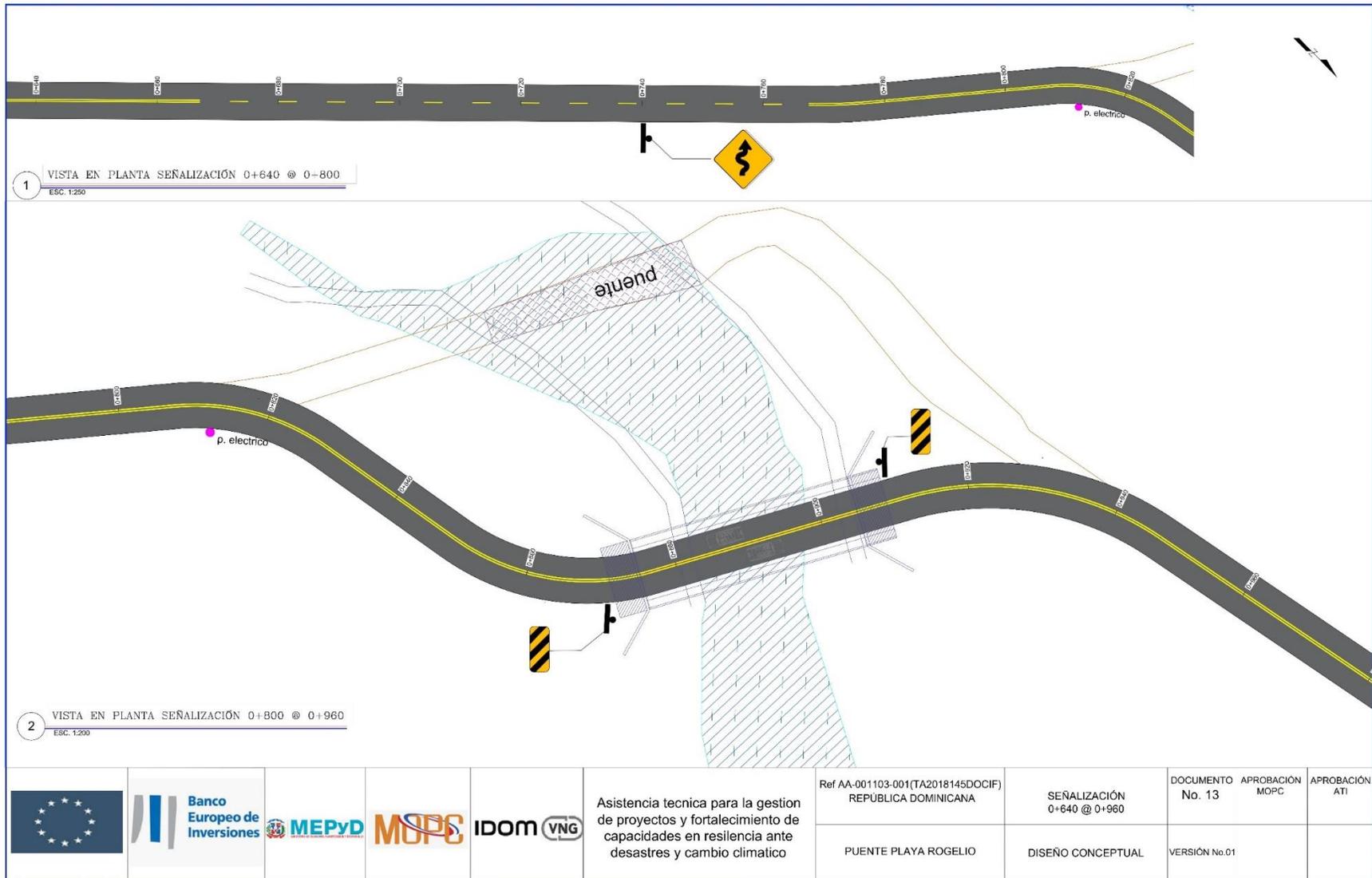


	Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático	Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF) REPÚBLICA DOMINICANA	SECCIÓN TRANSVERSAL	DOCUMENTO No. 11	APROBACIÓN MOPC	APROBACIÓN ATI
		PUENTE PLAYA ROGELIO	DISEÑO CONCEPTUAL	VERSIÓN No.01		

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

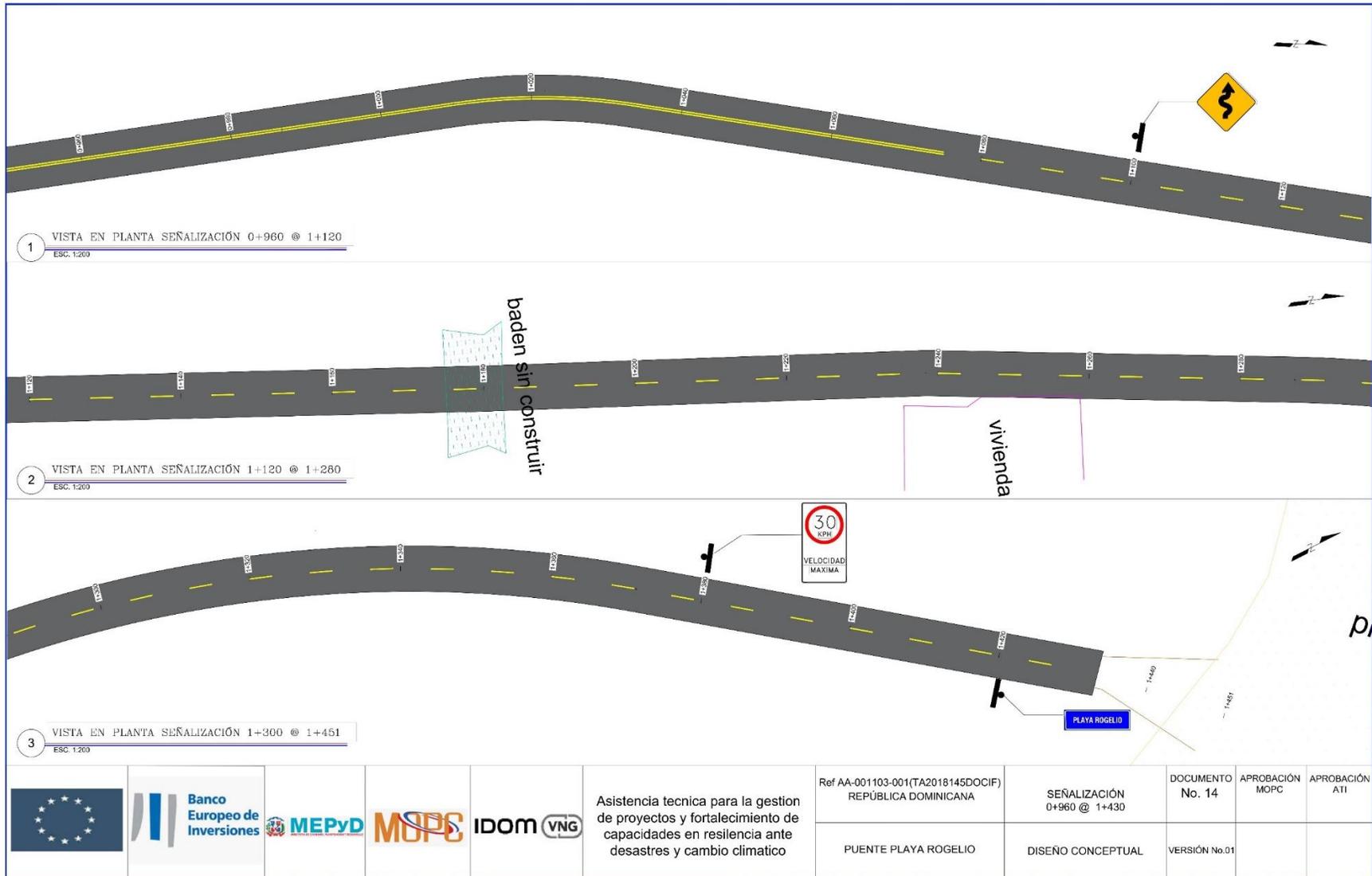


MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)



					Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático	Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF) REPUBLICA DOMINICANA	SEÑALIZACIÓN 0+640 @ 0+960	DOCUMENTO No. 13	APROBACIÓN MOPC	APROBACIÓN ATI
						PUENTE PLAYA ROGELIO	DISEÑO CONCEPTUAL	VERSIÓN No.01		

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



					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	SEÑALIZACIÓN 0+960 @ 1+430	DOCUMENTO No. 14	APROBACIÓN MOPC	APROBACIÓN ATI
						PUENTE PLAYA ROGELIO	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 para el diseño final
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 (Especificaciones Técnicas)
6. Licitación de construcción de obras
7. Proceso constructivo
8. Supervisión y recepción de obras. Incluida Auditoría de Seguridad Vial en fase III (ASV previa a la puesta en servicio)

## 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.

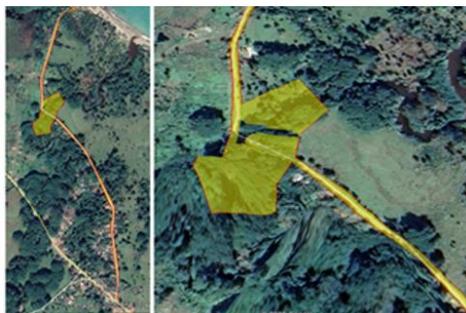
**Requerimientos del MOPC:** Se implantó una red plani-altimétrica a través de rastreo satelital con GPS de doble frecuencia (L1 y L2), tipo R8S Trimble o similar, colector Trimble TSC3, constituida de un par de puntos materializados en el terreno espaciados y enlazados en la cercanía de la obra a construir. 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 24.873 m<sup>2</sup> tal y como se aprecia en la siguiente ilustración:

Ilustración 32. Área estimada prevista para el levantamiento topográfico



Fuente: IDOM-VNG

**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 33: Tabla periódica de Resistividad de metales puros

H																	He
Li 9,55	Be 3,76											B	C	N	O	F	Ne
Na 4,93	Mg 4,51											Al 2,733	Si	P	S	Cl	Ar
K 7,47	Ca 3,45	Sc 58,2	Ti 39	V 20,2	Cr 12,7	Mn 144	Fe 9,98	Co 5,6	Ni 7,2	Cu 1,725	Zn 6,06	Ga 13,6	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb 13,3	Sr 13,5	Y 59,6	Zr 43,3	Nb 15,2	Mo 5,52	Tc 14,9	Ru 7,1	Rh 4,3	Pd 10,8	Ag 1,629	Cd 6,8	In 8	Sn 11,5	Sb 39	Te	I	Xe
Cs 21	Ba 34,3	*	Hf 34	Ta 13,5	W 5,44	Re 17,2	Os 8,1	Ir 4,7	Pt 10,8	Au 2,271	Hg 96,1	Tl 15	Pb 21,3	Bi 107	Po 40	At	Rn
Fr	Ra	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
*	La 4,7	Ce	Pr 70	Nd 64,3	Pm 75	Sm 94	Eu 90	Gd 131	Tb 115	Dy 92,6	Ho 81,4	Er 86	Tm 67,6	Yb 25	Lu 58,2		
**	Ac	Th 14,7	Pa 17,7	U 28	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

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).

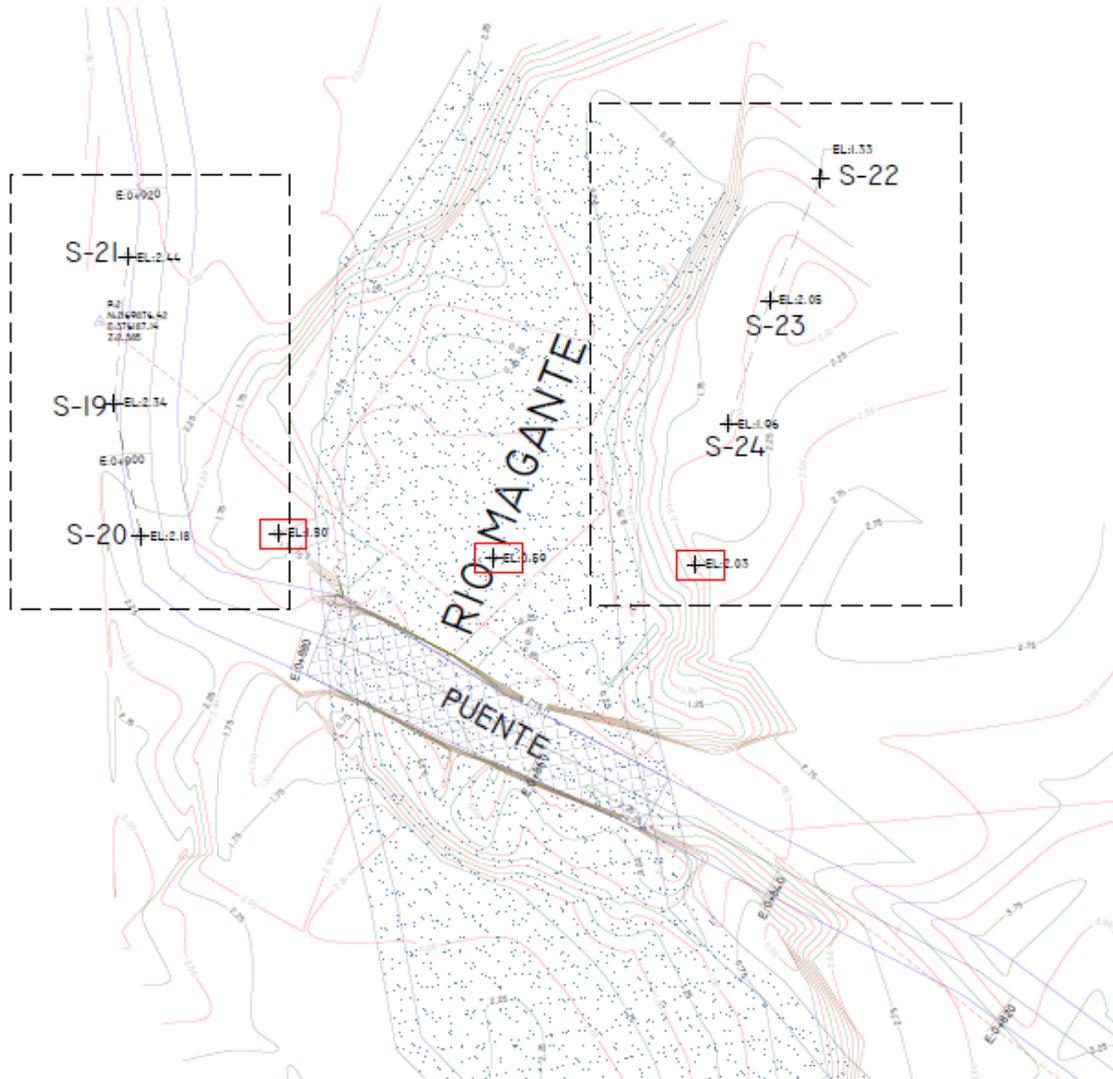
**Sondeos.** Considerando lo establecido anteriormente, respecto a los levantamientos citados, se procedió a la realización de dos sondeos eléctricos verticales, distribuidos en el perfil de la zona preseleccionada para la construcción los estribos.

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 (y segunda capa en algunos sondeos) 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

Ilustración 34: Localización de los sondeos (SEV) realizados.



Fuente: IDOM-VNG

**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. Los resultados fueron explicados anteriormente y se resumen en el cuadro siguiente.

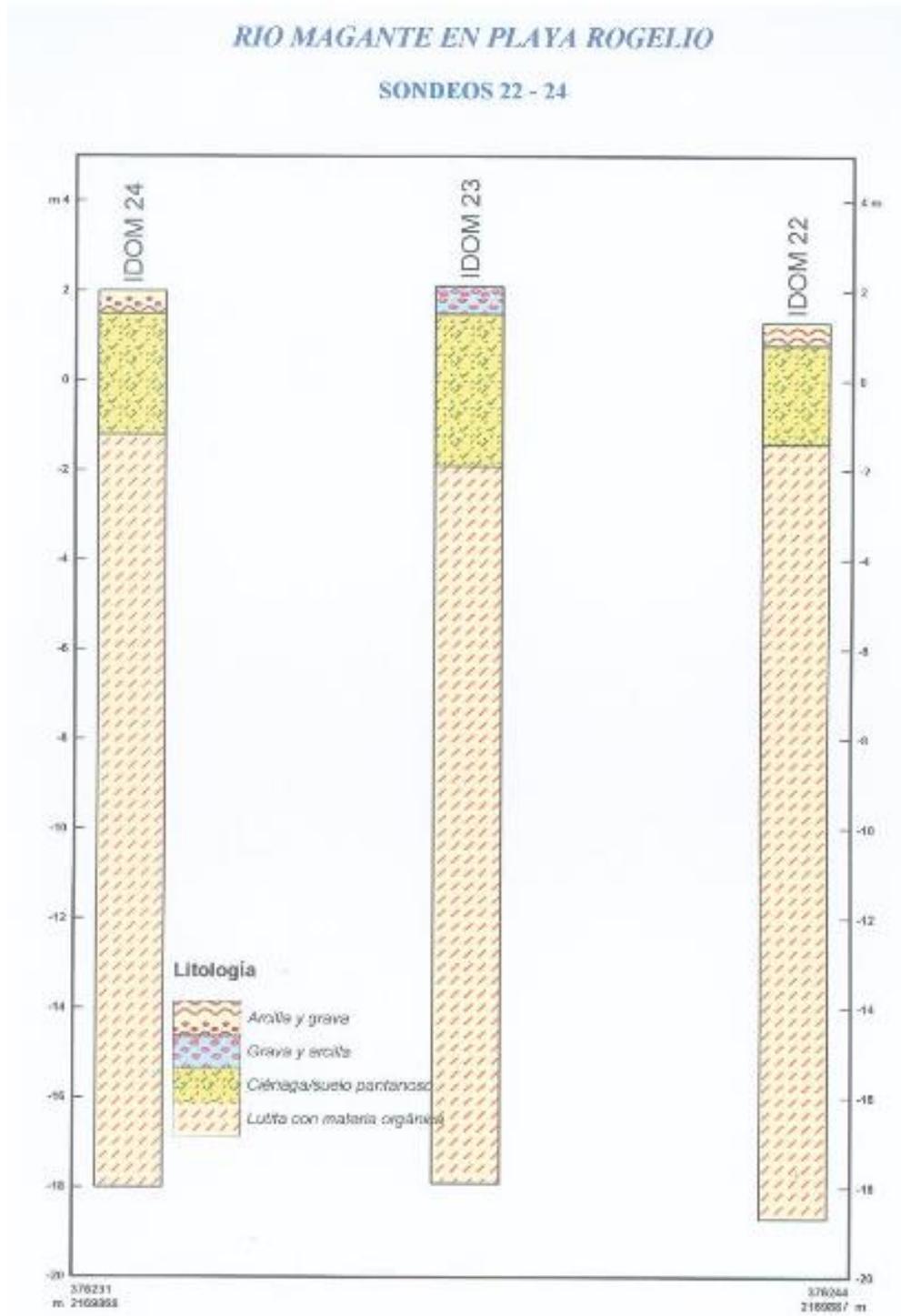
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Tabla 11: Resultados de los sondeos obtenidos partir de (SEV) puente Playa Rogelio.

Sondeo No.	Lado	Sitio	Cotas		
			Superficie	Cota	Profundidad
S-19	Oeste	C amino Playa Rogelio	2.2	1.4	2.2
S-20	Oeste	C amino Playa Rogelio	2.2	1.4	2.2
S-22	Este	C amino Playa Rogelio	1.5	-1.5	3
S-23	Este	C amino Playa Rogelio	2	-2	4
S-24	Este	C amino Playa Rogelio	2	-1	3

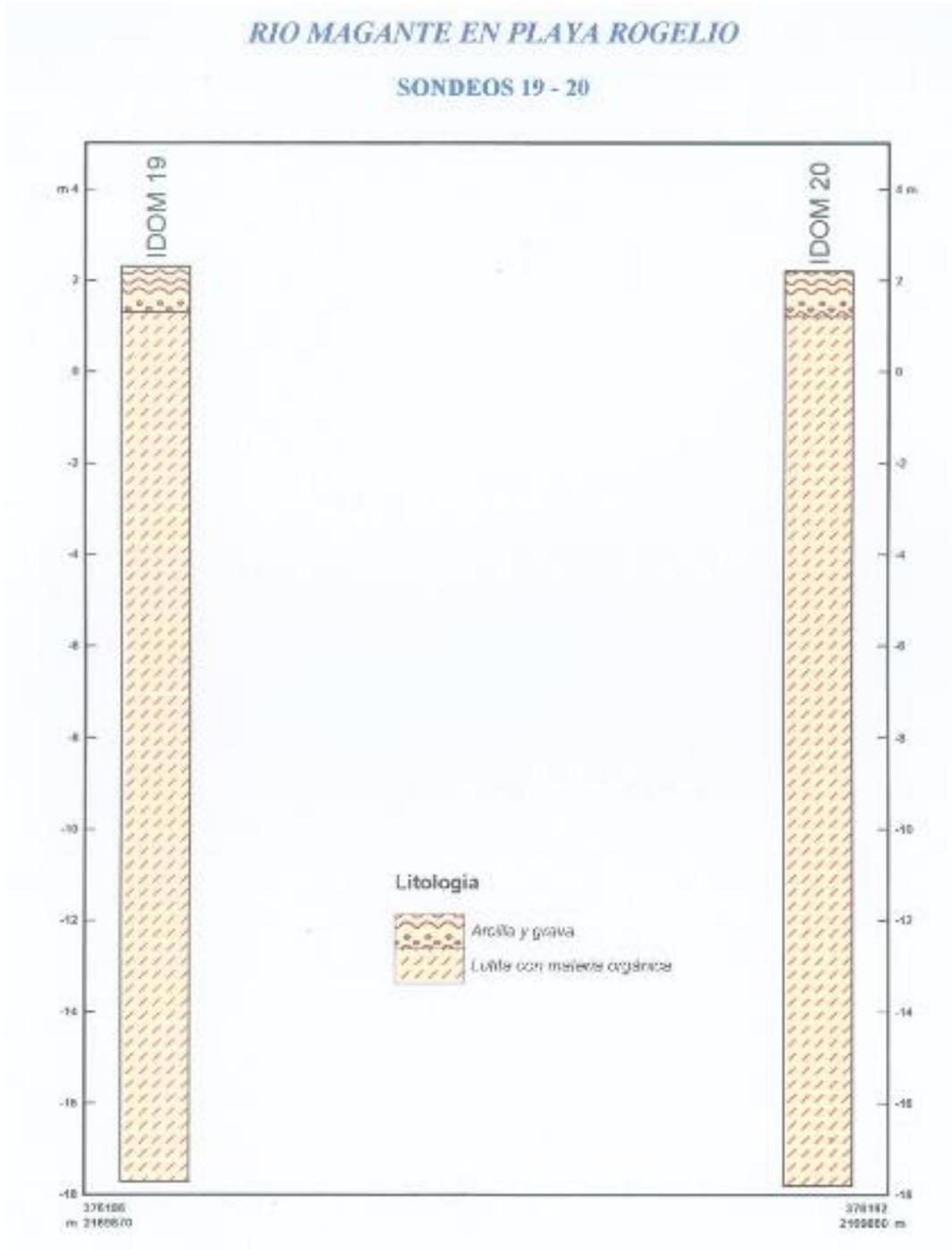
Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 35: Estratigrafía a partir de (SEV) lado Este



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 36: Estratigrafía a partir de (SEV) lado Oeste



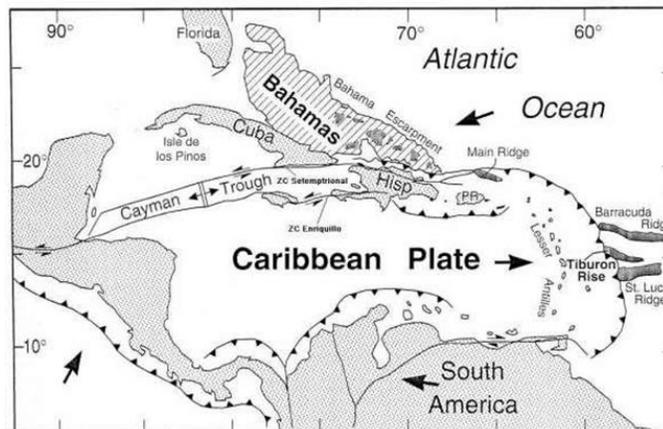
Fuente: IDOM-VNG

### 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 a 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).

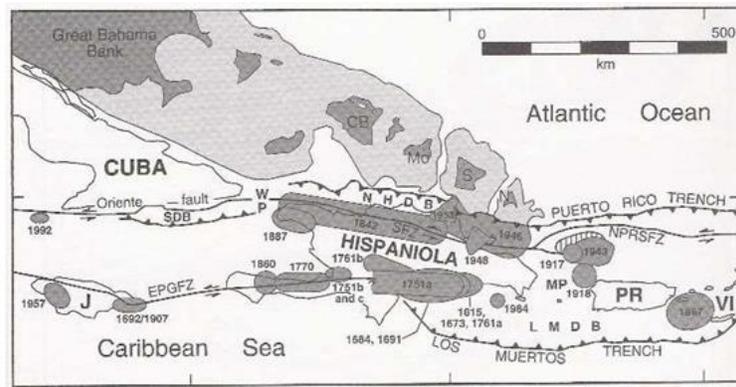
Ilustración 37: Sismicidad histórica ubicada en mapa tectónico de la Placa Caribe (Dolan et al., 1998).



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 a 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 38: Sismicidad histórica ubicada en mapa tectónico de la Placa Caribe (Dollan 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.** Río San Juan. (Información del Servicio Geológico Nacional). Información tomada de la hoja correspondiente a Río San Juan

“La geología del Complejo de Río San Juan (Fig. 1.14) ha sido estudiada desde un punto de vista litológico y estructural por Draper y Nagle (1991) y Draper et al. (1994), que lo dividen en dos áreas diferentes, posiblemente

El área septentrional del Complejo comprende: (1) la Fm Imbert (Paleoceno-Eoceno), compuesta por una alternancia de areniscas, conglomerados, tobas blancas y lutitas, rica en elementos detríticos serpentiniticos; (2) los Esquistos de Hicotea, consistentes en un conjunto de esquistos verdes máficos foliados con desarrollo de parches de glaucofana y lawsonita; (3) los Esquistos de Puerca Gorda, también dominados por esquistos verdes máficos variablemente foliados, con parches de glaucofana; (4) los Esquistos de El Guineal, compuestos por esquistos predominantemente félsicos de grano fino; (5) la Mélange de Jagua Clara, que incluye bloques de eclogitas retrogradadas y esquistos azules en una matriz ultramáfica intensamente alterada metasomáticamente e hidratada; (6) la Mélange de Arroyo Sabana, que engloba bloques de esquistos azules de grano fino, mármoles, metavolcanitas y

metasedimentos, inmersos en una matriz serpentinitica; y (7) las Serpentinitas de Gaspar Hernández. Según estos autores, el área meridional del complejo resulta más simple estructuralmente y consta de: (8) las Anfibolitas y gneises máficos y félsicos de La Cuaba, intruidas por (9) la Serie intrusiva del Río Boba, compuesta por gabros, dioritas y cumulos ultramáficos. Según Draper y Nagle (1991) el metamorfismo de alta-P/baja-T de las unidades del área septentrional del Complejo resulta de la subducción dirigida al SO en el Cretácico Superior. Las rocas metamórficas fueron exhumadas en las mélanges de Jagua Clara primero y en la de Arroyo Sabana después, alcanzando el conjunto la superficie en el Paleoceno-Eoceno Inferior y constituyendo la fuente de los clastos en los conglomerados de la Fm Imbert.

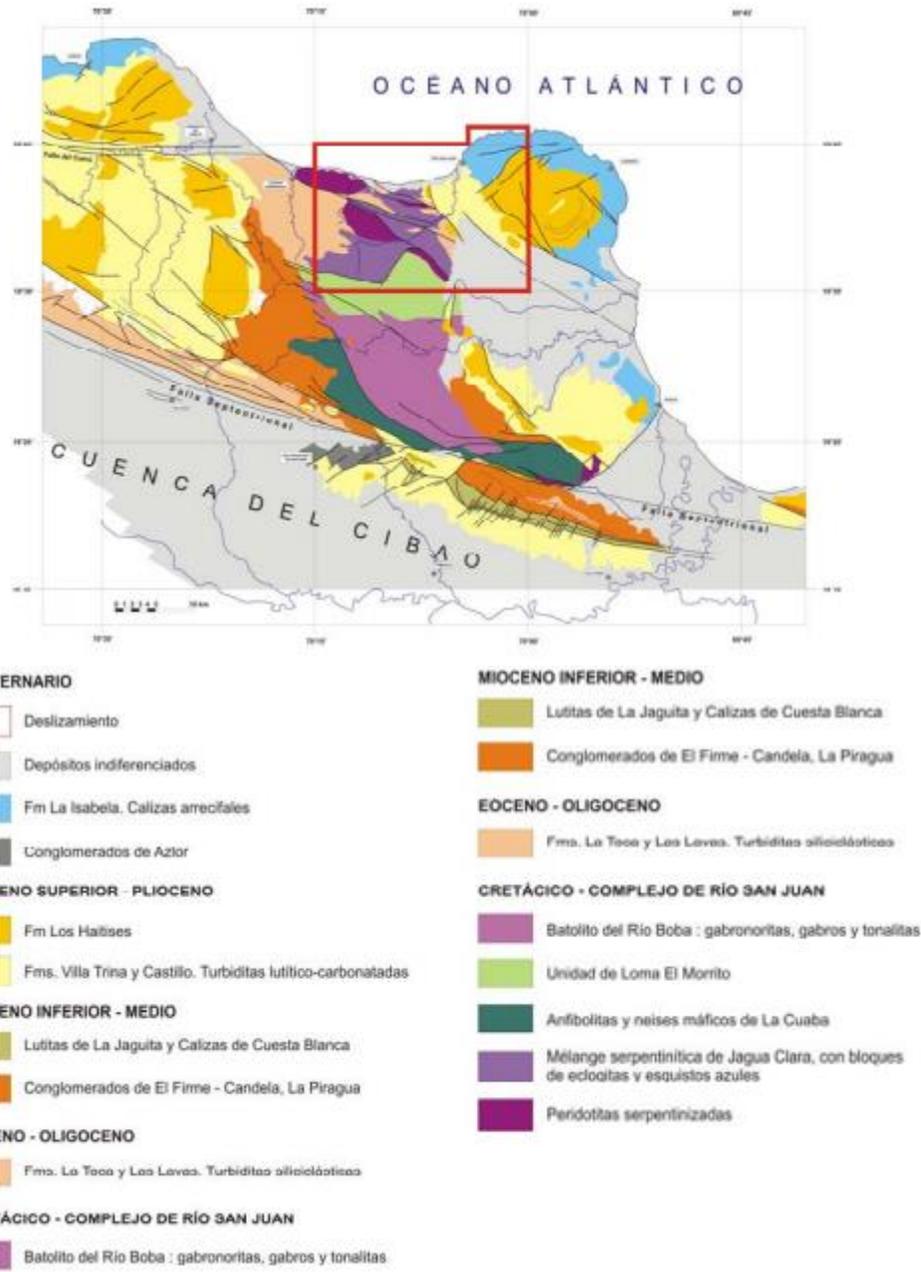
La parte meridional del Complejo fue formada en el Arco magmático Caribeño o por la intrusión de los magmas gabroicos de la serie plutónica del Río Boba en el basamento del ante-arco, representado por las anfibolitas de La Cuaba. Las relaciones petrogenéticas entre ambos conjuntos, si existen, no quedan completamente claras (Draper et al., 1994; Abbott y Draper, 2007). El área meridional fue tectónicamente yuxtapuesta frente a la septentrional antes del Paleoceno-Eoceno más bajo, pero el mecanismo mediante el cual tuvo lugar no está claramente establecido. El complejo yace discordante bajo las brechas sedimentarias serpentiniticas de la Fm Imbert y los sedimentos siliciclásticos turbidíticos de la Fm La Toca, así como de los Conglomerados de La Piragua (Paleoceno-Mioceno Medio, en conjunto).

Tanto el complejo de subducción cretácico como la cobertera siliciclástica terciaria fueron deformados y fallados por la tectónica de desgarres sinistros del Neógeno. Los desplazamientos laterales entre los bloques de basamento son de orden kilométrico a decakilométricos, como la falla del Camú, que desplaza al oeste el Complejo de Puerto Plata con respecto al de Río San Juan, y posiblemente a ambas Hoja Geológica a escala 1:50.000 de Río San Juan (6174-I) Página 39 de 230 Memoria República Dominicana Consorcio IGME-BRGM-INYPSA Cartografía Geotemática. Proyecto 1B Enero 2007-Diciembre 2010 áreas con respecto al sureste de Cuba (Draper y Nagle, 1991). En el Mioceno "Superior-Pleistoceno tuvo lugar la sedimentación, principalmente carbonatada, de las Fms. Villa Trina, Los Haitises y La Isabela, también fracturadas por la tectónica de desgarres sinistros.

La deformación por fracturación continúa hasta la actualidad, dando lugar a la elevación del complejo en una culminación antiformal de escala kilométrica. A nivel regional, el conjunto de las Fms. Villa Trina y Los Haitises muestra un pronunciado basculamiento hacia el norte, denotando la actividad de la Falla Septentrional durante el Cuaternario. Esta disposición general se ve modificada en el Promontorio de Cabrera, donde las Fms. Los Haitises y La Isabela muestran un dispositivo de aterrazamientos concéntricos que confirman la elevación

reciente de la zona, si bien bajo unas pautas estructurales diferentes, y el consiguiente retroceso marino”.

Ilustración 39: Geología de la zona del proyecto.



Fuente : Hoja Río San Juan. 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 la zona de cercana a Playa Rogelio, en la carretera hacia Gaspar Hernández, hay una explotación minera de material de relleno.

### 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 o Río San Juan.

## 8.1.5. CAMBIO CLIMÁTICO, HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

Con el fin de considerar el riesgo dentro del diseño conceptual del “Puente en el camino a Playa Rogelio” es necesario realizar el análisis de la cuenca del río Magante desde su punto más alto hasta la zona de implementación del puente; así como el comportamiento del cauce en dicho punto.

Para ello será necesario conocer las características hidrológicas del terreno constituyente de la cuenca 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.

### 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.

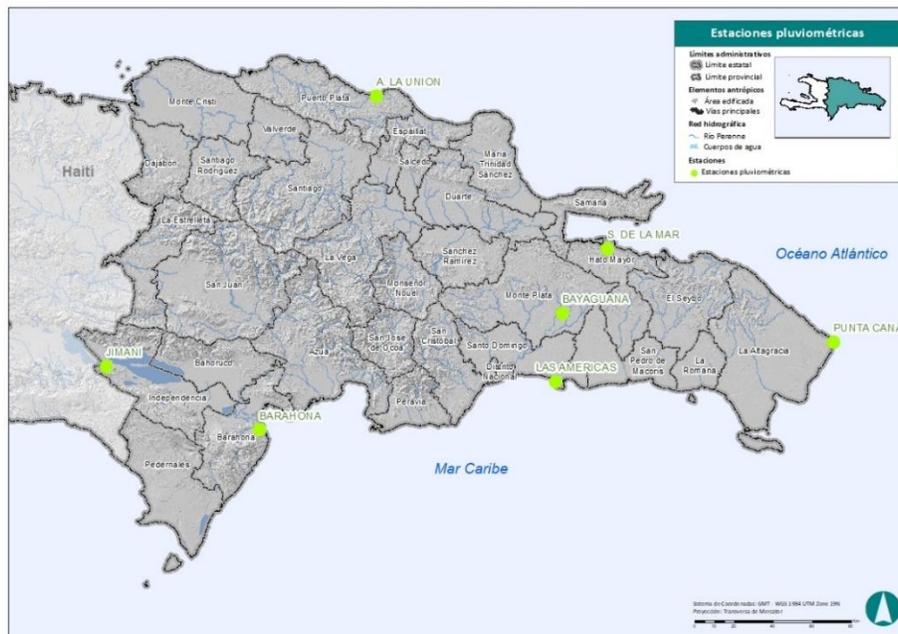
A pesar de ello, existen una serie de estaciones dispuestas por toda la República Dominicana, como se puede observar en la Ilustración 40, donde sí se tienen series de precipitación lo suficientemente solventes como para realizar análisis de precipitaciones (del 1994 al 2019) según la mínima extensión del registro recomendado por la OMM.

Tabla 12: Características de las estaciones pluviométricas.

Nombre	Longitud	Latitud	Elevacion
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.

Ilustración 40: Localización de las estaciones pluviométricas.



Fuente: IDOM-VNG.

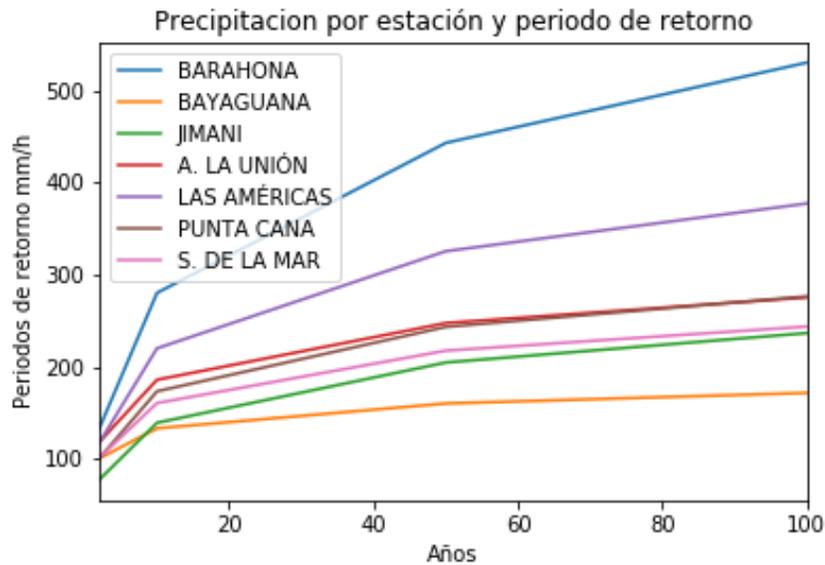
De estas estaciones, se calcula el periodo de retorno para los diferentes años previamente establecido. En estos datos de periodo de retorno Tabla 13, se puede apreciar que, en el periodo de retorno de 2 años, Jimani cuenta con el mínimo valor con 77,35 mm/día mientras que el máximo se encuentra en Barahona 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 13: 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 41: 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 14.

Tabla 14: Instrumentos utilizados en la TRMM.

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

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 15).

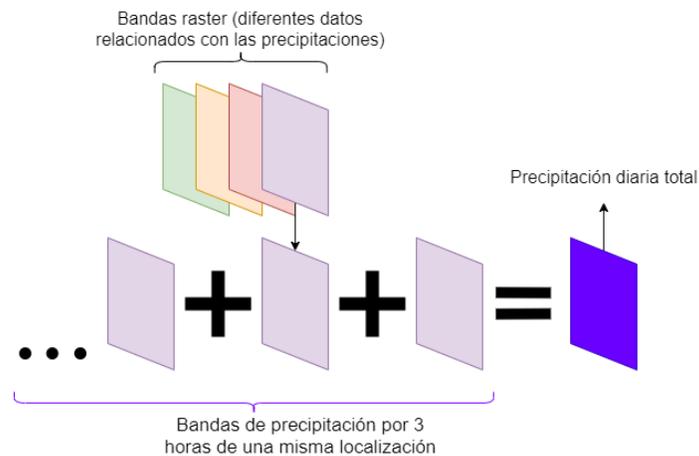
Tabla 15: Bandas de la TRMM.

Banda	Descripción
Precipitación	Estimación de precipitación por la combinación de IR y microondas.
Error relativo	Estimación del error relativo a los valores de precipitación por la combinación de IR y microondas.
HQ precipitación	Estimación de precipitación por microondas.
IR precipitación	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 15).

Ilustración 42: 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 16: Instrumentos utilizados en la GPM

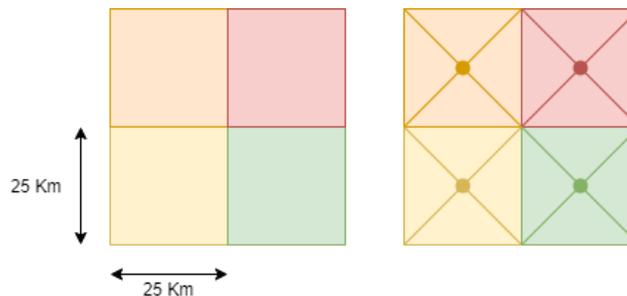
**GPM Microwave Imager (GMI)**  
**Dual-Frequency Precipitation Radar (DPR)**

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.

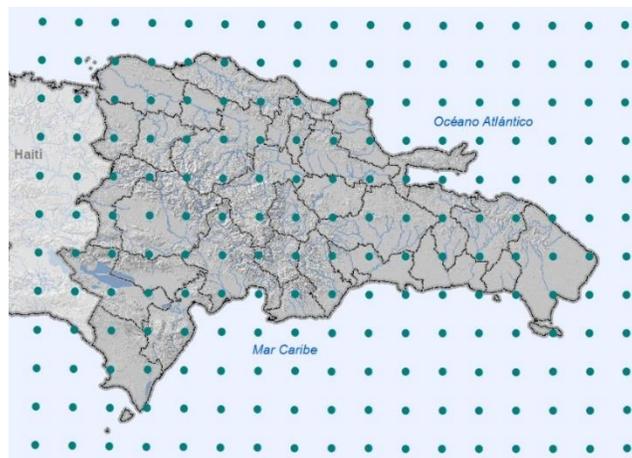
Finalmente se cuenta con una malla de precipitación diaria para el periodo 1998-2019, con una resolución espacial de  $\approx 25 \text{ km} \times \approx 25 \text{ km}$ . De esta malla se han extraído los centroides, para poder realizar los análisis de forma más eficiente, conteniendo estos el valor relativo a los 25 km cuadrados de extensión (Ilustración 43).

Ilustración 43: Extracción de centroides.



Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 44: 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 (Mélce 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 17).

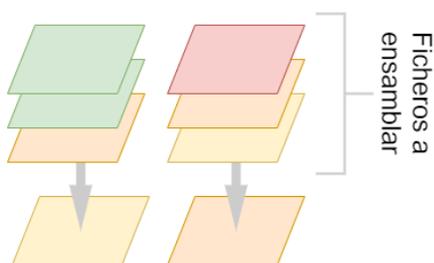
Tabla 17: Lista de distribuciones utilizadas.

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

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 45), siempre cuando tengan una significancia estadística igual o mayor al 95%, con lo que el conjunto de precipitaciones puede ser explicada con la distribución.

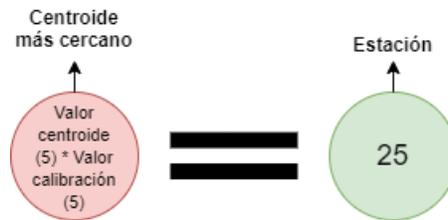
Ilustración 45: Ensamble de datasets.



Fuente: IDOM-VNG.

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

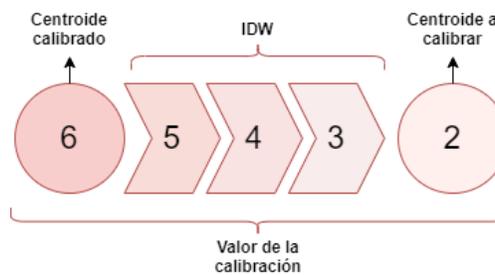
Ilustración 46: Calibración de centroides asignados a estaciones.



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.

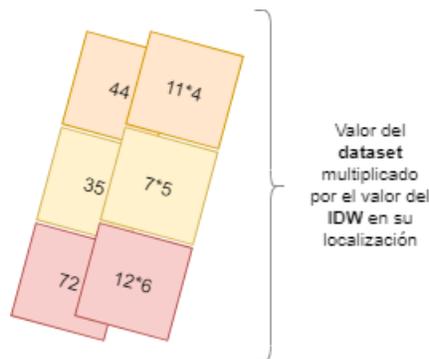
Ilustración 47: IDW con el valor de la calibración



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 48).

Ilustración 48: Dataset de precipitaciones calibrado.



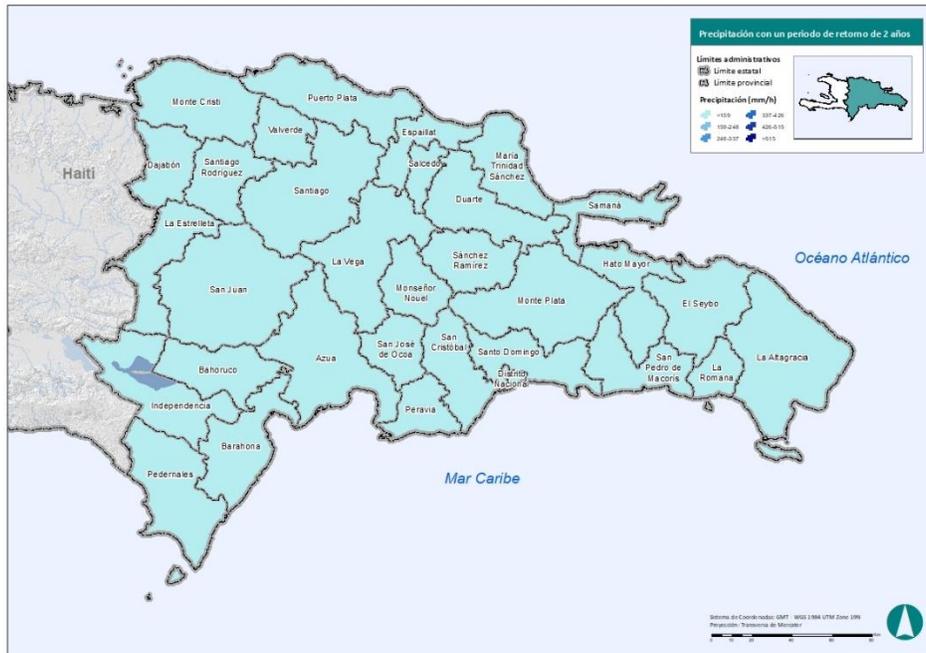
Fuente: IDOM-VNG.

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

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

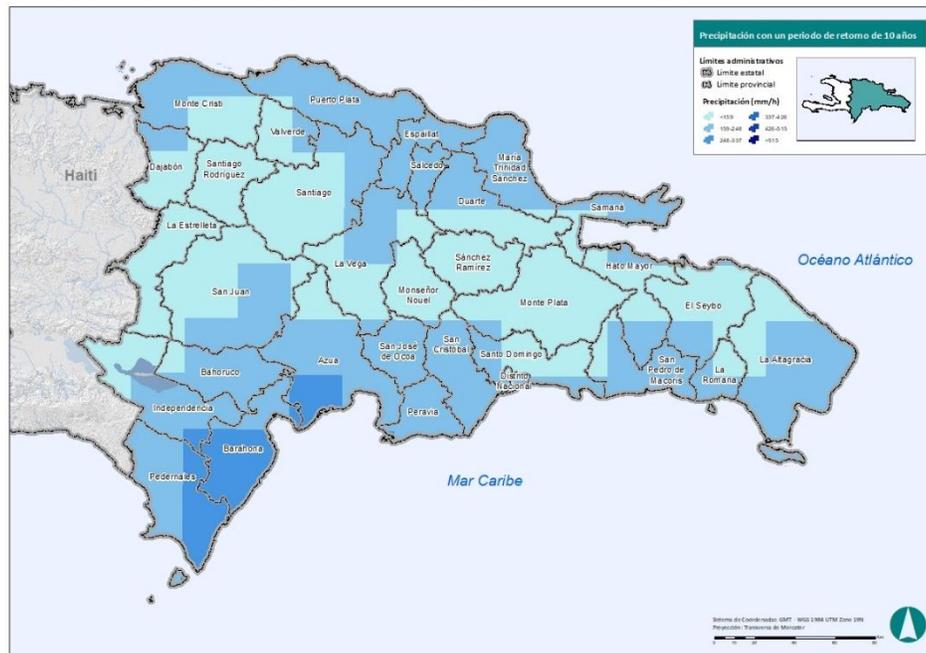
periodos de retorno para todo el país, a continuación, se muestran los resultados para 2 años, 10 años, 50 años y 100 años de período de retorno.

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



Fuente: IDOM-VNG.

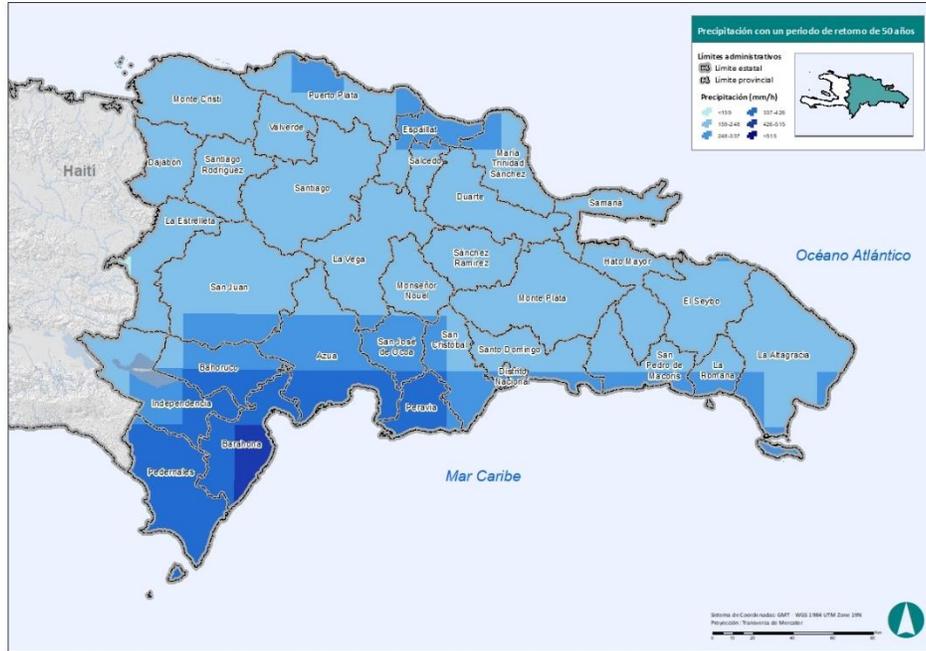
Mapa 3 Precipitación para un periodo de retorno de 10 años.



Fuente: IDOM-VNG.

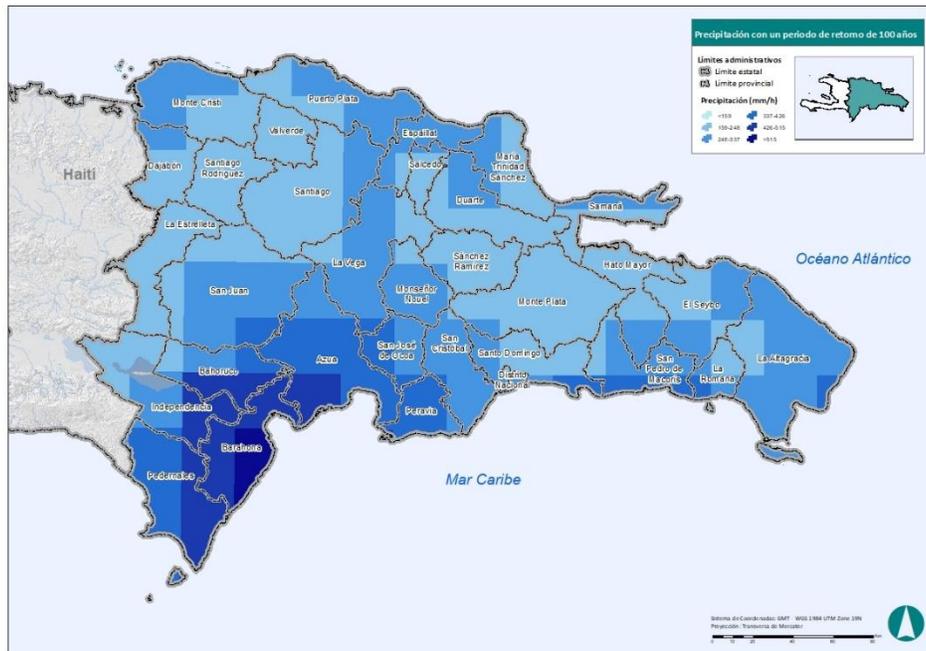
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Mapa 4 Precipitación para un periodo de retorno de 50 años.



Fuente: IDOM-VNG.

Mapa 5 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 18: NEX/GDDP GCMs

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

Fuente: IDOM-VNG.

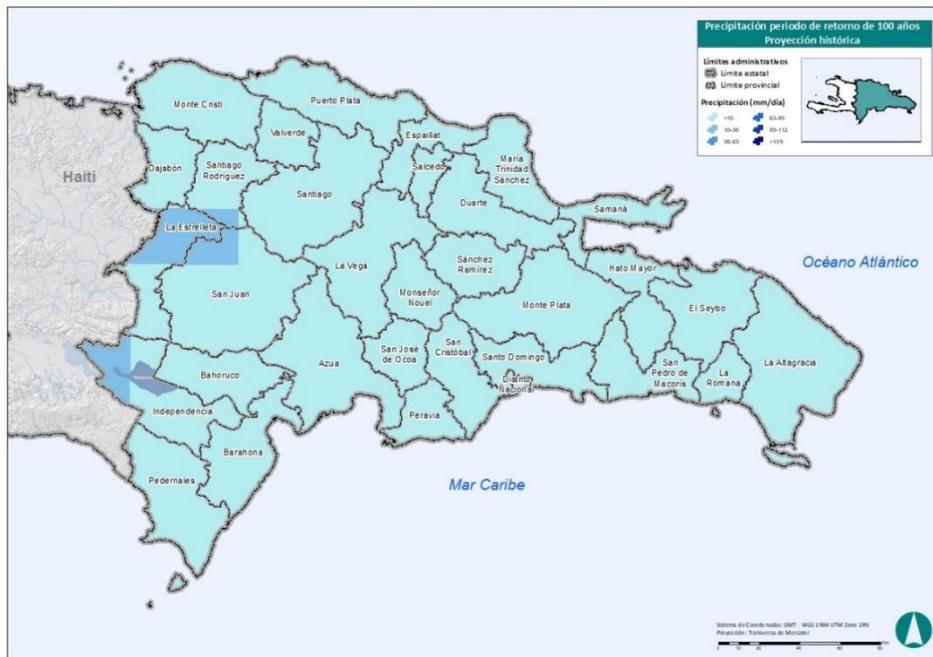
Sobre los *Representative Concentration Pathways* (RCPs), de los escenarios 4.5 (estabilización de la fuerza radioactiva) y 8.5 (altos niveles en emisiones de gases de efecto invernadero) y sobre los datasets de proyección histórica (hasta el año 2005), se aplica un análisis multimodal (Ilustración 45: 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 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 6 a Mapa 8).

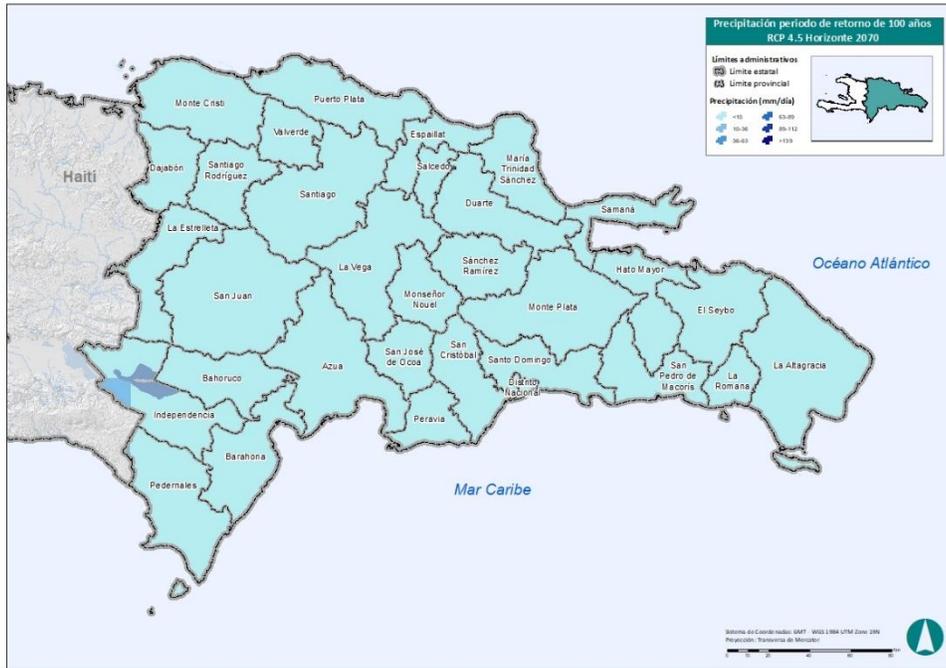
Mapa 6 Proyección histórica con un periodo de retorno de 100 años.



Fuente: IDOM-VNG.

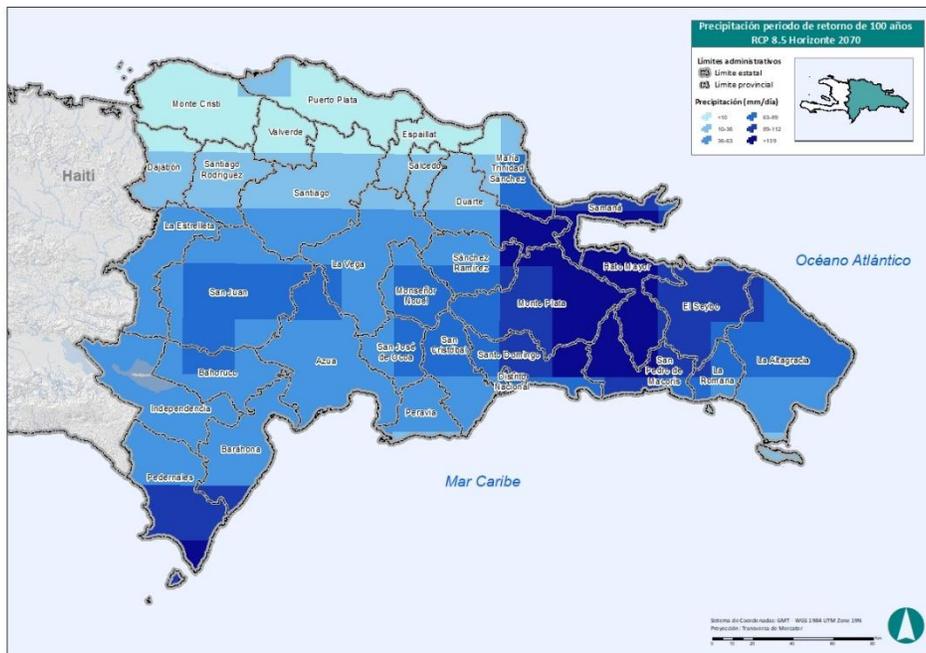
Mapa 7 RCP 4.5 para el periodo 2046- 2070, con un periodo de retorno de 100 años.

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



Fuente: IDOM-VNG.

Mapa 8 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 49 a Ilustración 52).

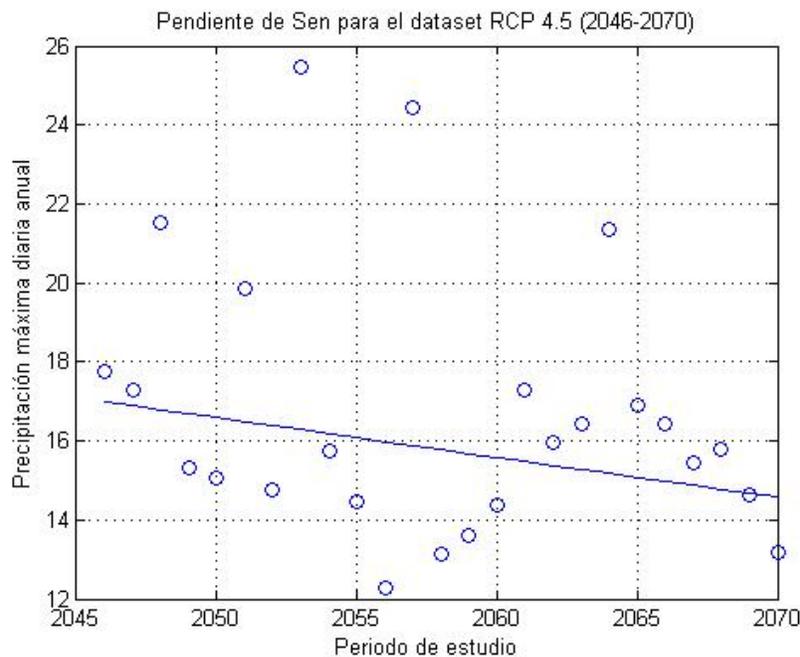
Los datos, tanto para el escenario actual como el de cambio climático, no muestran una tendencia significativa para método no paramétrico de Mann-Kendall y por lo tanto tampoco para la pendiente de Sen, así como tampoco lo hacen el dataset de estaciones pluviométricas y los datos combinados TRMM/GPM.

Tabla 19: 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

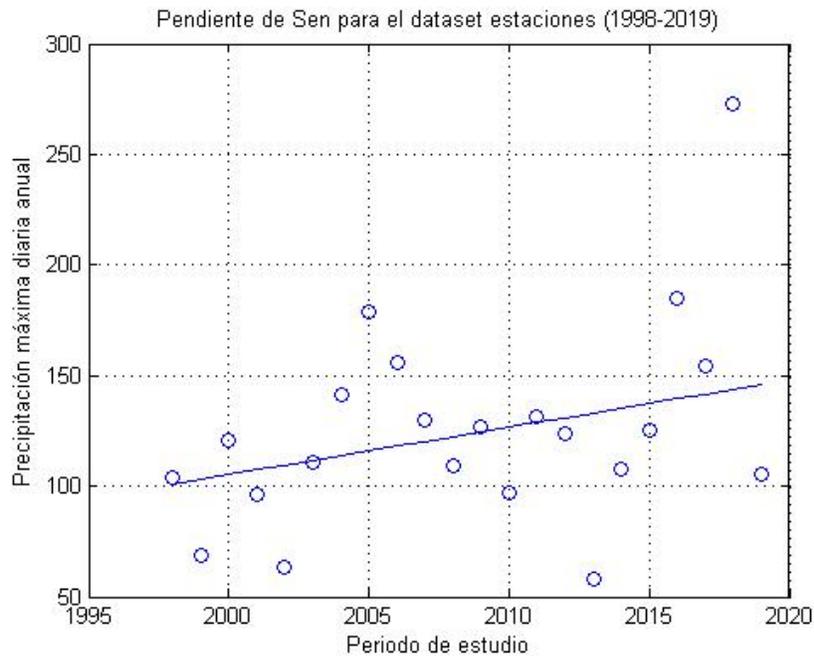
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 49: Pendiente de Sen para el dataset RCP 4.5 (2046-2070).



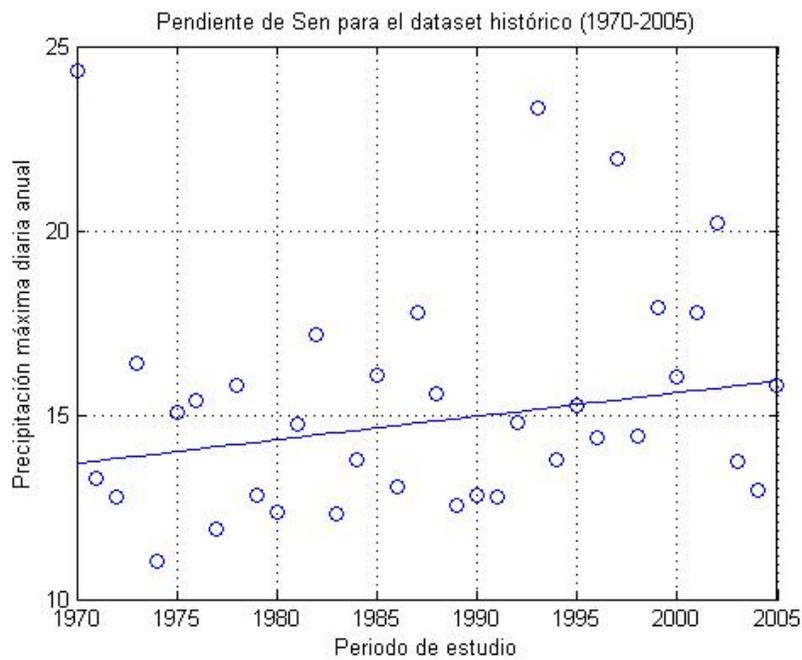
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 50: Pendiente de Sen para el dataset estaciones (1998-2019).



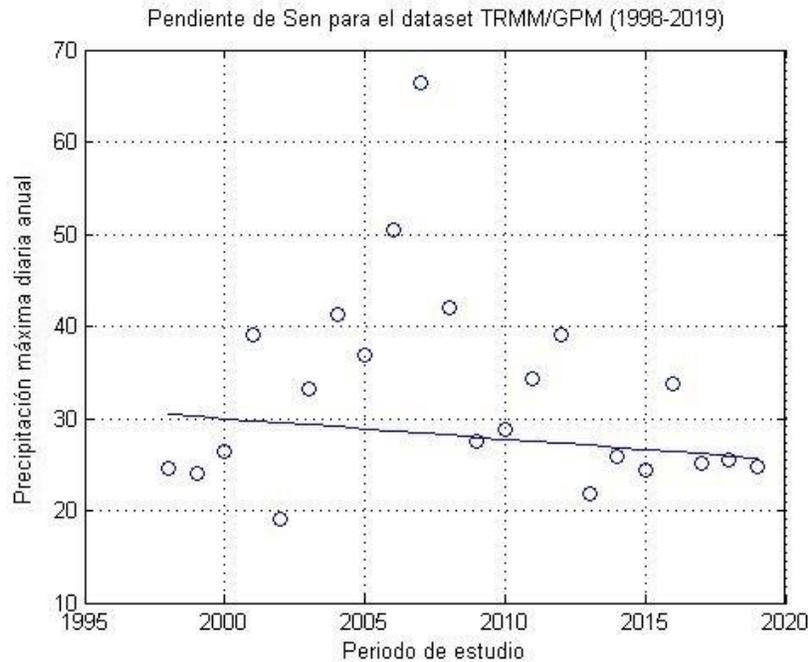
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 51: Pendiente de Sen para el dataset histórico (1970-2005).



Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 52: Pendiente de Sen para el dataset TRMM/GPM (1998-2019).



Fuente: IDOM-VNG.

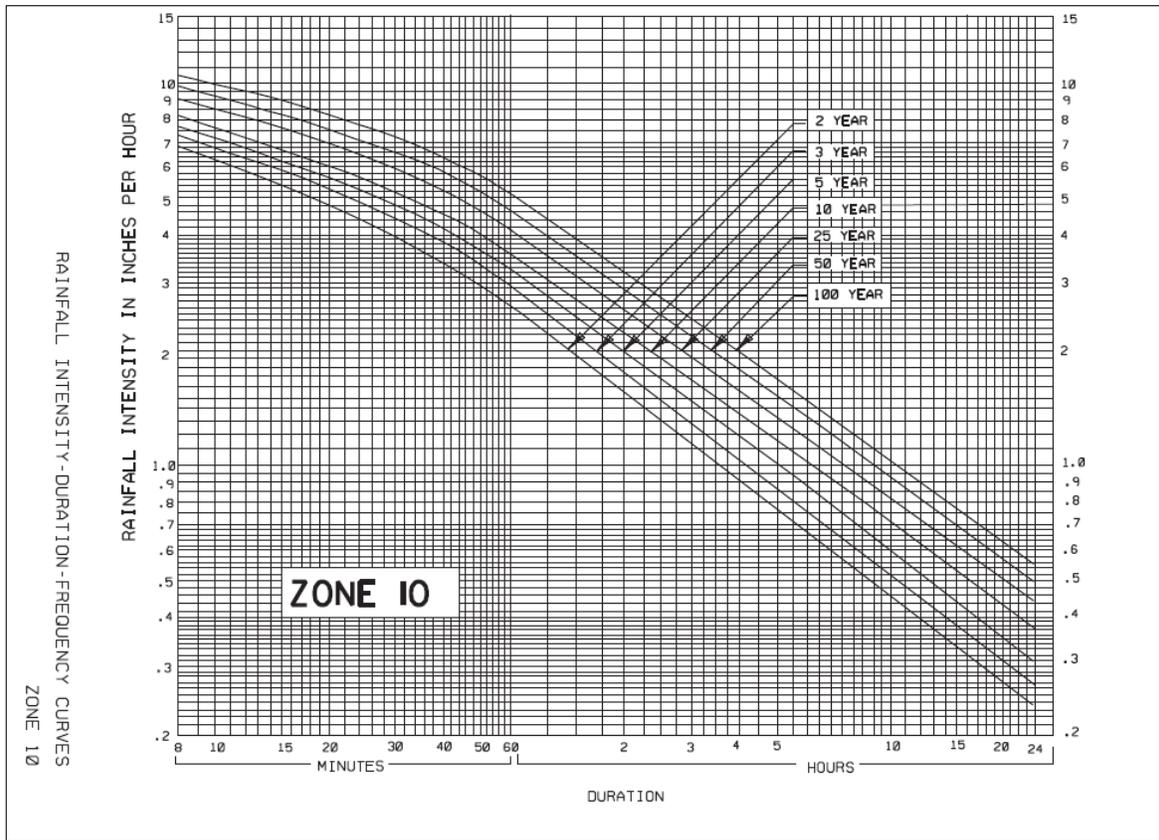
### Distribución temporal de la lluvia

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 (IDF) 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 53.

Ilustración 53 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.

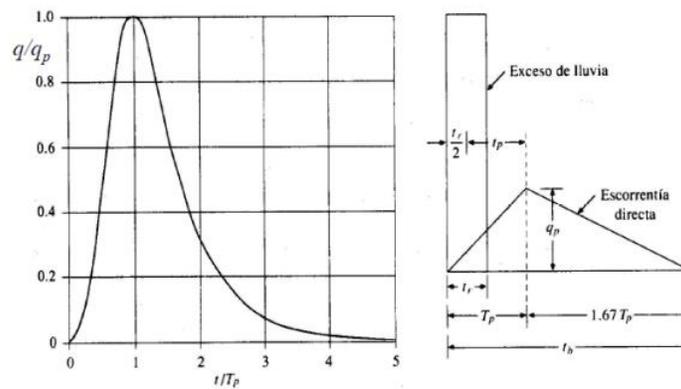
Esto quiere decir que el aporte de las aguas subterráneas generadas por un episodio de lluvia que provoca una inundación no va a tener influencia en los caudales punta que se generan, puesto que el proceso hasta que esa agua es devuelta a la red de drenaje es mucho más lento.

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 54. 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 (la - 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 20. Número de curva para condición antecedente de humedad II según el uso del suelo y su grupo hidrológico.

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

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

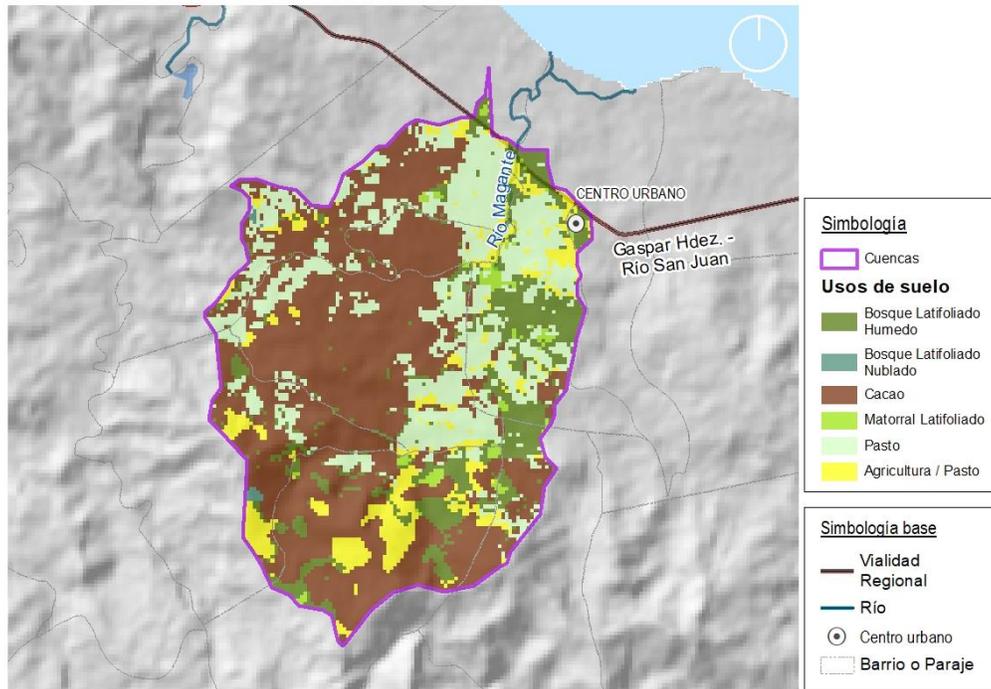
Fuente: Hidrología Aplicada; Ven Te Chow

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 la cuenca del río Magante.

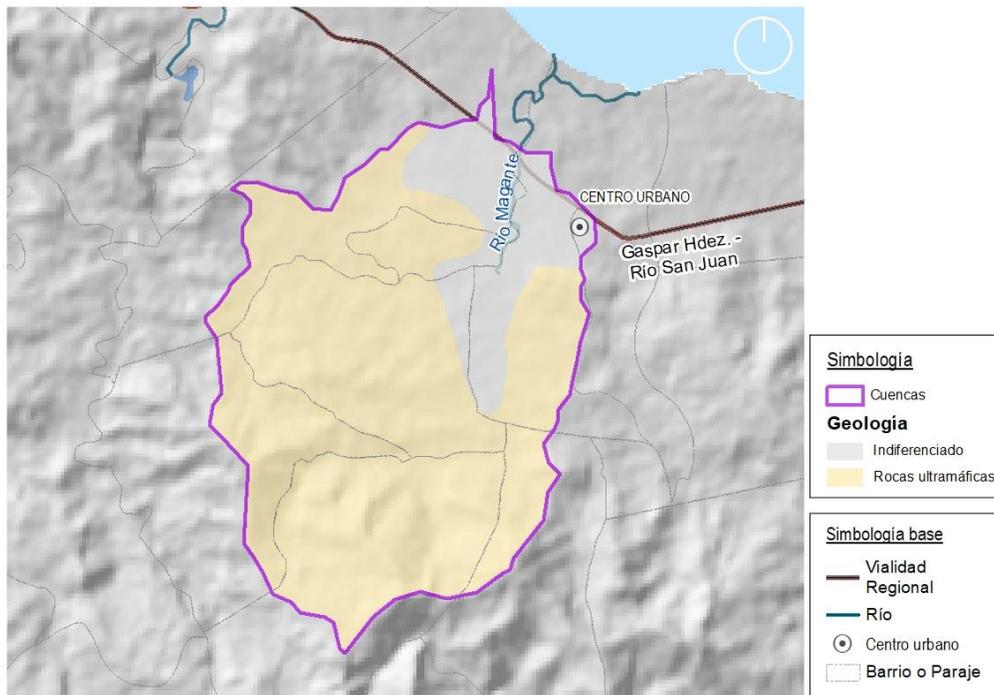
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES  
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 55: Usos de suelo en la cuenca del río Magante.



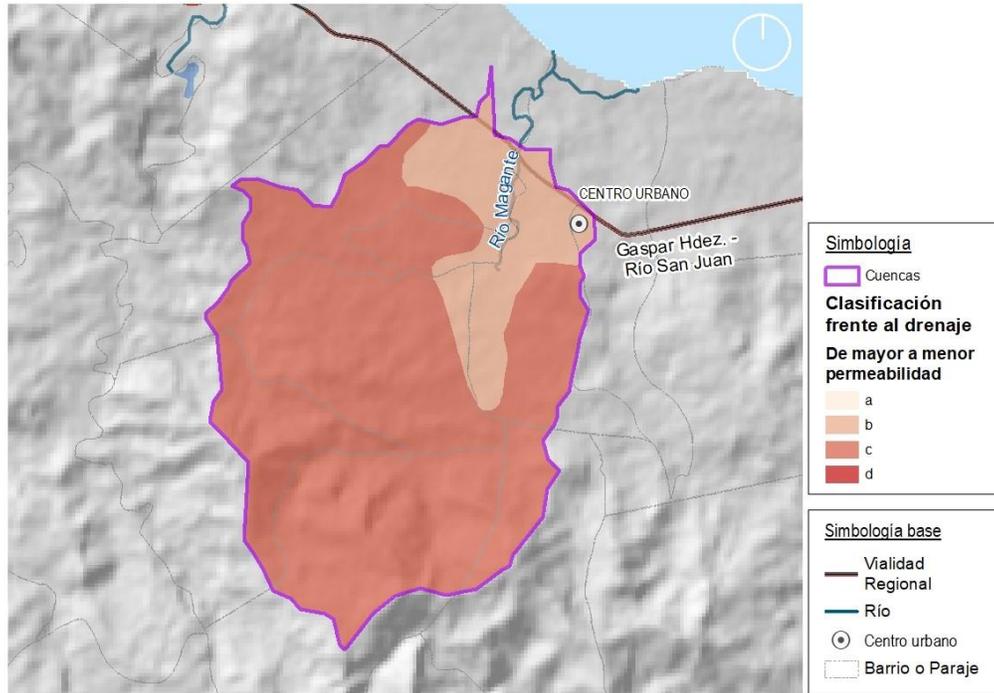
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 56: Geología en la cuenca del río Magante.



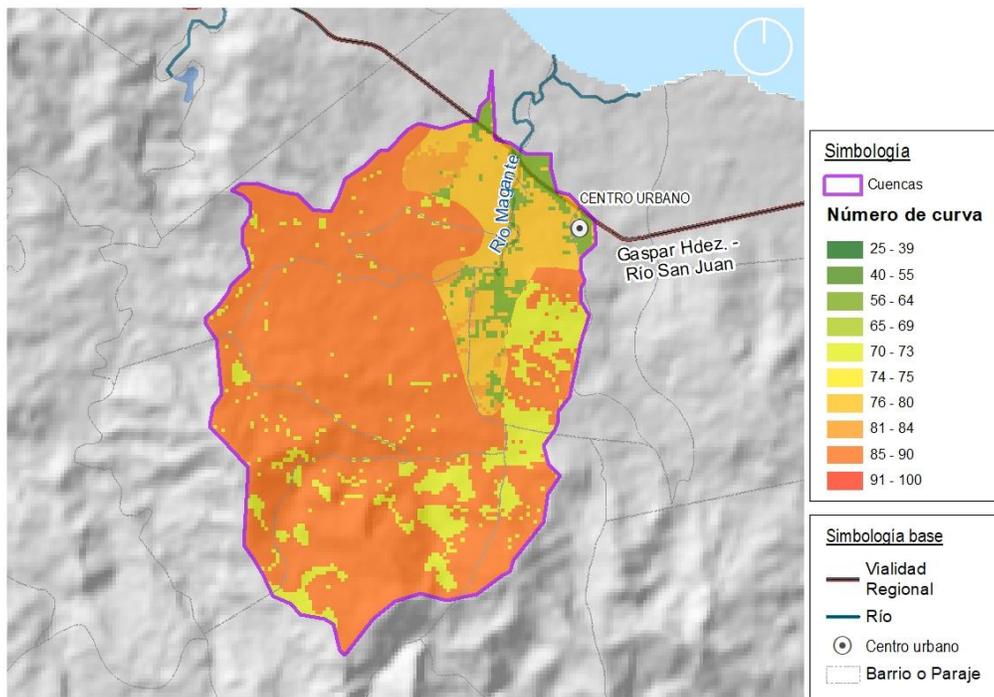
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 57: Clasificación frente al drenaje en la cuenca del río Magante.



Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 58: Número de Curva en la cuenca del río Magante



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,  $S = \infty$  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  $I_a = P_o = 0.2 \cdot S$  se tiene que:

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

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  $P_0$  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.

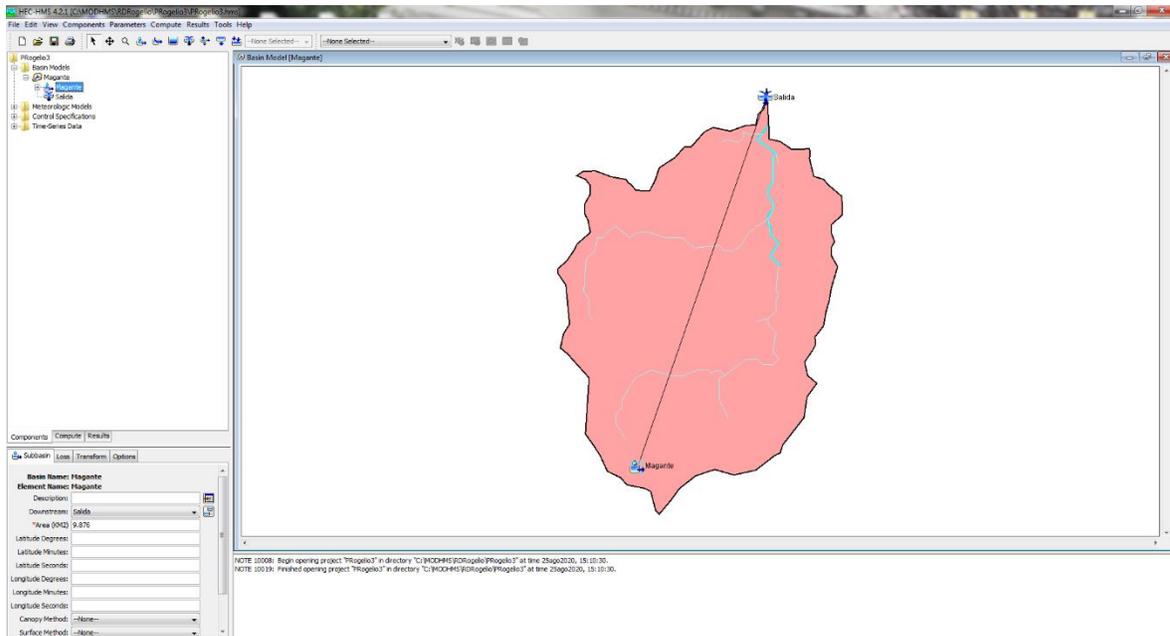
#### **Modelo HMS, propagación de hidrogramas**

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 del "Río Magante" se han planteado un total de 1 cuenca y 1 punto de control o estudio, donde podemos conocer los resultados del hidrograma de salida.

Ilustración 59. Modelo hidrológico HEC-HMS de la Cuenca del río Magante



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 ( $T_{lag}$ ).

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

- 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 la cuenca del modelo planteado para el río Magante se muestra a continuación.

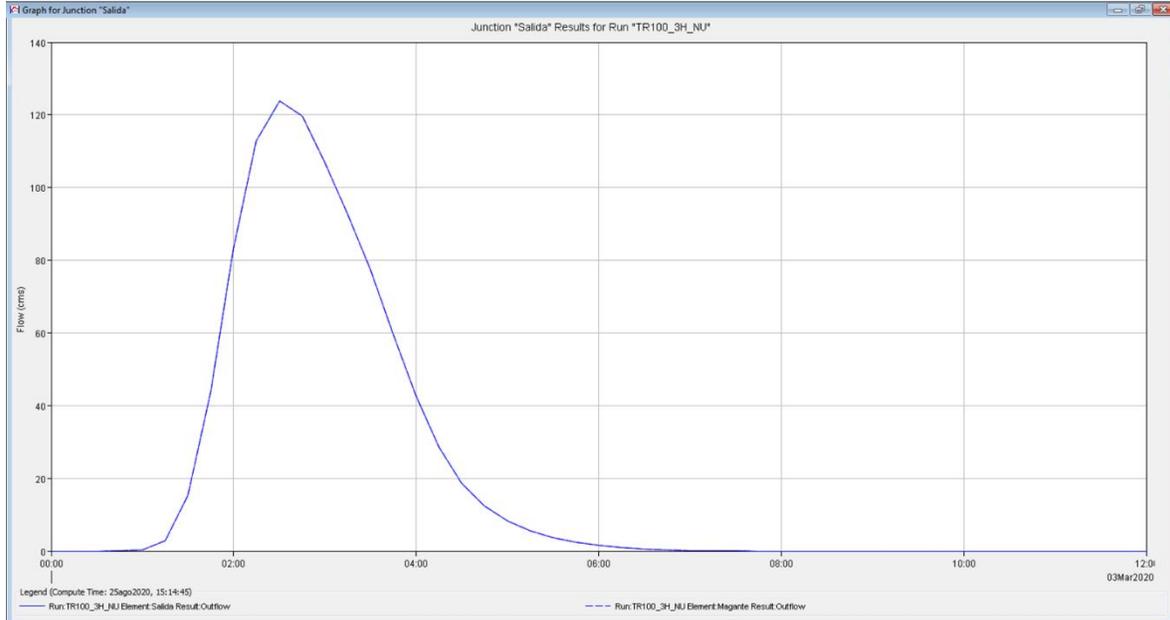
Tabla 21: Parámetros para el cálculo de abstracciones del río Magante

PARÁMETROS PARA ABSTRACCIONES						
Identificación	Total Km <sup>2</sup>	CN medio*	Retenc.Máx S (mm)	Pérdida Inic. la (mm)	Retardo t-lag (hrs)	Retardo t-lag (min)
Magante	9.876	82.89	52.43	10.49	0.861	51.665

Fuente: IDOM-VNG

La salida del programa otorga datos y gráficas descriptivas para cada cuenca, A título ilustrativo en la siguiente ilustración se muestra el hidrograma de salida de caudal del río Magante en la ubicación de del puente a playa Rogelio para el periodo de retorno de 100 años.

Gráfico 2. Hidrograma en cada ubicación de un puente dentro de la Cuenca del río Magante, para el modelo de TR 100 años.



Fuente: IDOM-VNG

### Modelos Hidrológicos

Se muestran a continuación los principales resultados obtenidos para el modelo de la cuenca del río Magante para los periodos de retorno de 2, 50, 100, 200 y 500 años.

Tabla 22: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante 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)
Magante	9.876	24.9	03:15	20.18
Salida	9.876	24.9	03:15	20.18

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 23: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante 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)
Magante	9.876	58.8	02:45	42.63
Salida	9.876	58.8	02:45	42.63

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 24: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante 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)
Magante	9.876	101.8	02:30	72.56
Salida	9.876	101.8	02:30	72.56

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 25: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante 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)
Magante	9.876	123.8	02:30	87.80
Salida	9.876	123.8	02:30	87.80

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 26: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante 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)
Magante	9.876	141.5	02:00	88.59
Salida	9.876	141.5	02:00	88.59

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 27: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante para el periodo de retorno de 500 años.

Elemento	Área de drenaje (km <sup>2</sup> )	Caudal punta (m <sup>3</sup> /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Magante	9.876	176.9	02:00	110.60
Salida	9.876	176.9	02:00	110.60

Fuente: IDOM-VNG

## HIDRÁULICA

### Modelos Hidráulicos

Para la simulación del flujo en lámina libre se ha usado el modelo de cálculo IBER desarrollado por la Universidad Politécnica de Catalunya y la Universidad de La Coruña en el marco de un Convenio entre el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y la Dirección General del Agua del Gobierno de España.

El modelo trabaja sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos triangulares o cuadriláteros. En el módulo hidrodinámico, que constituye la base de IBER, se resuelven las ecuaciones de aguas someras bidimensionales promediadas en profundidad (ecuaciones de St. Venant 2D). Dichas ecuaciones asumen una distribución de presión hidrostática y una distribución relativamente uniforme de la velocidad en profundidad. La hipótesis de presión hidrostática se cumple razonablemente en el flujo en ríos, así como la hipótesis de distribución uniforme de velocidad.

En el módulo hidrodinámico se resuelven las ecuaciones de conservación de la masa y de momento en las dos direcciones horizontales:

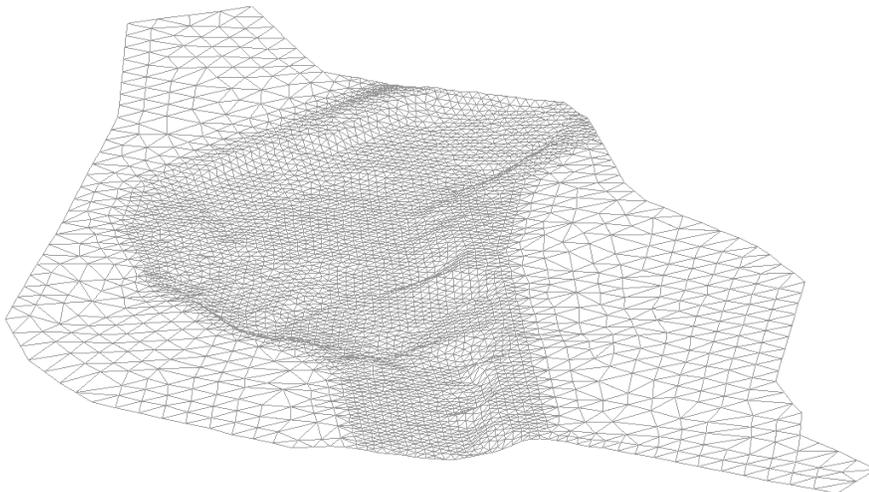
$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U_x}{\partial x} + \frac{\partial h U_y}{\partial y} = M_s$$

$$\frac{\partial h U_x}{\partial t} + \frac{\partial h U_x^2}{\partial x} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} - \frac{g h^2}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + 2 \Omega \sin \lambda U_y + \frac{\partial h \tau_{xx}^e}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial y} + M_x$$

$$\frac{\partial h U_y}{\partial t} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial x} + \frac{\partial h U_y^2}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial y} + \frac{\tau_{s,y}}{\rho} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} - \frac{g h^2}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - 2 \Omega \sin \lambda U_x + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{yy}^e}{\partial y} + M_y$$

En donde  $h$  es el calado,  $U_x$ ,  $U_y$  son las velocidades horizontales promediadas en profundidad,  $g$  es la aceleración de la gravedad,  $Z_s$  es la elevación de la lámina libre,  $\tau_s$  es la fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento,  $\tau_b$  es la fricción debido al rozamiento del fondo,  $\rho$  es la densidad del agua,  $\Omega$  es la velocidad angular de rotación de la tierra,  $\lambda$  es la latitud del punto considerado,  $\tau_{xx}$ ,  $\tau_{xy}$ ,  $\tau_{yy}$  son las tensiones tangenciales efectivas horizontales, y  $M_s$ ,  $M_x$ ,  $M_y$  son respectivamente los términos fuente/sumidero de masa y de momento, mediante los cuales se realiza la modelización de precipitación, infiltración y sumideros.

Ilustración 60 Ejemplo de Malla de cálculo no estructurada desarrollada para el modelo hidráulico del tramo analizado del río Magante



Fuente: IDOM-VNG

### Modelos Unidimensionales

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:

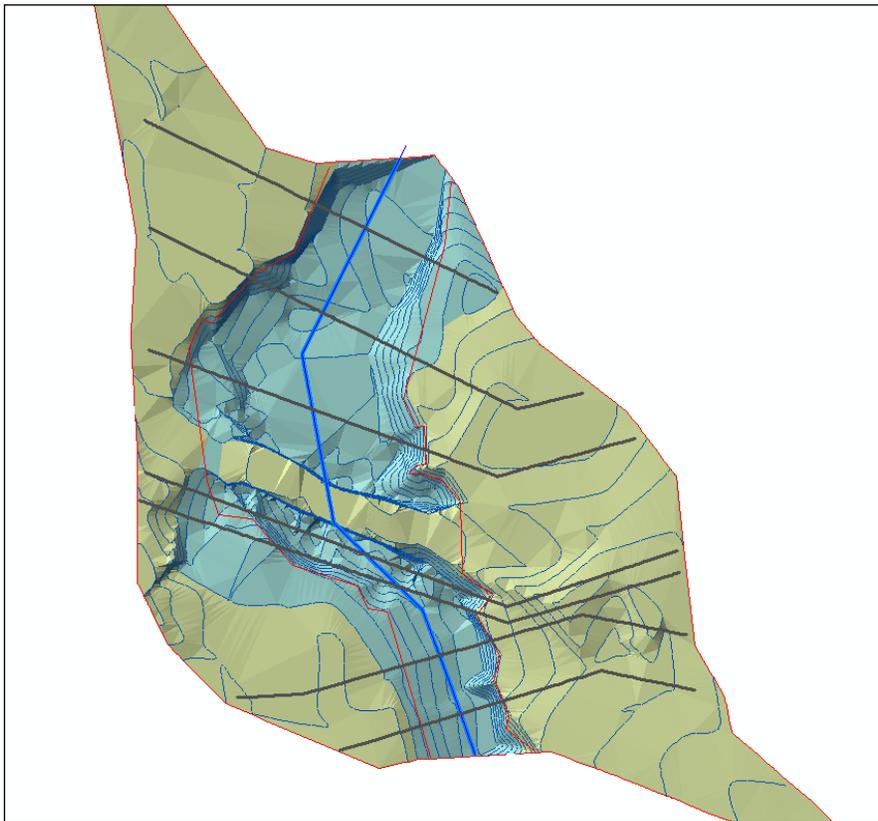
$I$ = Pendiente de la línea de energía, en tanto por uno

$n$ = Coeficiente de rugosidad de Manning

$v$ = Velocidad, en m/s

$RH$ = Radio hidráulico, en m

Ilustración 61 Geometría basada en secciones transversales para el modelo del Río Magante



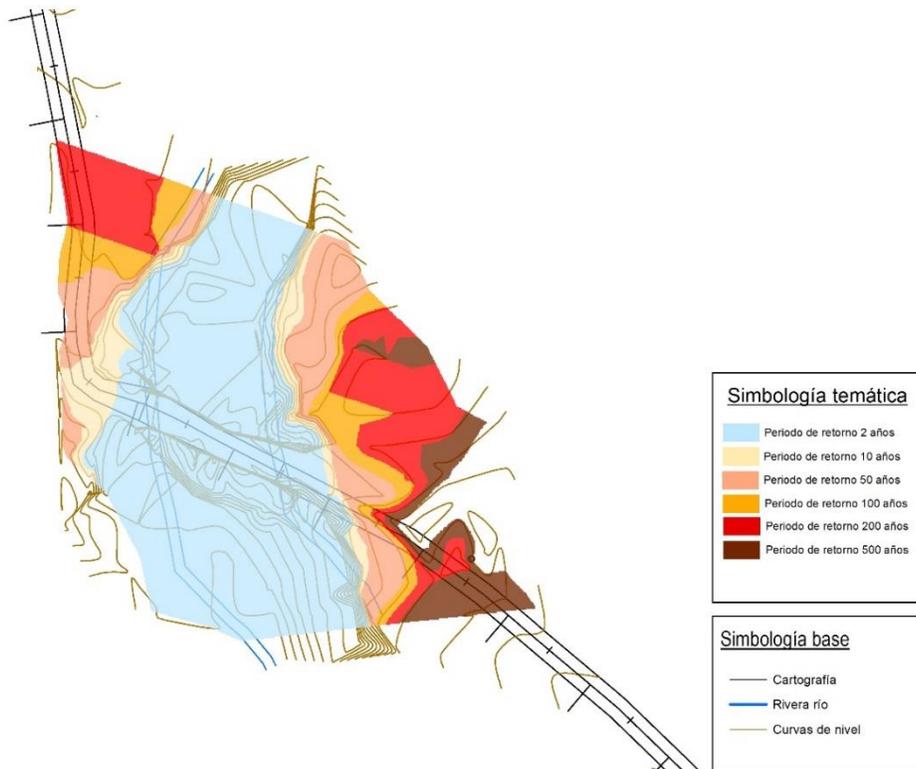
Fuente: IDOM-VNG

- *Salidas*

Para este subproyecto, dónde se pretende cambiar la infraestructura existente por una nueva, es necesario realizar modelaciones de la situación actual, así como de los escenarios futuros, donde el puente badén no existe, sino el puente estructural de hormigón armado con estribos.

De manera representativa, a continuación, se muestran los mapas de calados máximos del río Magante en la zona de estudio para el escenario actual con puente badén y para los periodos de retorno de 2, 10, 50, 100, 200 y 500 años.

Mapa 9 Comparativa calados máximos en el río Magante. Periodos de retorno de 2, 10, 50, 100, 200 y 500 años.

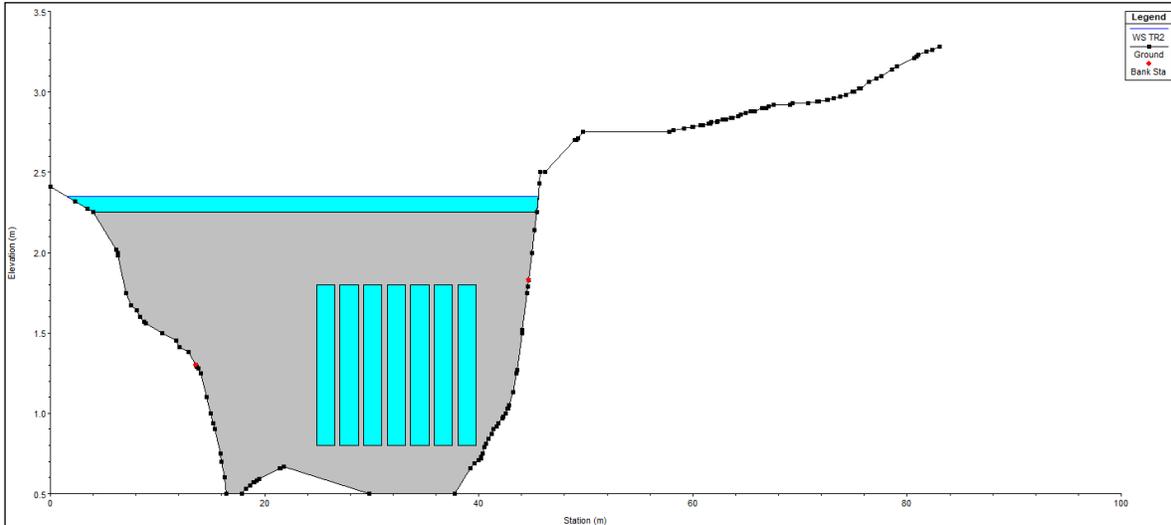


Fuente: IDOM-VNG

Se han obtenido también los resultados del modelo hidráulico para el tramo del río Magante objeto de estudio mediante el software HEC-RAS, mediante el cual se ha permitido obtener un mejor nivel de detalle para el análisis del comportamiento del puente badén. Así, de manera representativa, a continuación, en la Ilustración 62 se muestra la sección transversal del puente actual con la lámina de agua para el periodo de retorno de 2 años.

Como se aprecia en la siguiente imagen, se comprueba que el puente tipo badén existente es incapaz de soportar caudales asociados a un período de retorno de 2 años, lo cual, a nivel normativo vigente en República Dominicana, sería inaceptable ya que este tipo de infraestructuras deberían ser diseñadas para soportar lluvias de  $Tr_{10}$ .

Ilustración 62 Sección transversal del puente actual y lámina de agua para avenidas de 2 años de periodo de retorno. (Modelo HEC-RAS).



Fuente: IDOM-VNG

Del análisis realizado se ha concluido que en una situación sin interferencias dentro de los cauces (dónde no existe el puente tipo badén), el cauce posee capacidad para soportar lluvias de hasta 10 años de período de retorno sin producir desbordamientos; pero una vez superado este período, los desbordamientos comienzan a afectar la zona más baja del camino (ambas márgenes del río). Estas afectaciones se traducen en la inundación de todo el territorio hacia la playa y los accesos al puente propuesto en este diseño, por lo cual se deberán sobre elevar dichos accesos para evitar los cortes de comunicación.

Tabla 28: Cotas máximas del agua en cada sitio de estudio para distintos períodos de retorno

Tr (años)	Lámina agua (msmn)
	Puente a Playa Rogelio
50	2.34
100	2.39
200	2.64
500	2.90

Fuente: IDOM-VNG

Estas diferencias de cota son las que han sido analizadas para obtener el diseño basado en riesgo y así determinar el diseño óptimo del puente, comparando para ello las diferencias de costo frente a las probabilidades de riesgo de falla.

El mapa de calados máximos obtenido para la situación futura de la nueva infraestructura localizada unos 40 metros aguas abajo de la actual, se ha obtenido para el periodo de retorno resultante del

análisis anterior para el periodo de retorno de 200 años, tal y como se muestra a continuación en la Ilustración 63.

Ilustración 63 Mapa de calados máximos del tramo modelizado del río Magante para la situación futura de la infraestructura propuesta. Periodo de retorno 200 años.

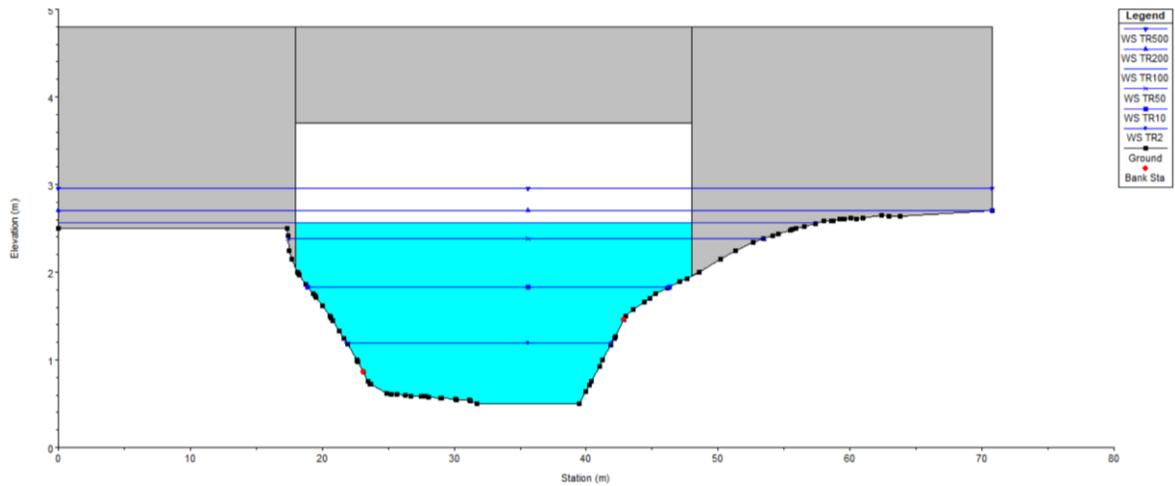


Fuente: IDOM-VNG

Las cotas del agua alcanzadas una vez modelizada la nueva infraestructura propuesta, son las que se muestran a continuación en la Ilustración 64 e Ilustración 65.

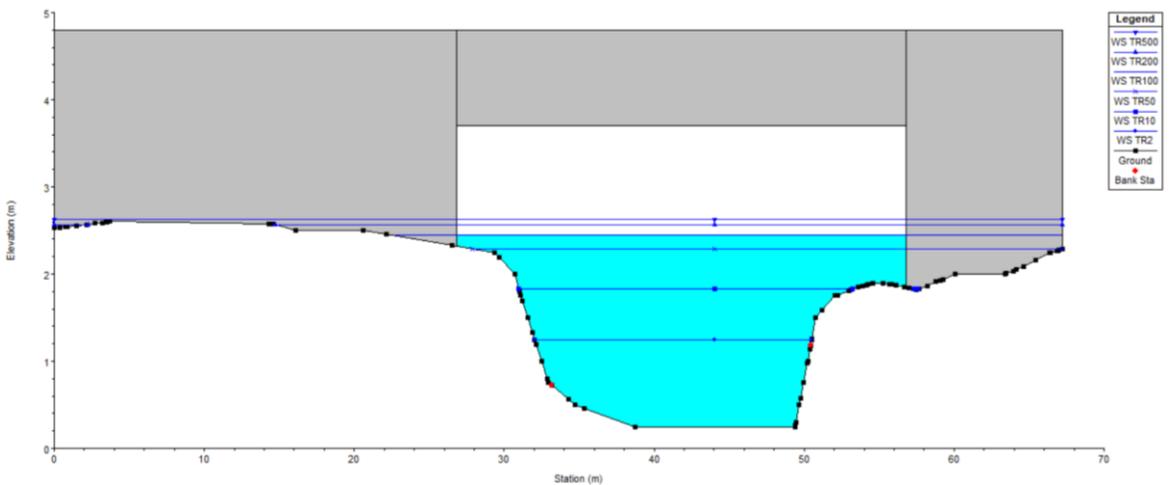
Ilustración 64 Cotas del agua alcanzadas en la sección transversal de la propuesta de diseño del nuevo puente en el río Magante (aguas arriba).

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



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 65 Cotas del agua alcanzadas en la sección transversal de la propuesta de diseño del nuevo puente en el río Magante (aguas abajo).



Fuente: IDOM-VNG

## 8.1.6. AMBIENTALES

### CRITERIOS DE APROBACIONES AMBIENTALES.

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

- 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.

Los criterios ambientales específicos resultantes así establecidos para este proyecto, serán sometidos al proceso de socialización comunitaria del proyecto mencionada en el punto siguiente, junto con los demás aspectos que conformen el concepto del proyecto. Por último, dichos criterios, una vez consensuados y validados por todas las partes (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Banco Europeo de Inversiones y la comunidad), serán formalmente integrados de forma práctica y operativa en la documentación del proyecto, en forma de un “Anexo de medidas complementarias para la sostenibilidad del proyecto” y de un “Plan de manejo ambiental y social del proyecto”. Las medidas que integren dicho Anexo y Plan serán convenientemente definidas, detalladas y valoradas económicamente para su ejecución efectiva, y pasarán a formar parte de la documentación contractual vinculante del proyecto.

A la fecha de emisión de esta versión del Informe de Diseño Conceptual, puente Playa Rogelio y mejoras al camino, por múltiples razones ajenas a la ATI, no se ha podido llevar a cabo el proceso de estudios y aprobaciones ambientales para este subproyecto.

## 8.1.7. CENTROS DE PRODUCCIÓN

### 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 Río San Juan y en el sector comercial.

## 8.1.8. EXPROPIACIONES

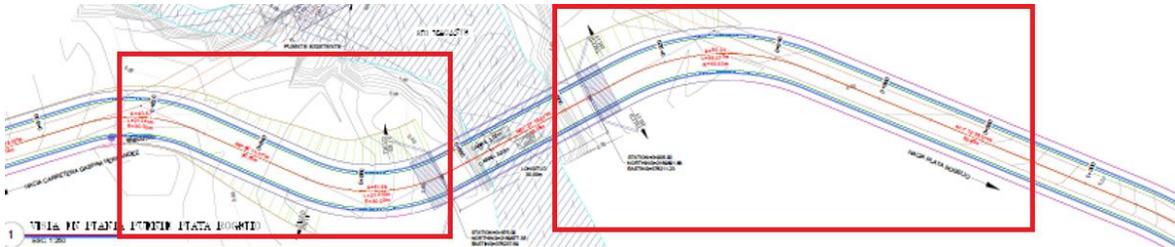
**Informe de campo.** A partir del diseño conceptual elaborado, se obtiene que el área de los accesos de entrada y salida, que es la única intervención que se sale de la calzada actual del camino Playa Rogelio, está aparentemente en terrenos públicos, por lo que se infiere que dicha área no debe considerarse para fines de expropiación.

El diseñador final deberá validar la propiedad estatal o no de dicha área a fin de confirmar o no la necesidad de expropiación y levantar los datos de campo que requiere el MOPC para proceder a negociar con los propietarios de las mismas. No se afectan viviendas u otros tipos de inmuebles.

**Procedimiento de expropiaciones.** El consultor del diseño final, deberá seguir el procedimiento establecido por el MOPC para elaborar las fichas de predios o propiedades a expropiadas por el MOPC en los casos en que sea necesario.

Durante el diseño conceptual solamente se han identificado en los planos las áreas fuera de la calzada actual, afectada por los trabajos en el puente, cuya propiedad debe ser validadas en el diseño final para determinar si son objeto de expropiación, no suministrándose mayores detalles, ya que en la fase de diseño final es que debe generarse dicha información.

Ilustración 66: Terrenos afectados.



Fuente: IDOM-VNG

### 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 da un presupuesto de ejecución para cada una de las alternativas de diseño analizada.

Para el caso concreto del puente en el Camino a Playa Rogelio se han calculado los siguientes costes de inversión para cada periodo de retorno de diseño

Tabla 29: Costes de construcción (inversión inicial) para cada periodo de retorno analizado.

Tr (años)	Valor más probable
-----------	--------------------

	Longitud (m)	Costo (RD)\$	Coste unitario (RD\$/m)
200	30	39.101.134,62	1.303.371,15
100	30	37.803.148,12	1.260.104,94
50	30	37.146.232,99	1.238.207,77

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 estimando 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, del que no se dispone 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

<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.

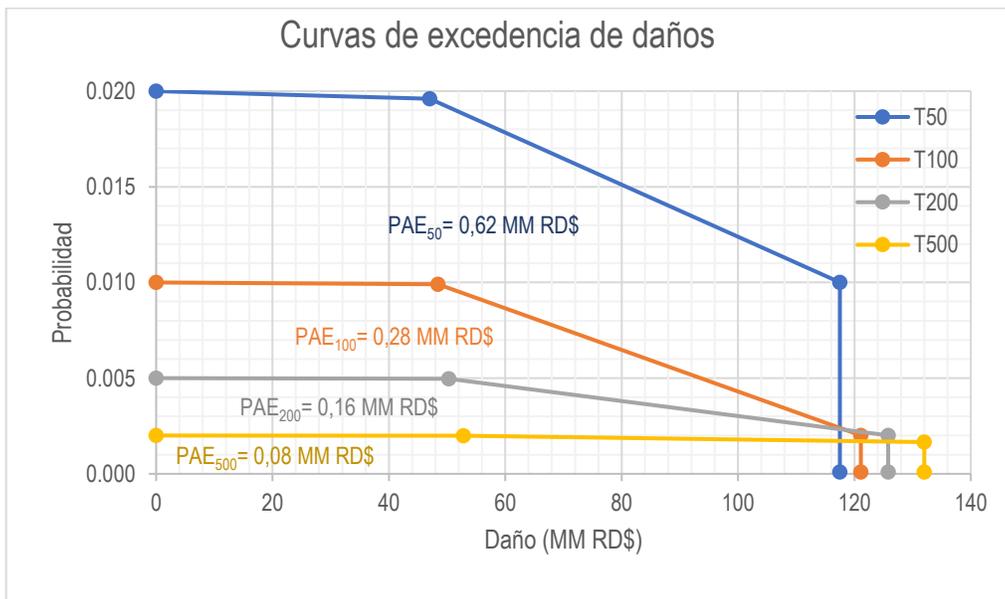
<sup>2</sup> Bocanegra, R.A, Francés, F.R, Vallés F.J. Determinación del riesgo de colapso de puentes por inundaciones. Aplicación a un conjunto de puentes de carreteras españolas, Universidad Politécnica de Valencia,- Instituto de Investigación en Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA),

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 cómo los 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.

Gráfico 3. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño.



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:

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

Siendo Vu la vida útil considerado para este caso 75 años y k es la tasa de descuento aplicada, siendo en este caso de 6.8%.

**La tasa de descuento financiera** permite descontar todas las salidas de caja que el proyecto va a generar en el período objeto de análisis para obtener el valor actual.

Para llegar a esta tasa de descuento se ha tenido en cuenta que se trata de un proyecto financiado al 100% mediante un préstamo, no hay una parte de capital aportada por accionistas. La inversión inicial se financia mediante un préstamo con un tipo de interés del 4,2%, por debajo de las tasas de financiación de mercado en la República Dominicana. En caso de tener que acometer una inversión de reparación por daños, esta se deberá financiar a una tasa de financiación de mercado, puesto que las condiciones de financiación obtenidas al inicio del proyecto ya no estarán disponibles. De esta manera, se ha considerado que las salidas de caja que reflejan la reinversión para reparar la infraestructura mediante las pérdidas anuales esperadas se deben actualizar a una tasa superior al 4,2%.

Para calcular esta tasa se ha considerado el promedio de rentabilidad de los bonos del estado a 10 años de Estados Unidos de octubre 2019 a octubre 2020, situado en 1,70% más un diferencial de riesgo país República Dominicana, 5,07%. El resultado del cálculo es **6,8%**.

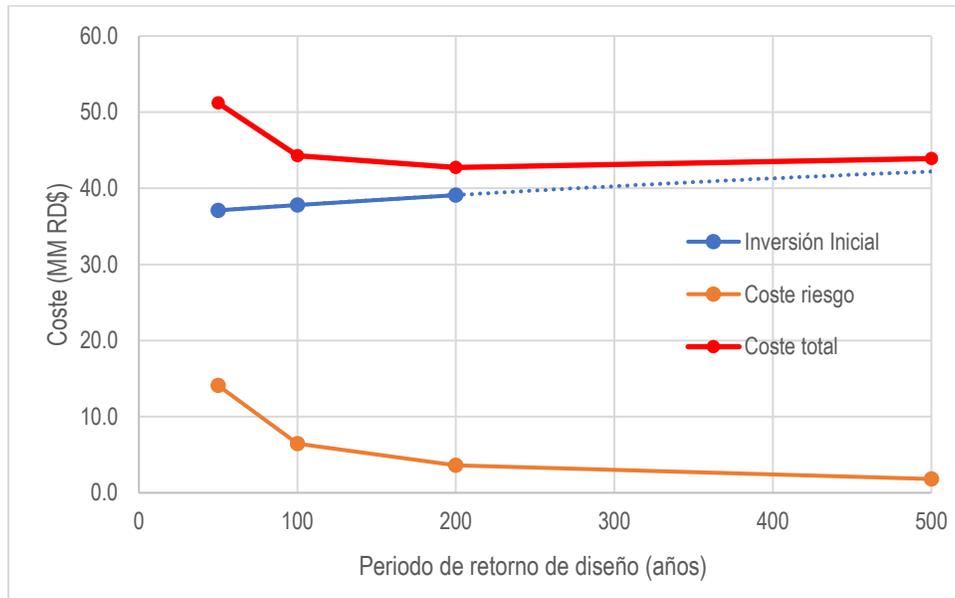
En la tabla siguiente se muestra, para cada periodo de retorno de diseño, el valor de la PAE, el Coste de Inversión (Ci), el Coste del Riesgo (Cr) y el Coste Total (Ct) actualizados al año cero de la inversión:

**Tabla 30: Inversión inicial, coste del riesgo y coste total para cada periodo de retorno de diseño.**

Tdiseño (años)	50	100	200	500
PAE (MM RD\$)	0,62	0,28	0,16	0,08
Vida útil (años)	75	75	75	75
Ci (MM RD\$)	37,1	37,8	39,1	42,1
Cr (MM RD\$)	14,1	6,5	3,6	1,8
Ct (Actual)	<b>51,2</b>	<b>44,27</b>	<b>42,73</b>	<b>43,9</b>

Fuente: IDOM-VNG

Gráfico 4. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño.



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 en el Camino a Playa Rogelio**, la alternativa con menor coste total asociado es la diseñada para una avenida de **200 años** de periodo de retorno.

## 8.2. ESTUDIO COSTO/BENEFICIO

### 8.2.1. ESTUDIO DE MOVILIDAD

Los usuarios del camino y del puente Playa Rogelio, son los moradores de Villa Magante, al inicio del camino, los visitantes a la playa y los propietarios de los terrenos de uso agropecuario ubicados en el área de influencia

- Villa Magante
- Visitantes a la Playa Rogelio
- Propietarios de predios agropecuarios

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

Debido a que la mayoría de los visitantes a la playa provienen de comunidades relativamente distantes, hay un tráfico de vehículo privado, como carros y jeepetas. Las motocicletas corresponden al tráfico generado por los moradores de Villa Magante que dan servicios en la playa a los visitantes. 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 del puente 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 del puente como en las barreras de transición desde/hasta las barandas del puente a la zona libre de peligro adyacente a la vía. Asimismo, detallará las transiciones entre barreras, y los terminales de las mismas.
- De la misma manera deberá definir las protecciones, barreras o segregado que se deben realizar para proteger el tránsito peatonal a lo largo de todo el camino a Playa Rogelio.
- Deberá procurar un perfecto tránsito peatonal, (recomendando ampliar a 1,5 m. las aceras peatonales en lo posible, aunque sea a lo largo de sólo un lado del camino). Que éstas estén perfectamente protegidas del flujo vial, así como convenientemente conectadas con las aceras o vías peatonales anteriores y posteriores al puente y hasta la llegada a Playa Rogelio.
- Que la señalización vertical, así como las marcas viales se adecúen a una velocidad de 30 km/h en todo el tramo, puesto que es una zona con tráfico peatonal y de usuarios vulnerables más que considerables. Se recomienda 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 al puente, así como la señal de prioridad de paso, para el caso que se confronten dos vehículos de gran tamaño.
- Acomodar y definir claramente todas la señalización vertical y marcas viales en todo el recorrido del tramo, doblando al menos (instalándolas dobles, es decir a ambos lados de la calzada) aquellas señales de peligro y de precaución, y definiendo claramente las zonas de adelantamiento con respecto a las distancias de visibilidad y parada.

## 8.2.4. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FINANCIERA DEL PUENTE

Según se mostró anteriormente, el camino y puente Playa Rogelio, 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 directo 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: Puente y mejoras al camino a Playa Rogelio
- Ubicación: Comunidad Villa Magante
- Municipio: Gaspar Hernández
- Provincia: Espaillat

	Respuesta (Sí/No)	Comentarios. 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 (Sí/No)	Comentarios. 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 religioso y etnográfico que se dan en el ámbito del proyecto es la celebración de las fiestas patronales. Estas se celebran anualmente en el mes de agosto, teniendo como patrona de la comunidad a Nuestra Señora de Santa Clara. Siendo la celebración de la misa y la procesión las de mayor carácter religioso 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.

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

## 8.5. ESTUDIOS ECONÓMICOS

### 8.5.1. PRESUPUESTO DE OBRA

Se elaboró un presupuesto a partir del diseño conceptual, para la alternativa de periodos de retorno seleccionada. En este anexo se incluye el presupuesto para el puente de 30 m de longitud.

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.

A continuación, se incluyen los presupuestos para el puente, y los accesos que conectan con la vía existente. El resumen se incluyó en la sección 7.

DATOS GENERALES		
Longitud desde los estribos	M	30.00
Longitud losas de aproche	M	4.00
Longitud + losas de aproche	M	38.00
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
Altura estribos y pilas	M	4.00
Longitud vigas postensadas	M	29.30
Área puente sin aproches	M <sup>2</sup>	297.00

## PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE

Tabla 31: Presupuesto de construcción del puente puente Playa Rogelio

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		
1.4	Demolición puente badén existente	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>	715.00		
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	Suministro y Colocación de Acero en Pilotes (incluye manejo, fijacion 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>		0.00		
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/cm <sup>2</sup> + 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 - Cabecal de Pilotes, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>	M³	65.49		
7.1.2	Muro Fuste, f'c 350 kg/cm <sup>2</sup>	M³	55.45		
7.1.3	Pantalla, f'c 350 kg/cm <sup>2</sup>	M³	12.22		
7.1.4	Aletas, f'c 350 kg/cm <sup>2</sup>	M³	14.34		
7.2	<b>Estribo Lado 2</b>				
7.2.1	Zapata - Cabecal de Pilotes, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>	M³	65.49		
7.2.2	Muro Fuste, f'c 350 kg/cm <sup>2</sup>	M³	55.45		

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

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>	89.10		
7.3.2	Izaje 6Vigas postensadas de 29.30mts.	Ton	222.75		
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>	8.91		
7.4.2	Viguetas Extremas, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>	11.88		
7.5	<b>Losa del Tablero</b>		0.00		
7.5.1	Losa del Tablero, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>	74.25		
7.5.2	Bordillos Tipo New Jersey, f'c 280 kg/cm <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>	23.67		
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	29.70		
9.3	Llenado de Juntas en losas con neopreno líquido	M	59.40		
9.5	Desagüe en tubos de 4"	UD	30.00		
9.6	Pintura muros de defensa tipo New Jersey	M <sup>2</sup>	243.20		
9.7	Resane de superficies en Estribo, bordillos, New Jersey y aceras	M <sup>2</sup>	280.88		
<b>10</b>	<b>SOLUCIONES AMBIENTALES</b>				
10.1	Mitigación y otras recomendaciones del EIA	PA	1.00		
<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

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

CUANTIAS A UTILIZAR	QQ/M3
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 ACCESOS DEL PUENTE Y MEJORAS DEL CAMINO

Tabla 32 Presupuesto de construcción accesos al puente Playa Rogelio y mejoras al camino

No.	PARTIDA / ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>1</b>	<b>TRABAJOS GENERALES</b>				
1.1	Ingeniería (Incluido en puente)				
1.2	Mantenimiento del Tránsito	PA	1.00		
1.3	Campamento (Incluido en puente)				
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				
2.01	Limpieza desmonte y destronque área tipo A	Ha	0.1		
2.02	Remoción y recolocación de Alambrada	M	360.00		
2.3.2	<b>Excavación en Material No Clasificado:</b>				
a	c) Con sobre acarreo	M³n	660.00		
2.3.3	<b>Excavación Material Inservible</b>				
a	Con equipo	M³n	165.00		
2.3.4	Excavación de Préstamo, caso I, 1er. km. con acarreo libre	M³n	792.50		

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

2.3.6	<b>Relleno</b>				
a	Para conforma explanación	M <sup>3</sup> c	594.00		
b	Bajo aceras	M <sup>3</sup> c	40.00		
2.3.13	Escarificación de superficie	M <sup>2</sup>	1,200.00		
2.3.14	Escarificación entre capas de relleno	M <sup>2</sup>	1,200.00		
2.4.1	<b>Acarreo adicional</b>				
a	Material Inservible (10 km)	M <sup>3</sup> e	2,227.50		
b	e) Material de aceras ,contenes	M <sup>3</sup> e-Km	1,040.00		
2.4.2	Acarreo adicional material de préstamo (20 km.)	M <sup>3</sup> e-Km	20,605.00		
2.4.3	Acarreo adicional material de Base (40 km.)	M <sup>3</sup> e-Km	8,280.00		
2.4.4	Acarreo adicional material de Sub Base (30km.)	M <sup>3</sup> e-Km	9,000.00		
2.5.1	Excavación para estructuras hasta 1.5 m. de Prof.	M <sup>3</sup> n	50.00		
2.6.1	Terminación de sub-rasante	M <sup>2</sup>	1,200.00		
<b>3</b>	<b>SUB-BASE Y BASE</b>				
3.1.4	Sub Base granular natural (incluye acarreo del 1er. km.)	M <sup>3</sup> c	240.00		
3.1.7	Base Granular Triturada (incluye Ac. 1er. KM)	M <sup>3</sup> c	180.00		
<b>4</b>	<b>CAPA DE RODADURA</b>				
4.1	Suministro hormigón asfáltico (2")	M <sup>3</sup> c	60.96		
4.2	Aplicación	km	60.96		
4.3	Transporte (45 km)	M <sup>3</sup> c	60.96		
4.4	Suministro de AC-30	M <sup>3</sup> c	60.96		
4.5	Riego de adherencia	M <sup>2</sup>	1,200.00		
4.6	Riego de imprimación con gravilla @0.50 gl/m2	M <sup>2</sup>	1,200.00		
<b>5</b>	<b>SEGURIDAD VIAL</b>				
5.1	Bordillo y contén de hormigón vaciado en sitio (Hormigón Ind. 180 kg/cm2)	M	1,200.00		

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

5.2	Aceras de hormigón (Hormigón Ind. 180 kg/cm2)	M²	1,200.00		
	Canalizaciones revestidas de hormigón de agua pluvial	M²	204.00		
5.3	Señalización vial	PA	1.00		
<b>6</b>	<b>ILUMINACION VIAL</b>				
6.1	Postes de hormigón armado de 30 pies con luminarias de de 250W HPS 240V	UD	3		
6.2	Conductor para luminarias formado por: 2C thhn No.10, 1C thhn No.12, en ducto PVC de 3/4"ϕ	PA	1.00		
<b>7</b>	<b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>				
7.1	Medio ambiente y arborización	PA	1.00		
7.2	Salud y seguridad ocupacional	PA	1.00		
7.3	Limpieza final	PA	1.00		

Fuente: IDOM-VNG

## 8.6. 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.

Se elaboraron los siguientes planos:

#### Planos elaborados para el conjunto

- Localización del proyecto
- Planta General
- Planta levantamiento topográfico

#### Planos elaborados para el puente

- Planta dimensionada-perfil
- Sección tipo

#### Planos elaborados para el camino

- Planos de planta y perfil
- Señalización vial

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

## ÍNDICE DE TABLAS, MAPAS, GRÁFICOS, ILUSTRACIONES

### TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del puente Playa Rogelio propuesto .....	19
Tabla 2: Puntos de control georreferenciados .....	30
Tabla 3: Resultados de los sondeos obtenidos a partir de (SEV) puente PLAYA ROGELIO. ....	34
Tabla 4: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante para el periodo de retorno de 2 años. ....	36
Tabla 5: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante para el periodo de retorno de 10 años. ....	36
Tabla 6: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante para el periodo de retorno de 50 años. ....	36
Tabla 7: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante para el periodo de retorno de 100 años. ....	37
Tabla 8: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante para el periodo de retorno de 200 años. ....	37
Tabla 9: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante para el periodo de retorno de 500 años. ....	37
Tabla 10: Resumen de costos de construcción del puente Playa Rogelio, accesos y mejoras al camino. ....	43
Tabla 11: Resultados de los sondeos obtenidos partir de (SEV) puente Playa Rogelio. ....	64
Tabla 12: Características de las estaciones pluviométricas. ....	72
Tabla 13: Precipitación (mm/día) por estación y periodo de retorno .....	73
Tabla 14: Instrumentos utilizados en la TRMM. ....	74
Tabla 15: Bandas de la TRMM. ....	74
Tabla 16: Instrumentos utilizados en la GPM. ....	75
Tabla 17: Lista de distribuciones utilizadas. ....	76
Tabla 18: NEX/GDDP GCMs .....	80
Tabla 19: Método no paramétrico de Mann Kendall y pendiente de Sen por dataset. ....	83
Tabla 20. Número de curva para condición antecedente de humedad II según el uso del suelo y su grupo hidrológico. ....	88
Tabla 21: Parámetros para el cálculo de abstracciones del río Magante. ....	95
Tabla 22: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante para el periodo de retorno de 2 años. ....	96
Tabla 23: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante para el periodo de retorno de 10 años. ....	96
Tabla 24: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante para el periodo de retorno de 50 años. ....	97

Tabla 25: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante para el periodo de retorno de 100 años. ....	97
Tabla 26: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante para el periodo de retorno de 200 años. ....	97
Tabla 27: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Magante para el periodo de retorno de 500 años. ....	97
Tabla 28: Cotas máximas del agua en cada sitio de estudio para distintos períodos de retorno ....	102
Tabla 29: Costes de construcción (inversión inicial) para cada periodo de retorno analizado. ....	106
Tabla 30: Inversión inicial, coste del riesgo y coste total para cada periodo de retorno de diseño. .	109
Tabla 31: Presupuesto de construcción del puente Playa Rogelio .....	115
Tabla 32 Presupuesto de construcción accesos al puente Playa Rogelio y mejoras al camino .....	118

### MAPAS

Mapa 1. Ubicación del proyecto Villa Magante .....	12
Mapa 2 Precipitación para un periodo de retorno de 2 años.....	78
Mapa 3 Precipitación para un periodo de retorno de 10 años.....	78
Mapa 4 Precipitación para un periodo de retorno de 50 años.....	79
Mapa 5 Precipitación para un periodo de retorno de 100 años.....	79
Mapa 6 Proyección histórica con un periodo de retorno de 100 años. ....	81
Mapa 7 RCP 4.5 para el periodo 2046- 2070, con un periodo de retorno de 100 años. ....	81
Mapa 8 RCP 8.5 para el periodo 2046- 2070, con un periodo de retorno de 100 años. ....	82
Mapa 9 Comparativa calados máximos en el río Magante. Periodos de retorno de 2, 10, 50, 100, 200 y 500 años. ....	101

### GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño. ....	42
Gráfico 2. Hidrograma en cada ubicación de un puente dentro de la Cuenca del río Magante, para el modelo de TR 100 años.....	96
Gráfico 3. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño. ....	108
Gráfico 4. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño. ....	110

### ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación del puente Playa Rogelio .....	7
Ilustración 2. Vistas de Playa Rogelio .....	8
Ilustración 3: Problemas que requieren mejoras– Badén a cielo abierto, falta de drenaje longitudinal y grieta .....	9

Ilustración 4. Situación actual. Imágenes superiores del camino, inferiores del puente badén existente .....	9
Ilustración 5: Condiciones del puente badén existente .....	10
Ilustración 6: Principales obras de drenaje en el camino .....	11
Ilustración 7: Trazado general del camino Villa Magante-Playa Rogelio.....	12
Ilustración 8: Alturas del puente para una longitud de 30 m, para los diferentes periodos de retorno analizados.....	16
Ilustración 9: Conjunto del proyecto.....	17
Ilustración 10: Variantes para el nuevo puente .....	18
Ilustración 11: Planta dimensionada del nuevo puente .....	20
Ilustración 12: Elevación del puente Playa Rogelio .....	20
Ilustración 13. Sección tipo propuesta en el camino vecinal en la comunidad Las Espinas .....	21
Ilustración 14: Detalle sección transversal del puente Playa Rogelio .....	21
Ilustración 15: Detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado .....	22
Ilustración 16: Detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado .....	23
Ilustración 17: Detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado .....	23
Ilustración 18: Planta del tramo de acceso al puente.....	24
Ilustración 19: Elevación y perfil del tramo de acceso al puente.....	24
Ilustración 20: Planta del tramo de salida del puente en Playa Rogelio.....	25
Ilustración 21: Elevación y perfil del tramo de salida .....	25
Ilustración 22. Ubicación del nuevo puente, del badén existente y nuevo trazado de los accesos....	26
Ilustración 23: Planta general del levantamiento topográfico incluyendo curvas de nivel .....	33
Ilustración 24: Localización de los sondeos (SEV) realizados.....	34
Ilustración 25: Detalle tipo de fundación con pilotes de hormigón .....	35
Ilustración 26 Malla de cálculo no estructurada desarrollada para el modelo hidráulico del tramo analizado del río Magante (Modelo IBER). .....	38
Ilustración 27 Mapa comparativo de calados máximos del río Magante. Situación actual.....	38
Ilustración 28 Cotas del agua en la sección transversal del puente badén actual en el río Magante. Periodo de retorno de 2 años (Modelo HEC-RAS). .....	39
Ilustración 29 Mapa de calados máximos del tramo modelizado del río Magante para la situación futura de la infraestructura propuesta. Periodo de retorno 200 años. ....	40
Ilustración 30 Cotas del agua alcanzadas en la sección transversal de la propuesta de diseño del nuevo puente en el río Magante aguas arriba (izquierda) y aguas abajo (derecha). ....	40
Ilustración 31: Terrenos afectados fuera de la calzada actual .....	41
Ilustración 32. Área estimada prevista para el levantamiento topográfico .....	60
Ilustración 33: Tabla periódica de Resistividad de metales puros.....	61
Ilustración 34: Localización de los sondeos (SEV) realizados.....	63
Ilustración 35: Estratigrafía a partir de (SEV) lado Este .....	65

Ilustración 36: Estratigrafía a partir de (SEV) lado Oeste .....	66
Ilustración 37: Sismicidad histórica ubicada en mapa tectónico de la Placa Caribe (Dollan et al., 1998). .....	67
Ilustración 38: Sismicidad histórica ubicada en mapa tectónico de la Placa Caribe (Dollan et al., 1998). .....	68
Ilustración 39: Geología de la zona del proyecto. ....	70
Ilustración 40: Localización de las estaciones pluviométricas.....	72
Ilustración 41: Precipitación (mm/día) por estación y periodo de retorno.....	73
Ilustración 42: Extracción de la banda de precipitación principal y creación un nuevo dataset con datos de precipitación diarios. ....	74
Ilustración 43: Extracción de centroides. ....	75
Ilustración 44: Localización de los centroides de TRMM. ....	75
Ilustración 45: Ensamble de datasets. ....	76
Ilustración 46: Calibración de centroides asignados a estaciones. ....	77
Ilustración 47: IDW con el valor de la calibración.....	77
Ilustración 48: Dataset de precipitaciones calibrado. ....	77
Ilustración 49: Pendiente de Sen para el dataset RCP 4.5 (2046-2070).....	83
Ilustración 50: Pendiente de Sen para el dataset estaciones (1998-2019). ....	84
Ilustración 51: Pendiente de Sen para el dataset histórico (1970-2005).....	84
Ilustración 52: Pendiente de Sen para el dataset TRMM/GPM (1998-2019). ....	85
Ilustración 53 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) Zona 10 Miami (Estado de Florida, USA). .....	86
Ilustración 54. Hidrograma unitario del SCS .....	87
Ilustración 55: Usos de suelo en la cuenca del río Magante. ....	90
Ilustración 56: Geología en la cuenca del río Magante. ....	90
Ilustración 57: Clasificación frente al drenaje en la cuenca del río Magante.....	91
Ilustración 58: Número de Curva en la cuenca del río Magante .....	91
Ilustración 59. Modelo hidrológico HEC-HMS de la Cuenca del río Magante .....	94
Ilustración 60 Ejemplo de Malla de cálculo no estructurada desarrollada para el modelo hidráulico del tramo analizado del río Magante.....	98
Ilustración 61 Geometría basada en secciones transversales para el modelo del Río Magante .....	100
Ilustración 62 Sección transversal del puente actual y lámina de agua para avenidas de 2 años de periodo de retorno. (Modelo HEC-RAS). ....	102
Ilustración 63 Mapa de calados máximos del tramo modelizado del río Magante para la situación futura de la infraestructura propuesta. Periodo de retorno 200 años. ....	103
Ilustración 64 Cotas del agua alcanzadas en la sección transversal de la propuesta de diseño del nuevo puente en el río Magante (aguas arriba). ....	103

Ilustración 65 Cotas del agua alcanzadas en la sección transversal de la propuesta de diseño del nuevo puente en el río Magante (aguas abajo)..... 104  
Ilustración 66: Terrenos afectados..... 106