ETSI CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

TRABAJO FIN DE MÁSTER

PLAN DE MITIGACIÓN DE INUNDACIONES EN BAJOS DE HAINA (REPÚBLICA DOMINICANA)

Autor: José Antonio Moraleda Mesa

Tutor: Ana Belén Berrocal Menárguez

Curso académico: 2017/2018

ÍNDICE

Agradecimientos**.....1**
Resumen**.....2**
Summary**.....2**
1. Introducción.....3
2. Ámbito de actuación.....3
2.1. Ubicación geográfica.....3
3. Antecedentes.....4
3.1. Breve introducción histórica de la República Dominicana.....4
3.2. Selección de la zona de estudio.....8
3.3. Historia de Bajos de Haina.....14
4. Objetivos del plan.....21
5. Marco normativo.....24
5.1. Gestión de las aguas superficiales y pluviales.....26
5.1.1. Antecedentes.....27
5.1.2. Marco institucional.....28
5.1.3. Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario.....29
5.2. Gestión de las aguas residuales.....35
5.2.1. Antecedentes.....36
5.2.2. Situación actual.....37
5.2.3. Marco institucional.....41
5.2.4. Estrategia Nacional de Saneamiento (ENS).....44
5.3. Gestión de los residuos sólidos urbanos.....53
5.3.1. Antecedentes.....55
5.3.2. Gestión integral de los residuos sólidos.....56
5.3.3. Marco legal.....56
5.3.4. Líneas generales.....57
6. Análisis y diagnóstico de la zona de estudio.....73
6.1. Descripción del clima.....73
6.1.1. Descripción general del clima y datos climáticos de interés.....73
6.1.2. Temperatura.....75
6.1.3. Vientos.....77
6.1.4. Precipitación.....80
6.1.5. Humedad relativa y evaporación.....81

6.1.6. Diagnóstico del clima……82
6.2. Usos del suelo……83
6.2.1. Morfología urbana……83
6.2.2. Sistemas de comunicación: vialidad y accesos……83
6.2.3. Usos del suelo……84
6.2.4. Estudio diacrónico……86
6.3. Estudio social y económico……92
6.3.1. Introducción a la realidad social de República Dominicana……92
6.3.2. Perfil sociológico……93
6.3.3. Análisis económico……117
6.3.4. Análisis DAFO……120
6.4. Estudio hidrológico……121
6.4.1. Determinación de cuenca, subcuenca y microcuencas……121
6.4.2. Jerarquización de cauces de la subcuenca……122
6.4.3. Cálculo de caudales……123
6.4.4. Modelo de inundación……126
6.5. Áreas protegidas……129
6.6. Gestión de las aguas superficiales y pluviales……129
6.7. Gestión de las aguas residuales……131
6.8. Gestión de los residuos sólidos urbanos……132
7. Soluciones frente a los problemas de drenaje existentes……135
7.1. Soluciones convencionales……135
7.1.1. Red convencional de aguas superficiales y pluviales……135
7.1.2. Canalizaciones a cielo abierto……138
7.1.3. Canalizaciones con sección cubierta……139
7.2. Sistemas urbanos de drenaje sostenible……141
7.2.1. ¿En qué consisten los SUDS?……141
7.2.2. ¿Qué problema se busca solucionar con este tipo de sistemas?……142
7.2.3. Objetivos de los SUDS……143
7.2.4. Tipologías de SUDS……144
7.2.5. ¿Dónde se usan los SUDS?……150
7.2.6. Conclusiones en la utilización de SUDS……151
8. Generación de alternativas o soluciones……152
9. Conclusiones: Posibilidades reales frente a la mitigación de inundaciones…159

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Esclavos africanos en plantaciones dominicanas – Fuente: La Vega Corazón RD

Ilustración 2 – Tratado de Ryswick – Fuente: Wordpress

Ilustración 3 – Juan Pablo Duarte, uno de los padres de la Patria y fundadores de la R.Dominicana – Fuente: Wikipedia

Ilustración 4 - Mapa de exposición multipeligro tomado del documento - Fuente: "Análisis de riesgos de desastres y vulnerabilidades en la República Dominicana".

Ilustración 5 – Motoconchos en R.Dominicana – Fuente: machbel.com

Ilustración 6 – Residuos sólidos en el cauce principal de Bella Vista – Fuente: Ilustración propia

Ilustración 8 – Invasión estadounidense de la R.Dominicana (1916-1924) – Fuente: Wikipedia

Ilustración 9 – Instalaciones portuarias e industriales en Bajos de Haina – Fuente: Wordpress

Ilustración 10- Mapa metropolitano de Bajos de Haina (1993) – Fuente: Wikipedia

Ilustración 11 – Logo de la ONG Arcoíris – Fuente: ONG Arcoiris

Ilustración 12 – Jornada de limpieza de las cañadas en el barrio de Bella Vista – Fuente: Ilustración propia

Ilustración 13 – Logos del INAPA y el CAASD – Fuente: INAPA y CAASD

Ilustración 14 – Canal encargado de la recogida de aguas pluviales y superficiales – Fuente: Contrapunto Noticias

Ilustración 15 – Descarga directa del colector Núñez de Cáceres – Fuente: Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario

Ilustración 16 – Descargas directas al río Ozama en el sector La Ciénaga – Fuente: Periódico elDinero

Ilustración 17 – Contaminación del río Isabela – Fuente: Listín Diario

Ilustración 18 – Contaminación del río Haina – Fuente: Listín Diario

Ilustración 19 - La cobertura del sistema de alcantarillado sanitario existente es insuficiente – Fuente: Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario

Ilustración 20 – Propuesta de Estrategia Nacional de Saneamiento – Fuente: INAPA

Ilustración 21 – Instituciones que intervienen en el sector Agua Potable y Saneamiento (APS) – Fuente: ENS

Ilustración 22– Componentes de la Estrategia Nacional de Saneamiento – Fuente: ENS

Ilustración 23– Bases para la conceptualización y formulación de la ENS – Fuente: ENS

Ilustración 23 – Pasos metodológicos para la formulación de la ENS – Fuente: ENS

Ilustración 24 – Ciudadanos dominicanos captando agua para consumo sin ser tratada previamente – Fuente: ENS

Ilustración 25 – Participación ciudadana en jornada de recogida de residuos sólidos – Fuente: ENS

Ilustración 26 – Concepto de sostenibilidad ambiental – Fuente: ENS

Ilustración 27 – Charlas de concienciación de valores en colegios – Fuente: ENS

Ilustración 28 – Planta de reciclaje del Cibao, empresa dedicada al tratamiento de residuos sólidos – Fuente: Recicladora del Cibao

Ilustración 29 – Construcción del vertedero controlado de Villa Altagracia – Fuente: Noticias Sin

Ilustración 30 - "Buzos" en plena recuperación de materiales en el vertedero de Duquesa – Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

Ilustración 31 – Recursos biomédicos en el vertedero de Haina - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

Ilustración 32 - Recuperación de botellas plásticas en el vertedero de Haina - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

Ilustración 33 - Camión en el proceso de recogida y transporte de residuos - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

Ilustración 34 - Descarga de residuos en la Estación de Transferencia del Ayuntamiento del Distrito Nacional - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

Ilustración 35 – Vertedero municipal de Higüey - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

Ilustración 36 – Vertedero de la Vega - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

Ilustración 37 - Basura depositada justo enfrente de letrero que indica la penalización con cárcel en caso de depositar basura en el espacio público - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

Ilustración 38 - Residuos sólidos y aguas negras en la Av. Prolongación Independencia - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

Ilustración 39 - Zafacones a partir de plástico reciclado fabricados en el país - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

Ilustración 40 – Tormenta tropical Erika – Fuente: El Periódico

Ilustración 41 – Representación global de las isotermas anuales

Ilustración 42 – Brisas

Ilustración 43 – Ruta de los huracanes durante el año 1998 – Fuente: meteorologiard.org

Ilustración 44 – Paso del huracán Irene (2017)

Ilustración 45 – Mapa de precipitación media multianual en República Dominicana (1971-2000)

Ilustración 46 - Inundaciones en Santo Domingo, tras el paso de una tormenta tropical en 2007 – Fuente: EFEVerde

Ilustración 47– Autopista 6 de noviembre

Ilustración 48 – Desorden urbano debido a la falta de planificación en Bajos de Haina – Fuente: acoprovi.org

Ilustración 49 – Porcentaje de áreas rurales y urbanas en Bajos de Haina (2010)

Ilustración 50 – Porcentaje de grupos de edades en Bajos de Haina (2010)

Ilustración 51 – Distribución de edad en Bajos de Haina (2010)

Ilustración 52 – Aplicación móvil ODK Collect con la que se realizaron las encuestas

Ilustración 53 – Realización de encuestas a la población de Bella Vista – Fuente: Ilustraciones propias

Ilustración 54 – Factores de la sostenibilidad social

Ilustración 55 – Puerto de Bajos de Haina – Fuente: SkyScraperCity

Ilustración 56 – Inundación y condiciones habitacionales precarias en el barrio de Bella Vista – Fuente: Ana Moyano

Ilustración 57 – Ejemplo de determinación del orden de los cauces de una cuenca – Fuente: Ingeniería Hidrológica – Leonardo S. Nanía y Manuel Gómez Valentín

Ilustración 58 – Simulación de la transformación lluvia-caudal a partir de la tormenta de proyecto – Fuente: Elaboración propia

Ilustración 59 – Tabla resumen para cada período de retorno de los caudales pico en cada sección de la subcuenca - Fuente: Elaboración propia

Ilustración 60 – Gráficos donde se distingue el agua que transcurre por superficie y la parte que se infiltra en cada microcuenca para cada período de retorno de estudio– Fuente: Elaboración propia

Ilustración 61 – Gráficos de la variación de caudales en las confluencias de los cauces– Fuente: Elaboración propia

Ilustración 62 – Vista en 3D del DEM y los 3 cauces de estudio – Global Mapper– Fuente: Elaboración propia

Ilustración 63 – Importación de geometría de los 3 cauces de estudio a HEC-RAS 5.0.1– Fuente: Elaboración propia

Ilustración 64 – Resultados del modelo de inundación en 3D– Fuente: Elaboración propia

Ilustración 65 – Residuos sólidos depositados en los cauces – Fuente: Ilustración propia

Ilustración 66 – Limpieza de cañadas por parte del Ayuntamiento de Bajos de Haina – Fuente: Ilustración propia

Ilustración 67 – Pozo séptico en vivienda para la descarga de aguas negras – Fuente: Ilustración propia

Ilustración 68 – Quema de basura en los cauces – Fuente: Ilustraciones propias

Ilustración 69 – Acumulación de basura en la cañada de Bella Vista – Fuente: Ilustración propia

Ilustración 70 – Acumulación de basura aguas debajo de la cañada de Invicea – Fuente: Ilustraciones propias

Ilustración 71 – Folleto de concienciación ciudadana en materia de gestión de residuos sólidos – Fuente: Lucía Navarro de Corcuera

Ilustración 72 – Red convencional de pluviales y residuales unitaria – Fuente: Blogplastics

Ilustración 73 – Red convencional de pluviales y residuales separativa – Fuente: Blogplastics

Ilustración 74 – Sistema de drenaje convencional separativo e imbornal – Fuente: Blogplastics

Ilustración 75 – Canalización a cielo abierto con sección trapecial – Fuente: P.A.Muñoz Burgos

Ilustración 76 – Canalización a cielo abierto con sección rectangular de hormigón armado – Fuente: Pedro Antonio Muñoz Burgos

Ilustración 77 – Canalización con sección cubierta de hormigón armado – Fuente: Imágenes Google

Ilustración 78 – Canalización rectangular de HA con losa – Fuente: Pedro Antonio Muñoz Burgos

Ilustración 79 – Tubería de HA con relleno natural – Fuente: Blogplastics

Ilustración 80 – Tubería de HA con relleno natural y losa de HA – Fuente: Blogplastics

Ilustración 81 – Sumidero filtrante – Fuente: Atlantis

Ilustración 82 – Pavimento permeable – Fuente: VIX

Ilustración 83 – Zanjas filtrantes o drenantes – Fuente: Wordpress

Ilustración 84 – Pavimento permeable con pozo de absorción – Fuente: Sodimac

Ilustración 85 – Green roof – Fuente: Ecologismos

Ilustración 86 – Water butts superficiales y subterráneos – Fuente: icasasecologicas

Ilustración 87 – Tanque de tormenta elevado – Fuente: Imágenes Google

Ilustración 88 – Parking permeable vegetado – Fuente: Vulka

Ilustración 89 – Bulevar de infiltración – Fuente: SUD Sostenible

Ilustración 90 – Jardín de lluvia – Fuente: GeoHabitar

Ilustración 91 – Estanque de retención – Fuente: ResearchGate

Ilustración 92 – Cuneta verde – Fuente: Circulo Verde

Ilustración 93 – Hidrograma de caudal tipo – Fuente: Propia. Programa HEC-HMS

Ilustración 94 – Residuos sólidos acumulados en la cañada de Invicea – Fuente: Ilustración propia

Ilustración 95 – Inundaciones en San Cristóbal – Fuente: Listín Diario

Ilustración 96 – Viviendas muy próximas al cauce de la cañada del barrio de Invicea – Fuente: Ilustración propia

Ilustración 97 – Zona verde en el barrio cercana al paso de la cañada de Bella Vista que podría utilizarse para implantar un elemento tipo SUDS

Ilustración 98 – Red condominial – Sistemas condominiales de alcantarillado sanitario. Proyecto piloto El Alto – Bolivia

Ilustración 99 – Alternativas de trazado de los ramales condominiales – Sistemas condominiales de alcantarillado sanitario. Proyecto piloto El Alto – Bolivia

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos generales de la provincia de San Cristóbal

Tabla 2 – Municipios más vulnerables dentro de la provincia de San Cristóbal

Tabla 3 – Población proyectada para Santo Domingo y su provincia (Los datos de 2002 corresponden al Censo de la ONE)

Tabla 4 – Subsistemas y sistemas de tratamiento – Fuente: Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario

Tabla 5 – Tabla resumen 1 de los problemas a abordar por la ENS (Fuente: INAPA)

Tabla 6 – Tabla resumen 2 de los problemas a abordar por la ENS (Fuente: INAPA)

Tabla 7 – Tabla resumen 3 de los problemas a abordar por la ENS (Fuente: INAPA)

Tabla 8 – Tabla resumen 4 de los problemas a abordar por la ENS (Fuente: INAPA)

Tabla 9 – Tabla resumen de los datos climáticos generales de Bajos de Haina

Tabla 10 – Clasificación de los usos del suelo en la zona de estudio – Fuente: Elaboración propia

Tabla 11 – Parámetro CN y su correspondiente % de impermeabilidad asociado – Fuente: Elaboración propia

Tabla 12 – Tabla resumen de los usos del suelo y una serie de parámetros para medir la impermeabilidad – Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 – Crecimiento poblacional desde el año 1935 hasta el 2002 – Fuente: ONE

Tabla 14 – Puntuación media de cada temática basada en los resultados de las encuestas

Tabla 15 – Ejes de la sostenibilidad social

Tabla 16 – Análisis DAFO del municipio Bajos de Haina

Tabla 17 – n de Manning para diferentes tipos de corrientes naturales

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a varias personas y entidades la ayuda que me han prestado en la realización de este Trabajo Fin de Máster. Entre ellas, y en primer lugar, a mi tutora Ana Belén Berrocal Menárguez, por haber estado dispuesta a dedicarme su tiempo y su conocimiento ante los problemas que me han ido surgiendo a lo largo de la redacción del proyecto.

En segundo lugar, me gustaría agradecer la implicación y ayuda por parte de la ONG Arcoíris, y en especial a Ana Moyano Molina, Lucía Navarro de Corcuera y Carlos Arias. Durante mi estancia en Santo Domingo me hicieron sentir como en casa en todo momento y estuvieron pendientes de resolverme cualquier consulta, duda, u otras tareas relativas al trabajo. También me gustaría agradecer a Stalin Acosta por su ayuda para conseguir los datos de lluvia de una estación meteorológica cercana a la zona de estudio y para realizar ciertos cálculos en la parte de estudios hidrológicos.

Por último, me gustaría mencionar a mi compañero Pedro Antonio Muñoz Burgos por su ayuda en ciertas etapas del proyecto, a Yssamar Reyes y su familia, que nos abrieron las puertas de su casa cada vez que tuvimos que ir a Bella Vista a realizar trabajos de campo y a los vecinos del barrio que dedicaron parte de su tiempo para acompañarnos en la fase de encuestas.

Sin la ayuda de todos ellos no hubiera sido posible la realización de este proyecto, por lo que se lo agradezco a todos de corazón.

RESUMEN

Este Trabajo Fin de Máster se basa en la mitigación de inundaciones en tres barrios de Bajos de Haina, un municipio cercano a Santo Domingo, capital de la República Dominicana. Antes de proponer soluciones, se ha llevado a cabo un análisis y diagnóstico exhaustivo de la zona de proyecto. Se han considerado todos los condicionantes posibles, desde el clima, los usos del suelo y la situación social y económica del área de estudio hasta un estudio hidrológico detallado con un modelo de inundación que nos indica las zonas más vulnerables. También se han tenido en cuenta las áreas protegidas y cómo se gestionan las aguas pluviales, superficiales, residuales y residuos sólidos urbanos considerando la normativa existente en la actualidad para estas materias.

Una vez identificados los principales problemas que presenta la zona, se han establecido una serie de soluciones. Primero se han identificado soluciones de drenaje, con el fin de resolver el problema de las inundaciones y posteriormente se han definido unas líneas de acción generales, por orden de prioridad, que buscan el gradual progreso de la zona.

SUMMARY

This Final Project is based on the mitigation of floods in three neighborhoods of Bajos de Haina, a municipality close to Santo Domingo, capital of the Dominican Republic. Before proposing solutions, an exhaustive analysis and diagnosis of the project area has been carried out. All possible conditions have been considered, from the climate, the land uses and the social and economic situation of the study area to a detailed hydrological study with a flood model that indicates the most vulnerable areas. Protected areas have also been taken into account and how rainwater, surface water, wastewater and urban solid waste are managed, considering the regulations related to these matters.

Once the main problems that the area presents have been identified, a series of solutions have been established. First, drainage solutions have been identified in order to solve the problem of flooding and later general lines of action have been defined in order of priority. All of them seek a gradual progress of the area.

1. INTRODUCCIÓN

Este documento propone un plan de acción para mitigar las inundaciones recurrentes que se producen en una serie de barrios vulnerables en el municipio de Bajos de Haina (República Dominicana).

En primer lugar, se van a definir los antecedentes y objetivos del plan, seguidos de la normativa vigente en el país dominicano en materia de aguas superficiales, pluviales, residuales y de gestión de residuos sólidos. A partir de toda esta información se va a llevar a cabo un análisis exhaustivo de todos los aspectos de interés de la zona (aspectos climáticos, económicos, sociales, hidrológicos, usos del suelo, áreas protegidas, etc.) y con los resultados de dicho análisis se define un diagnóstico de toda la problemática que repercute a la zona de estudio.

Partiendo de dicho diagnóstico se plantean una serie de soluciones posibles frente a los problemas existentes, en los que se han expuesto tanto soluciones convencionales como soluciones de drenaje sostenible.

Por último, se exponen las conclusiones y líneas generales a seguir, obtenidas gracias al estudio, análisis y diagnóstico previos.

2. ÁMBITO DE ACTUACIÓN

2.1. Ubicación geográfica

La República Dominicana junto con la República de Haití, conforman lo que se conoce como la Isla de la Española. Dos terceras partes de ésta, en la parte este, son ocupadas por territorios dominicanos.

La ubicación de República Dominicana ligeramente al norte del ecuador, sitúa al país dentro del área del Trópico de Cáncer, lo que provoca que en la isla el clima sea bastante cálido a lo largo de todo el año.

Los límites geográficos del país quedan definidos al este por el Canal de La Mona, al norte por el Océano Atlántico, al sur por el Mar Caribe o el Mar de Las Antillas y al oeste por La República de Haití.

La ubicación exacta es la siguiente: entre los 68º19' y 72º31' de longitud oeste y los 17º36' y 19º56' de latitud norte.

La capital es Santo Domingo, y este plan se centra en el municipio de Bajos de Haina, en el interior de la provincia de San Cristóbal. Las coordenadas geográficas donde se encuentra ubicado Bajos de Haina son 18°25 N 70°02 O. Se encuentra en el litoral sur de la Republica

Dominicana, en el SE de la provincia San Cristóbal, dentro de la subregión denominada Valdesia. En la siguiente tabla se encuentran las coordenadas, superficie, número de habitantes y provincia a la que pertenece Bajos de Haina:

Coordenadas	Superficie	Población	Provincia
18°25'N 70°02'O	38.49 km^2	124.193	San Cristóbal

Tabla 1- Datos generales de la provincia de San Cristóbal

Bajos de Haina queda limitado al norte por la sección Manoguayabo del municipio Santo Domingo Este, al este por el río Haina, al oeste por el arroyo Itabo separándolo de Nigua y al sur por el Mar Caribe.

La extensión del municipio ronda los 40 kilómetros cuadrados, siendo uno de los municipios con menor extensión del país. Su área rural, las zonas de El Carril y La Pared, rondan los 26 kilómetros cuadrados siendo un 64% de la superficie total del municipio, mientras que su área urbana ronda el 36% de la superficie total, es decir, unos 14,5 kilómetros cuadrados.

Bajos de Haina será el punto geográfico de partida en el estudio, focalizando la atención en los barrios de Invicea, Villa Penca y Bella Vista. En el ***Plano Nº1 de Localización de la zona de estudio*** se puede ver con detalle la localización de la zona de interés.

3. ANTECEDENTES

3.1. Breve introducción histórica de la República Dominicana

En 1942 se produce el establecimiento del primer fuerte en La Española y la isla fue rebautizada con este nombre. Comienza en este momento un proceso de transculturación que caracteriza al ciudadano dominicano como hijo del encuentro entre culturas producto del mestizaje: “pueblo mestizo en sus creencias y costumbres, mestizo del español conquistador y del africano esclavo, con alguna gota de sangre indígena en sus nostalgias".

La Española fue una de las primeras colonias europeas y en este momento su capital, Santo Domingo en la actualidad, tenía el nombre de Ciudad Primada de América. En estos años se inauguraron las primeras instituciones sociales y culturales y se construyeron las primeras iglesias, fortalezas, hospitales, monumentos, universidades y la primera catedral.

La isla contaba con grandes recursos minerales y plantaciones azucareras que dieron muchos beneficios hasta finales del siglo XVI. Sin embargo, se fue produciendo el agotamiento de las minas auríferas provocando una ola migratoria que redujo considerablemente la población de la isla. Este fue un momento ideal para bucaneros franceses que se adueñaron de la parte occidental de la isla y utilizaron esta zona para el contrabando y para fundar Saint Domingue, zona que utilizaron para la explotación de plantaciones con esclavos africanos.

Ilustración 1 – Esclavos africanos en plantaciones dominicanas – Fuente: La Vega Corazón RD

Debido a la llegada de esclavos a la isla, se produjo una fusión social y cultural, que se manifiesta debido al surgimiento de diferentes grupos étnicos: zambos, mulatos, mestizos y negros ladinos. Esta mezcla da lugar a los valores culturales del dominicano actual, donde hay predominio de la cultura más fuerte sobre la más débil, aunque hay rasgos de todas ellas.

España mantenía un control económico cerrado con la isla, lo que propició que el resto de potencias colonialistas europeas llevasen a cabo un comercio ilegal con los diferentes pueblos de América. Como se ha comentado con anterioridad, esto produjo el contrabando, despoblación y devastación de la zona occidental de la isla. Un hecho significativo fue la firma en 1697 del tratado de Ryswick, en el que España tolera la ocupación de la parte occidental por parte de los franceses.

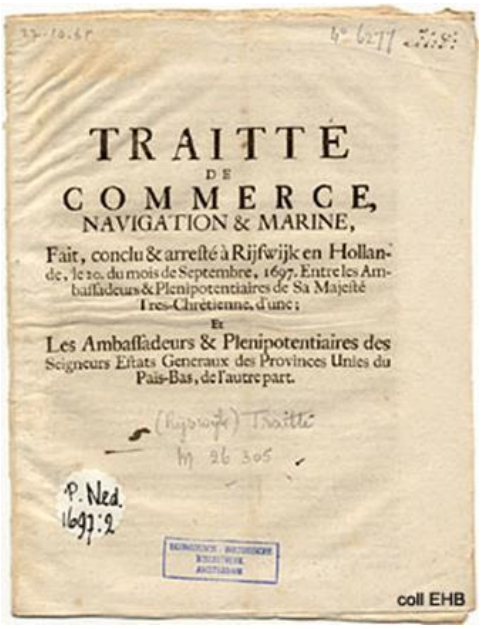

TRAITTÉ
DE
COMMERCE,
NAVIGATION & MARINE,
Fait, conclu & arreſté à Rijſwijk en Hollande, le 20. du mois de Septembre, 1697. Entre les Ambaſſadeurs & Plenipotentiaires de Sa Majeſté Tres-Chrétienne, d'une;
Et
Les Ambaſſadeurs & Plenipotentiaires des Seigneurs Eſtats Generaux des Provinces Unies du Pais-Bas, de l'autre part.
P. Ned. 1697:2
coll EHB

Ilustración 2 – Tratado de Ryswick – Fuente: Wordpress

Debido a este tratado, la isla se divide en dos naciones independientes: la parte occidental ocupada por los franceses y la parte oriental colonizada por los españoles. Este hecho provocó disputas entre los dos potencias colonizadoras entre los siglos XVII y XVIII, provocando la división de la isla en dos estados en una isla con menos de 80.000 kilómetros cuadrados. Ambos estados manifiestan evidentes diferencias en el ámbito social, cultural, histórico, económico y político. Esta división culmina con el Tratado de Aranjuez en 1777, debido a las recurrentes guerras entre los dos estados para hacerse con el control total de la isla. Este tratado estableció fronteras entre ambos territorios. Además, los enfrentamientos bélicos entre las potencias europeas van a repercutir en el desarrollo económico de la isla.

Debido al Tratado de Basilea en 1795, debido a la devolución por parte de los franceses de la parte norte de la península ibérica, España cede la colonia de Santo Domingo a los franceses.

La parte oriental de la isla es invadida en 1801 por Toussaint Louverture y Francia envía en 1802 a Leclerc, cuñado de Napoleón, para reclamar ese territorio. Santo Domingo es gobernado por los franceses durante 6 años hasta que son expulsados por un grupo de dominicanos liderados por Juan Sánchez Ramírez, logrando recuperar la parte oriental al dominio de España. Pero en 1822, Santo Domingo vuelve a ser invadida por haitianos y no logran derrotarlos hasta 1844 gracias a un grupo de patriotas dominicanos liderados por Juan

Pablo Duarte, proclamando el Estado independiente de la República Dominicana. Debido a diferencias internas se imposibilitó el desarrollo de las instituciones gubernamentales y una nueva alianza con España, lo que provocó la conocida Guerra de La Restauración y la vuelta a la República.

Ilustración 3 – Juan Pablo Duarte, uno de los padres de la Patria y fundadores de la R.Dominicana – Fuente: Wikipedia

En 1916, tropas americanas ocuparon el territorio hasta 1924, hecho que se repitió en 1965 con un golpe militar ya que se extendió la idea en la isla de que se pretendía establecer al comunista Juan Bosch como presidente. Después de la dictadura de Rafael L. Trujillo, que tuvo una duración de 31 años, Bosch ganó la primera elección democrática.

El sistema democrático y la estabilidad política fueron reinstaurados en 1966, celebrándose elecciones cada 4 años:

- 1966-1978 gobierna Joaquín Balaguer Ricardo del Partido Reformista, por tres legislaturas consecutivas.
- 1978-1982 gobierna Antonio Guzmán Fernández, del Partido Revolucionario Dominicano.
- 1982-1986 gobierna Salvador Jorge Blanco, del Partido Revolucionario Dominicano.

• 1986-1996 gobierna de nuevo Joaquín Balaguer, del Partido Reformista Social Cristiano, durante dos legislaturas y media, debido a la reforma del sistema electoral.

• 1996-2000 gobierna el Leonel Fernández Reyna, del Partido de la Liberación Dominicana (PLD).

• 2000-2004 gobierna el Hipólito Mejía del Partido Revolucionario Dominicano (PRD).

• 2004 hasta 2012 el presidente es el Leonel Fernández Reyna, del Partido de la Liberación Dominica (PLD).

• 2012 hasta la actualidad el presidente es Danilo Medina, del Partido de la Liberación Dominicana (PLD).

3.2. Selección de la zona de estudio

La pregunta que puede surgir inmediatamente después de conocer la historia del enclavamiento es: ¿Por qué Bajos de Haina y no cualquier otro municipio castigado de la isla?

Bajos de Haina está incluido dentro del listado de los 47 municipios más vulnerables de la República Dominicana. Este listado se ha realizado en el documento de "Priorización de municipios e infraestructura esencial en el marco de la Implementación del Plan Nacional de Gestión Integral del Riesgo de Desastres de Republica Dominicana de 2013" elaborado por la Dirección General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (DGODT), el Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyD) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Cabe destacar el hecho de que siendo la provincia de San Cristóbal una de las que tiene una mayor exposición a amenazas, junto con la provincia de Barahona, el único municipio de toda la provincia con un alto nivel de vulnerabilidad es Bajos de Haina. Esto es un claro indicativo de las condiciones tan precarias que sufren los barrios de este municipio.

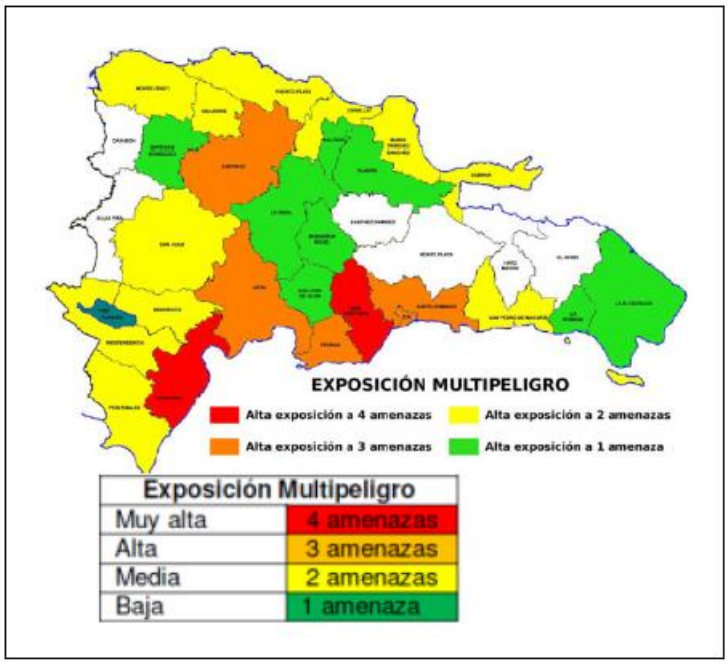


Ilustración 4 - Mapa de exposición multipeligro tomado del documento
Fuente: "Análisis de riesgos de desastres y vulnerabilidades en la República Dominicana".

Provincia	SAN CRISTÓBAL
Municipio	SAN CRISTÓBAL
Municipio	SABANA GRANDE DE PALENQUE
Municipio	BAJOS DE HAINA
Municipio	CAMBITA GARABITOS
Municipio	VILLA ALTAGRACIA
Municipio	YAGUATE
Municipio	SAN GREGORIO DE NIGUA
Municipio	LOS CACAOS

Tabla 2 – Municipios más vulnerables dentro de la provincia de San Cristóbal

Los municipios seleccionados se han ponderado en base a cuatro elementos de entrada:

• Oportunidades de fortalecer la resiliencia en estos municipios interviniendo factores de riesgo.

• Los factores de cohesión política y de coordinación efectiva potencial a lograr como fruto de la intervención.

• La densidad poblacional vulnerable en términos de mujeres, niños, ancianos, minusválidos, etc.

• Actividad productiva del municipio y su potencial afectación ante la amenaza de un riesgo de desastre.

Entre estos 47 municipios se llevó a cabo una preselección de los más vulnerables, teniendo en cuenta el "criterio de cantidad de población absoluta", tomando como factor de ponderación de mayor peso la población absoluta debido a dos factores:

1.- Para el desarrollo regional, los núcleos urbanos vinculados a las zonas más rurales son muy importantes ya que promueven el crecimiento económico y la inclusión social.

La mayor parte de los municipios en República Dominicana se podrían considerar como ciudades intermedias que experimentan un crecimiento demográfico incontrolable y una deficiente organización de infraestructuras y viviendas lo que provoca la aparición de nuevos hogares en zonas no consolidadas. La mayoría de las viviendas están situadas en zonas de alta vulnerabilidad y se ven afectadas por los sucesos naturales extremos como ciclones, inundaciones y movimientos de tierra. Todo esto provoca que la vulnerabilidad, marginalidad y la degradación ambiental sigan aumentando (acumulación de basura, estancamiento de agua, toma ilegal de electricidad y agua potable, etc.). A todo esto se une la falta de planificación técnica y participativa del desarrollo.

2.- La escalabilidad de las actuaciones desde las ciudades intermedias.

Los criterios secundarios en la preselección de los municipios más vulnerables a valorar son: la densidad de población (como el cociente entre el número absoluto de población y la extensión en kilómetros del municipio referido), y la exposición frente a amenazas comentadas anteriormente que se miden mediante seis indicadores: Indicador 1- exposición a sismos ,Indicador 2- exposición a inundaciones ,Indicador 3- exposición a deslizamientos , Indicador 4- exposición a sequías , Indicador 5- exposición a incendios e Indicador 6- exposición a huracanes.

Bajos de Haina con 124.193 habitantes (61.181 hombres y 63.012 mujeres) cuenta con una extensión de tan solo 39.7 kilómetros cuadrados. Esto pone de manifiesto el altísimo valor de densidad de población, 3.128 habitantes por kilómetro cuadrado. Este factor, unido a la gran inestabilidad de la zona, tanto social como económica y ambiental, coloca a Bajos de Haina dentro de los 15 municipios más vulnerables de la República Dominicana.

Existen estudios que han demostrado que la población de Haina es actualmente la más intoxicada del mundo urbanizado, y que en todos sus habitantes hay incidencias del metal. A partir de estos resultados, Steve Null, reclamó a las autoridades Dominicanas el cierre de la fábrica de baterías que contaminaba de plomo a la población de Haina.

Esta fuente de contaminación se une a otros 10 problemas de contaminación que afectan el medioambiente en Haina y que son:

1. Contaminación del aire. (Humo de chimeneas: óxido de azufre y nitrógeno. Transporte pesado, liviano y de motoconchos: ruido y monóxido de carbono. La quema de basura en barrios y en el vertedero público que genera gases tóxicos. El alto nivel de plomo).

Haina fue declarada como una de las 10 ciudades más afectadas por la contaminación del aire por plomo del mundo. En esta lista ocupa la tercera posición y ya existen niños y adultos con malformaciones debido a ello.

Ilustración 5 – Motoconchos en R.Dominicana – Fuente: machbel.com

2. Disposición inapropiada de residuos sólidos.

3. Inexistencia de un sistema de canalización y tratamiento de aguas servidas.

4. Deficiencias en el servicio de agua potable: suministro, fugas y potabilidad. Resulta contraproducente el hecho de que estando Haina en la cuenca de uno de los acuíferos más importantes de la región, no cuente con un suministro de agua eficiente. La refinería de petróleo tiene su propio acueducto y sistema de tratamiento del agua, y como un servicio a la

comunidad, suministra agua purificada a la población a través de cinco llaves, pero la cantidad de agua disponible no es suficiente para la demanda. El problema del agua es considerado el problema principal de la comunidad.

5. Disposición inapropiada de los desechos sólidos, domésticos e industriales. A pesar de que Haina cuenta con su propio Vertedero municipal, el sistema presenta deficiencias por la falta de equipos en el ayuntamiento, porque los camiones recolectores no tienen acceso a algunas comunidades dada la estrechez de las vías de acceso y porque una alta proporción de familias depositan sus desechos en los cauces de cañadas.

Ilustración 6 – Residuos sólidos en el cauce principal de Bella Vista – Fuente: Ilustración propia

6. Inadecuada disposición de aceites y líquidos industriales contaminantes (especialmente en los talleres de mecánica informales que ocupan el espacio público).

7. Contaminación de los acuíferos (Río Haina, cañadas, lagunas y playa).

8. Deforestación y erosión progresiva del suelo. Ausencia de árboles en largos tramos de la cuenca del río y destrucción de la capa vegetal en las operaciones mineras de la sección La Pared.

9. Altos niveles de ruido.

10. Permanencia de aguas estancadas (proliferación de mosquitos, dengue y malaria).

Otro servicio relacionado con en el deterioro ambiental y visual del municipio es la energía eléctrica, que en Haina presenta las mismas deficiencias que en el resto del país y a lo que se unen las conexiones ilegales y el complejo entramado del tendido eléctrico aéreo. Todo esto, en contraste con el hecho de que Haina aloja 6 de las plantas generadoras más grandes del país, que suplen un 80% de toda la energía que consume el país.

La imagen del municipio de Haina puede ser imaginada a partir de todo lo mencionado anteriormente: su localización y topografía, su historia, su vegetación y sus acuíferos, sus usos de suelo, la condición de los inmuebles y sus niveles de pobreza.

Las limitaciones y debilidades que presenta el escenario actual del municipio Bajos de Haina, obedecen al modo en que el suelo se ha ido urbanizando. Sin planificación ni visión del excepcional potencial que ofrecen los componentes naturales del lugar: su localización, su paisaje, su topografía, sus trasferencias históricas, la presencia del agua en el río y en el mar y la existencia de una de las pocas playas “urbanas” en largo tramo de la costa sur, que ocupa el Gran Santo Domingo. Sin duda estos elementos unidos a su tradición productiva constituyen sus principales áreas de oportunidad.

Ilustración 7 – Hacinamiento del espacio urbano en Bajos de Haina – Fuente: Ilustración propia

Haina ha sido pensada y proyectada de espaldas al agua, y ha cedido su costa y su ribera, su aire y su subsuelo a los sistemas de producción que le han dado sentido. Probablemente podríamos avalar esta práctica reconociendo que Haina es una ciudad industrial, que ésta es su primera vocación y que la producción y las fuentes de empleo deben ir por delante en países en vía de desarrollo. Pero es oportuno recordar que ya a principios del siglo XX, los analistas urbanos en primer lugar y gran parte de la humanidad después, coincidieron en que no es sano convivir con la industria pesada cuando no se toman las medidas requeridas para hacerlas compatibles con la vida humana.

Los sectores llamados a aportar soluciones a las problemáticas de Bajos de Haina son: el Ayuntamiento, los gobernadores de las provincias de San Cristóbal, Provincia de Santo Domingo y del Distrito Nacional, el gobierno central, la mesa metropolitana, las empresas e industrias localizadas en el municipio, las instituciones sociales, los grupos comunitarios y sus ciudadanos.

Haina merece ser recompensada por asumir los problemas que conlleva la producción de recursos que benefician a todo el país y habrá de exigir la aplicación de sanciones a las industrias que no cumplan con los controles ambientales requeridos universalmente, esperando que esas sanciones la provean de los recursos necesarios para su reestructuración.

Pero también habrá de asumir su cuota de responsabilidad en lo que concierne a la preservación de recursos no renovables que pertenecen a todos los dominicanos como son el Río Haina y su cuenca, todos los acuíferos en su territorio, la playa, el suelo y su capa vegetal. Todo hace indicar, que este es el momento idóneo para comenzar a desarrollar un cambio de mentalidad y de desarrollo de la zona.

3.3. Historia de Bajos de Haina

Los antiguos indios procedentes de una isla mexicana llamada Haina situada sobre el Golfo de Campeche se asentaron en Bajos de Haina, en las orillas del río Haina y debido a este hecho en la actualidad este río tiene ese nombre.

Las instalaciones azucareras en el sur de la isla contaban con trabajadores españoles y de origen africano. En 1520 existían 2 ingenios en Haina y la región de Nigua ya contaba con 7, lo que ya evidenciaba el mayor nivel de prosperidad de Nigua con respecto a Haina.

Como se ha comentado con anterioridad, la lucha entre las potencias europeas propició numerosas invasiones en la isla. En enero de 1568 la isla sufre una invasión inglesa y en 1655 tratan de tomar la isla.

En 1916 se produce una nueva invasión por parte de los americanos y surge una escuela militar para la creación del ejército dominicano y es Trujillo el designado a ocupar el puesto de comandante de la guarnición de San Pedro de Macorís.

Ilustración 8 – Invasión estadounidense de la R.Dominicana (1916-1924) – Fuente: Wikipedia

A partir de 1950 se desarrolla una modificación de la comunidad debido a la construcción del puerto y a la puesta en funcionamiento del Río Haina. En 1959 Haina es nombrado Distrito Municipal y en 1965 los americanos vuelven a ocupar la isla.

Es en el año 1973 cuando Haina es declarada como zona industrial del país, debido a la existencia del puerto y a su proximidad con la ciudad de Santo Domingo. Este hecho ha sido determinante en el desarrollo urbano del municipio, debido a las grandes masas migratorias en busca de empleo que han propiciado la generación de una gran diversidad de barrios marginales. En 1980 Bajos de Haina es declarada municipio.

Por tanto, este municipio es una zona portuaria e industrial que durante los últimos 50 años ha ido cambiando su perfil desde pequeña aldea agrícola a una ciudad industrial desordenada y hacinada. Hay más de 100 industrias en su territorio, entre las que destacan industrias químicas, alimentarias (pollos Cibao), farmacéuticas, metalúrgicas y refinerías de petróleo. Según varios artículos de prensa de los últimos años, Bajos de Haina es considerado como uno de los lugares más contaminados del planeta. Este hecho se debe a la contribución de dichas fábricas y la densidad de población del municipio, 124.000 habitantes en apenas 39 kilómetros cuadrados.

Ilustración 9 – Instalaciones portuarias e industriales en Bajos de Haina – Fuente: Wordpress

Haina es más conocida como un enclave portuario-industrial del área metropolitana de Santo Domingo que por ser un municipio de la provincia de San Cristóbal. Este hecho se evidencia con el deterioro o inexistencia de instalaciones para el disfrute de la comunidad. Siempre se ha dado prioridad al beneficio obtenido por la producción, olvidándose del bienestar de la población de la zona. Por este motivo, los barrios de este municipio tienen ese perfil de deterioro e improvisación por la falta de planificación y recursos y la falta de autoridad e inexistencia de mecanismo adecuados para una correcta gestión del suelo. El resultado es una población conformada por antiguos trabajadores del puerto o los ingenios, que se discuten la primacía de zonas paupérrimas y sin casi ninguna dotación social.

La primera imagen que se llevan los operadores de barcos internacionales que atracan en el puerto es una imagen de un pueblo sin accesibilidad a recursos que está siendo olvidado por las instituciones gubernamentales del país. La economía del país se sustenta en gran parte

con las relaciones internacionales, por lo que habría que cambiar esa primera imagen que se llevan cuando visitan este municipio.

Este territorio tiene una elevada aglomeración de personas, produciendo un hacinamiento que hace la zona aún más vulnerable. La población se ha ido ubicando en cualquier zona libre disponible, incluidas las zonas más próximas a cursos de agua o cañadas. El desorden en los usos de suelo que presenta este municipio permite que estén peligrosamente mezcladas las actividades que en él se realizan provocando una situación de peligrosidad extrema. La alta población que concentra en los últimos años ha generado serias dificultades de convivencia que han favorecido el surgimiento de niveles altos de inseguridad ciudadana y una situación de violencia social preocupante.

Originalmente el área estaba formada por cañaverales pertenecientes al central Río Haina, que fue ocupado y urbanizado por las propias familias trabajadoras con pequeñas casas autoconstruidas sin tener consciencia de la vulnerabilidad que tendrían esas casas a lo hora de producirse fuertes lluvias y crecidas en el río. Muchos habitantes se asentaron en zonas de riesgo elevado, expuestas a inundaciones recurrentes, localizadas en los cauces de crecidas de ríos y cañadas sin canalizar, o en puntos de confluencias de las aguas de escorrentía.

En conclusión, debido a una exposición elevada a fenómenos hidrometeorológicos por su ubicación en la costa sur y que se trata de un territorio surcado por 17 cañadas o vaguadas urbanas sin tratamiento y muchas familias en sus riberas, a una elevada producción de residuos sólidos sin solución adecuada de disposición final, a un puerto comercial y un parque industrial que generan una contaminación que le ha llevado a ser considerado uno de los lugares más contaminados del mundo, este municipio se convierte en la actualidad en un peligroso perfil multi-amenazas.

La contaminación de las industrias lleva afectando a la población de Bajos de Haina durante más de 20 años y son muchas las enfermedades que se padecen debidas a esta: bronquitis, asma, gripes, infecciones diarreicas agudas, chicungunya, etc., siendo los niños los principales afectados.

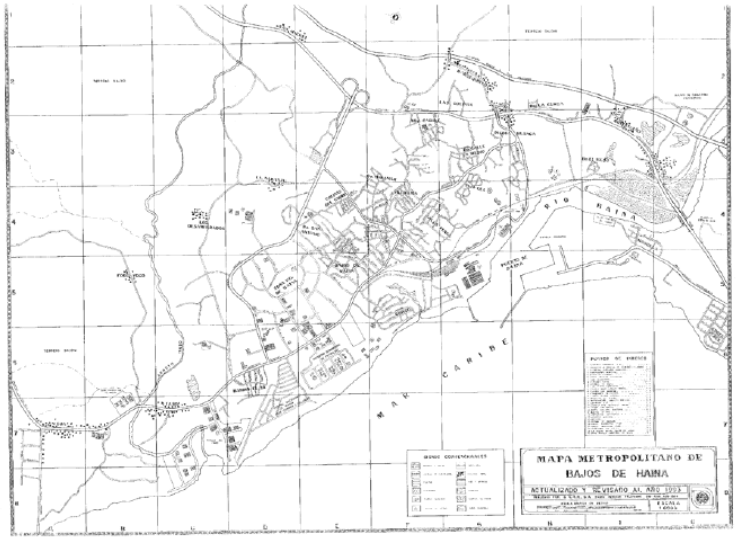


Ilustración 10- Mapa metropolitano de Bajos de Haina (1993) – Fuente: Wikipedia

Según el "Documento de Contribución al Sistema Nacional de Prevención, Mitigación y Respuesta a Desastres" redactado por la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) y la Unión Europea (UE), las inundaciones son consideradas como la amenaza prioridad número uno en el país. El registro de los eventos ocurridos durante el 2010 también coloca a las inundaciones como el desastre más frecuente durante el año.

Una de las problemáticas más importantes que tienen las ciudades dominicanas, y específicamente Bajos de Haina, es la gestión de aguas lluvias en los barrios de alta vulnerabilidad (inundaciones recurrentes), sobre todo en los periodos de precipitación debido a elecciones del espacio inadecuadas y al rápido desarrollo urbano descontrolado, que ha generado la impermeabilización de la ciudad ocupando en la mayor parte de casos el eje drenante principal de las cuencas urbanas naturales o la creación de barreras urbanísticas de superficie o subterráneas. También influye la casi inexistencia de coberturas vegetales, que no ayuda a interceptar el agua lluvia, o el cambio de los cauces naturales de los cursos.

Por otro lado, la C.A.A.S.D. (Corporación del Acueducto y el Alcantarillado de Santo Domingo) declara en su Plan Maestro para drenajes que sólo el 5% de una población de 3.3 millones de habitantes tiene servicios de tratamiento de aguas residuales, no funcionando además adecuadamente. Esto indica que el 95% de la población del Gran Santo Domingo hace su descarga en el subsuelo, a través de pozos, en ríos, cañadas y el Mar Caribe.

La ausencia de estudios locales de la escorrentía superficial a escala micro en los barrios más vulnerables, ligada la falta de soluciones concretas en la planificación del territorio, dan lugar a que el actual sistema de drenaje del Municipio sea completamente ineficaz para enfrentarse a los fenómenos atmosféricos, no solo extraordinarios, sino también más frecuentes y típicos de las regiones tropicales. Este erróneo entendimiento del fenómeno del ciclo del agua, que adopta una visión limitada de los procesos hidrológicos locales y los intenta tratar utilizando criterios tradicionales desfasados, es la principal causa de las reiteradas inundaciones que afectan las áreas urbanas de la localidad. Existe un Plan, mencionado anteriormente, el Plan Maestro de Drenaje y Alcantarillado del Gran Santo Domingo CAASD/Hazen y Sawyer, pero no se han dado soluciones concretas a nivel microlocal.

Cuando se producen los eventos de precipitación, la superficie se encuentra contaminada y la lluvia arrastra esos elementos contaminantes a los cauces de las cañadas. Esto provoca un alto impacto de contaminación en los cauces, generándose obstrucciones y magnificando las inundaciones.

En Bajos de Haina existen 7 cañadas además del Río Haina que representan zonas de vulnerabilidad. Representan un vector de riesgo y propagación de contaminación, ya que cuando se producen eventos de precipitación se generan grandes volúmenes y caudales acompañados de residuos sólidos y viviendas localizadas en la trayectoria de los cauces.

La ONG Arcoíris, junto con el Ayuntamiento de Bajos de Haina, la Universidad Autónoma de Santo Domingo, la Coordinadora de Juntas de Vecinos (JJVV) y Jibijoa, entre otros, lleva realizando intervenciones desde un enfoque integral denominado Ecobarrio Haina desde el 2008.

Ilustración 11 – Logo de la ONG Arcoíris – Fuente: ONG Arcorirs

Entre los proyectos previos desarrollados podemos mencionar:

• ECOBARRIO 1, 2 y 3. Reducción de vulnerabilidad y recuperación de tejidos urbanos consolidables mediante intervenciones puntuales tanto en espacios públicos como en vivienda, generando una nueva visión sostenible mediante un proceso participativo de desarrollo en el barrio de Bellavista, Bajos de Haina.

• Fortalecimiento institucional al Ayuntamiento de Haina y a la mancomunidad de la Cordillera Septentrional, mediante la mejora en la formación en cooperativismo y arquitectura sostenible y mediante la creación del observatorio de ideas para la concertación urbana participativa de la ciudad de Haina.

• Plan Estratégico del Ayuntamiento de Bajos de Haina.

• Equipamiento y Puesta en funcionamiento de un Centro Social en el Barrio de Villa Penca, en Haina.

• Centro de Orientación familiar en el Barrio de Piedras Blancas, Haina.

• Plan Regulador de Ordenación de San Cristóbal. Unión Europea, a través del PARME Proyectos de infraestructuras y ordenación territorial para bateyes (comunidades de trabajadores de las centrales azucareras).

• Nuevas tecnologías aplicadas a viviendas con el CYTED. Curso en Brasil y réplica en República Dominicana.

• Salubridad en barrios marginales, San Cristóbal.

• Reforma del Centro Comunal “Río Nigua” en San Cristóbal.

• Viviendas 10x10 y taller “Nuevas tecnologías constructivas” en San Cristóbal.

• Encauce de fragmento de Cañada en Bella Vista en Bajos de Haina, San Cristóbal.

Otras intervenciones en materia de gestión de riesgos de relevancia en el área, es el reciente proyecto del PNUD “Acciones que salvan vidas. Preparación ante desastres y reducción del riesgo sísmico y de tsunamis en la costa sur” del PNUD, Unidad de Tsunamis de la UNESCO, PAZ (Asociación de Cooperación por la Paz), ACPP (Asociación de Capacitación por la Paz e IDAC (Instituto de Acción Comunitaria). Durante el transcurso de ese proyecto se conformó una Red Comunitaria de Prevención Mitigación y Respuesta –RCPMR- en los municipios de Nigua, Bajos de Haina. Los comités se han formado a través de grupos focales compuestos

por profesionales en el ámbito de la Gestión de Riesgo a nivel local (cuerpo de bomberos, médicos y profesionales sanitarios, miembros de la defensa civil y organismos de rescate, así como representantes de las Organizaciones Comunitarias de Base –OCBs-).

Los comités tuvieron cursos de capacitación y se elaboraron unos primeros mapas de amenazas de los Barrios: Bellavista, Villa Penca, Gringo y Kilómetro Dieciocho. Así mismo se realizaron formaciones a maestros constructores.

4. OBJETIVOS DEL PLAN

Con la elaboración de este Plan, se pretende dar a conocer los riesgos a los que está expuesto el municipio mediante un estudio exhaustivo de la zona de proyecto. Dicho estudio contendrá un análisis hidrológico junto con un análisis social y económico que se llevarán a cabo mediante el empleo de programas hidrológicos, aplicaciones móviles, participación comunitaria y Sistemas de Información Geográfica. A partir de estos, se elaborará un catálogo de soluciones de drenaje, convencionales y sostenibles, para reducir las inundaciones que se producen en los puntos más vulnerables del área de estudio. En el barrio de Bella Vista se llegará a un mayor detalle, aunque también se incluirán los barrios de Villa Penca e Invicea en ciertos estudios.

Para actuar de forma directa sobre las causas de la problemática, se incidirá en la población general del sector para aumentar su conocimiento sobre el correcto manejo de los residuos sólidos urbanos y las aguas residuales y su relación con la gestión de riego de inundaciones.

Por tanto, el principal objetivo que se quiere alcanzar con la realización de este Plan será la elaboración de un catálogo de soluciones de drenaje capaces de reducir el riesgo de inundaciones en tejidos urbanos de alta vulnerabilidad provocadas por vaguadas urbanas, relacionadas con el manejo inadecuado de las aguas residuales y pluviales y residuos sólidos urbanos en los barrios del Municipio Bajos de Haina, con especial incidencia en Bella Vista, Villa Penca e Invicea.

Con la realización de este Plan se pretende llegar a una serie de resultados que se detallan a continuación:

- **Resultado 1**: Se pretende mejorar el conocimiento de la vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos que provocan las inundaciones en el municipio, focalizando las zonas más vulnerables frente a las inundaciones mediante la realización de un modelo de inundación.

- **Resultado 2**: Se elaborará un catálogo de soluciones, mediante un estudio previo técnico de levantamientos y cálculos.

- **Resultado 3**: Se realizará una trasferencia tecnológica de las soluciones propuestas y del conocimiento de la vulnerabilidad ante inundaciones a INAPA, al PMR, a los departamentos de drenaje y planeamiento urbano de Ayuntamiento de Bajos de Haina, así como a la Unidad Municipal de Gestión Ambiental –UGAM.

Los impactos que se pretenden conseguir, a través de los futuros proyectos que surgirán a partir de este Plan, son multíplices y abarcan diferentes aspectos de la vida cotidiana de los habitantes locales. Además, se busca fortalecer las capacidades resilientes de los sistemas urbanos, lo que conlleva a una mayor y más eficaz protección de la población local.

De manera transversal, el plan de acción procura mejorar las capacidades institucionales para actuar frente al riesgo de inundaciones urbanas de las entidades públicas responsables (Ayuntamiento, empresa pública de agua, etc.). Igualmente se incrementan las capacidades de los residentes y de las organizaciones de base de la sociedad civil, mediante actividades de sensibilización y capacitación en Gestión de Riesgo.

El objetivo global es desarrollar un proceso de mejora continua que fortalezca las capacidades técnicas y estructuras funcionales inter-institucionales, para que esta experiencia pueda replicarse y adaptarse a contextos y entornos similares, para convertir en seguros el mayor número posible de asentamientos urbanos de alta vulnerabilidad.

Los beneficiados en la elaboración de este Plan y de los futuros proyectos constructivos que surjan a raíz de este serán las familias desestructuradas donde la pobreza crónica y la desigualdad es una constante, es decir, familias con escaso acceso a oportunidades. Estos asentamientos, con alto grado de exposición a fenómenos naturales, facilitan desarrollo de atavismos sociales y fracturas en las normas de comportamiento social y debilitan las posibilidades de acceder a las escasas fuentes de capacitación disponibles. El espacio físico de las familias en ocasiones es una vivienda de madera y zinc y piso de tierra o cemento, normalmente de autoconstrucción sin agua y saneamiento, a lo sumo cuentan con letrina de construcción precaria de los mismos materiales.

La población beneficiaria más directa será la de la Comunidad Bella Vista, 6.000 habitantes (alrededor de 600 familias, los tres organismos públicos de gestión de Riesgo de Desastres

Municipales: 1. Comité municipal de Prevención Mitigación y Respuesta CM-PMR, 2. La Unidad de Gestión Ambiental Municipal – UGAM- y 3. El Comité Municipal de la Defensa Civil -DC-). De forma indirecta al entrenarse y aumentarse el conocimiento en gestión de riesgo de desastres por inundaciones a los organismos competentes, toda la población del municipio contabilizada en 124.193 personas según censo nacional del 2010.

Familias y habitantes del barrio son la base social de soporte del proyecto, que se integran en diferentes comités y estructuras de tipo social que se conforman para dar sostenibilidad al proceso. Algunos de estos comités son: Comités de Agua, Comités de Salud, Grupo de Jóvenes y Equipo de educación. De forma específica, el territorio está dividido en Comités de Patio (agrupación de 20 a hasta 30 viviendas en torno a infraestructuras compartidas: fosa séptica, filtrante y red de agua, etc.) las familias se involucran en las actividades constructivas para las mejoras de sus viviendas y de los espacios públicos.

La ONG Arcoiris, como colaborador directo en la elaboración de este Plan, propone que los beneficiarios directos de la futura implementación de las soluciones propuestas deberán devolver a la comunidad, a través de trabajo voluntario y en suelo recuperado para uso público, el valor de la inversión, valorando su participación en las obras por medio de un banco de tiempo.

Ilustración 12 – Jornada de limpieza de las cañadas en el barrio de Bella Vista – Fuente: Ilustración propia

El resto del barrio, ha de participar en cada una de las actividades descritas, organizado por la Junta de Vecinos, a través de los comités de patios y con el apoyo de los comités.

5. MARCO NORMATIVO

Existe una gran preocupación de las autoridades dominicanas responsables de las aguas pluviales, superficiales y residuales y de la gestión de residuos sólidos urbanos, ya que existe un problema claramente visible y con efectos directos en el medio ambiente y la salud. Debido a una mala planificación y gestión en todas estas materias a lo largo de los años, se ha ido produciendo una contaminación continua en sus fuentes superficiales, subterráneas y el litoral marino. Por este motivo, dichas autoridades tratan año tras año intensificar sus esfuerzos para elaborar un marco normativo global adecuado. Además, en el apartado 6.5 se expondrán la normativa relativa a las áreas protegidas.

Al analizar todos los instrumentos (artículos específicos de la Constitución de la República Dominicana, leyes sectoriales, leyes, decretos, reglamentos, normas y convenios relacionados al tema), se puede afirmar que existen dos leyes sectoriales en materia de *saneamiento*:

1. La **Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales, No. 64-00**, promulgada el dieciocho 18 de agosto del año 2000.

2. **Ley General de Salud No. 42-01**, promulgada el 8 de marzo del año 2001.

Además, se encuentra la **Ley No. 01-2012 sobre la Estrategia Nacional de Saneamiento** contiene la formulación de la visión de Nación de largo plazo, los ejes, objetivos y líneas de acción estratégica y un conjunto de indicadores y metas que el país se propone lograr al 2030.

Otro instrumento legal de carácter general para el saneamiento lo constituye la **Ley del Distrito Nacional y los Municipios (Ley 176-07)**, la cual asigna funciones a los Ayuntamientos, entre las que se incluyen la gestión del servicio de recolección y operación de los sitios de disposición final y otras atribuciones relativas al saneamiento, limpieza de calles y administración de instalaciones municipales (vertederos, mercados, cementerios y mataderos municipales) y la coordinación de la provisión de los servicios de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, junto a otras autoridades competentes.

En el caso específico del *sector agua potable y alcantarillados*, se destacan las **leyes específicas que crean las instituciones que prestan estos servicios en diferentes**

jurisdicciones a nivel nacional. En lo relativo al agua como recurso y las *aguas residuales*, es importante además la **Ley No. 487 de 1969** que crea el INDRHI como máxima autoridad nacional sobre las aguas superficiales y subterráneas del país, con prerrogativas de controlar y regular el uso de las aguas.

En relación con los *residuos sólidos*, se identifican varias leyes que incluyen aspectos específicos sobre el tema, a saber: **Ley No.120-19, 218-84, 83-89, 241-68, 675-44 y 4984-11**. A partir de junio de 2003 fueron emitidas, entre otras normativas, las primeras normas relativas a la gestión de residuos: La **norma para la Gestión Ambiental de Residuos Sólidos Domésticos y Municipales** y la **norma de Gestión de Desechos Radiactivos**. Más adelante el Ministerio ha emitido distintas normas y reglamentos que atienden temas de residuos peligrosos y no peligrosos, al igual que otras piezas reglamentarias sobre manejo de sustancias, en ocasiones en el marco de convenios internacionales que tocan en sus artículos aspectos concernientes al manejo de envases o residuos.

Además, a partir del año 2000 se emitieron reglamentos y normativas municipales relativas a la gestión de residuos sólidos, desde el Ayuntamiento del Distrito Nacional. Sin embargo, otros Ayuntamientos han emitido resoluciones y mandatos que regularmente incluyen penalidades, medidas de control y persuasión para que los vecinos contribuyan a la limpieza y realicen el pago del servicio de recolección de residuos sólidos.

A pesar de la existencia de estas leyes, las deficiencias existentes en el marco legal son evidentes. Por ese motivo, a lo largo de estos últimos años se ha intentado implementar una serie de iniciativas para mejorar la legislación existente. Existen cuatro anteproyectos de leyes que se encuentran actualmente en discusión en el Congreso de la República, los cuales son de importancia vital para mejorar la situación del país en relación con estas materias.

a) **Anteproyecto de Ley General de Aguas**: tiene por objeto regular el dominio público hídrico, así como la preservación de su calidad y lograr el desarrollo sostenible del país. Aunque se lleva más de 20 años intentando redactar una Ley General de aguas, se reconocen importantes avances.

b) **Anteproyecto Ley Reforma Sector Agua Potable y Saneamiento**: incluye el desarrollo de políticas públicas, planificación y formas de financiación del sector tanto en el ámbito urbano como rural y la regulación, fiscalización y control integral de todos los actores involucrados en estas actividades. Llevan más de 15 años intentando redactarlo y actualmente

se ha tomado la decisión de posponer su aprobación hasta que se apruebe la Ley General de Aguas.

c) **Anteproyecto de Ley General de Residuos Sólidos**: tiene por objeto establecer derechos, obligaciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, así como mandatos para las autoridades. Define responsabilidades en la gestión y manejo de los residuos, competencias del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y de las alcaldías y autoridades sectoriales. Además, se definen los criterios de manejo de los residuos del ámbito de la gestión no municipal, responsabilidad frente a daños, la inclusión económica social y ambiental de los recicladores, programas de capacitación de los recicladores, seguridad social y protección a sectores vulnerables, pautas para las empresas prestadoras de servicios de residuos, fomento de la participación privada y empresas comercializadoras de residuos, incentivos para la promoción del reciclaje, la separación en origen, incentivos fiscales, así como la descripción de infracciones y sanciones.

d) **Proyecto de Ley Modificado sobre Manejo de Residuos en República Dominicana**: Establece un régimen jurídico para la clasificación y manejo de residuos, la elaboración de un plan nacional y planes municipales de gestión. Se definen una serie de pautas tanto para Ayuntamientos como para productores de residuos y establece procedimientos para el manejo de residuos peligrosos. Da competencias a los Ministerios de Ambiente, Salud Pública y Obras Publicas en relación con el transporte y manejo de residuos.

A continuación, se va a desarrollar de forma resumida toda la normativa existente en estas materias.

5.1. Gestión de las aguas superficiales y pluviales

En cuanto a la normativa nacional relativa a la gestión de las aguas superficiales y pluviales en República Dominicana, se encuentra el *Plan Maestro del Alcantarillado Sanitario del Gran Santo Domingo que dicta el CAASD (Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo)* y la *Propuesta de Estrategia Nacional de Saneamiento en República Dominicana* elaborada por el INAPA.

Ilustración 13 – Logos del INAPA y el CAASD – Fuente: INAPA y CAASD

El Plan Maestro se trata de una herramienta de planificación valiosa para la correcta gestión de las aguas pluviales y superficiales en el Gran Santo Domingo. La CAASD retoma la propuesta del primer Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario elaborado en 1969 para el acueducto de Santo Domingo, y asume la responsabilidad de actualizar y ampliar la cobertura de este Plan Maestro.

La información a nivel nacional que aporta esta normativa podría extrapolarse a la provincia de San Cristóbal, colindante con el Gran Santo Domingo, y en particular a nuestra zona de estudio, Bajos de Haina.

5.1.1. Antecedentes

En el país, el drenaje urbano es prácticamente inexistente, existiendo pozos filtrantes y pozos sin fondo que generan un efecto nocivo en las aguas subterráneas debido al arrastre de sólidos. Se ha tratado en muchas zonas de mitigar este impacto mediante la instalación de imbornales para retener el arrastre de sólidos y materia flotante procedentes de los residuos domésticos o del arrastre del agua de lluvia de diversos residuos que estaban en superficie.

El drenaje pluvial y superficial ha sido enfocado principalmente como un problema económico y de protección de la red vial. El alcantarillado pluvial, si existe, se ve generalmente afectado por los vertidos desde las cañadas y por las malas prácticas ciudadanas, como arrojar basura en las calles y cañadas.

Algunos ayuntamientos realizan la limpieza de contenes e imbornales con cierta frecuencia, pero la mayoría de ellos no gestionan adecuadamente estas tareas o las realizan con muy poca frecuencia lo que provoca el colapso de estas instalaciones haciéndolos ineficaces.

La ciudad de Santo Domingo y sus zonas próximas han ido descargando las aguas superficiales originadas por el vertido en domicilios e industrias y las aguas pluviales en los ríos Haina, Isabela y Ozama, en el acuífero existente y en el Mar Caribe. La topografía natural del área ha facilitado dicha descarga por gravedad y esto provocó que no se invirtiera en infraestructura para captar estas aguas que discurrían por la superficie. Esta situación ha provocado una gran contaminación de los ríos, del acuífero, y del litoral de Santo Domingo.

El Gobierno Dominicano, con apoyo y financiamiento del BID (Banco Interamericano de Desarrollo), consciente que estas aguas contribuyen sustancialmente a la contaminación de los cuerpos receptores, ha impulsado el estudio de esta problemática a través de la preparación de un Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario.

La Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD) seleccionó, mediante una licitación pública internacional avalado por el BID, a la firma Hazen and Sawyer para la ejecución del *Estudio del Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario*, que viene desarrollándose desde el año 2010. El objetivo principal, es actualizar El Plan Maestro de 1969 y otros estudios anteriores, y elaborar un Plan Director para satisfacer los requerimientos actuales y futuros a medio y largo plazo.

El Plan Director trata de proponer soluciones integrales viables para la propia colección, tratamiento y disposición final de las aguas, compatible con aspectos urbanísticos, ambientales, técnicos, económicos y financieros. Para ello, hay que tener muy presentes las nuevas características económico-sociales que se han dado en el país durante los últimos años. Además, este Plan Director focaliza sus esfuerzos en la recuperación de los ríos Haina, Isabela y Ozama y del litoral de Santo Domingo.

5.1.2. Marco institucional

La Ley del Distrito Nacional y los Municipios (Ley 176-07) asignan la responsabilidad de recolección y operación de alcantarillados de aguas pluviales a los Ayuntamientos.

Ilustración 14 – Canal encargado de la recogida de aguas pluviales y superficiales – Fuente: Contrapunto Noticias

Sin embargo, en este tema intervienen múltiples actores: los operadores de servicios de APS en los aspectos de diseño, el Ministerio de Obras Públicas en lo referente al drenaje de las carreteras y el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI).

5.1.3. Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario

Fases del estudio del Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario

Fase I: Estudio Básico y Diagnóstico

Comprendió todos los estudios básicos de campo y gabinete necesarios para la adecuada evaluación de la situación existente.

Fase II: Estudio de Alternativas y Formulación Preliminar del Plan Maestro

Correspondió a la formulación de alternativas y tratamiento a nivel de factibilidad, y la evaluación y formulación preliminar del Plan Maestro, con un horizonte de planificación de 30 años.

Fase III: Factibilidad del Plan Maestro

Correspondió a la definición del Plan Maestro a nivel de factibilidad y la priorización de los proyectos.

Fase IV: Diseños Ejecutivos

Incluyó la elaboración a nivel de diseños ejecutivos de los proyectos prioritarios o urgentes a ser ejecutados en el corto plazo (5 años).

Estudios básicos y diagnóstico

Se realizaron proyecciones de población para diversos años en los diferentes municipios del área total de estudio: Distrito Nacional, Santo Domingo Oeste, Los Alcarrizos, Pedro Brand, Santo Domingo Norte, La Victoria, Santo Domingo Este, San Antonio de Guerra y Boca Chica.

Municipio	2002	2010	2020	2030	2040
Distrito Nacional	913,540	1,001,272	1,084,950	1,174,269	1,262,002
Santo Domingo Oeste	280,912	331,578	386,281	436,661	479,629
Los Alcarrizos	199,611	216,052	246,037	271,168	295,975
Pedro Brand	47,199	59,877	98,755	139,109	180,782
Santo Domingo Norte	321,178	398,851	489,178	573,252	647,354
La Victoria	43,578	88,358	141,471	196,167	252,270
Santo Domingo Este	787,129	955,451	1,077,990	1,190,651	1,282,295
San Antonio de Guerra	34,553	75,595	133,091	193,186	256,433
Boca Chica	99,508	129,627	167,524	204,674	239,796
Total	**2,727,208**	**3,256,661**	**3,825,276**	**4,379,138**	**4,896,536**

Hazen and Sawyer, 2011

Tabla 3 – Población proyectada para Santo Domingo y su provincia (Los datos de 2002 corresponden al Censo de la ONE)

La ciudad de Santo Domingo tiene un gran potencial turístico, sin embargo, la contaminación ambiental existente requiere intervención urgente. Como ejemplos de malas prácticas y problemas existentes en la gestión de aguas pluviales y superficiales se pueden señalar:

- La descarga directa de diversos colectores.

Ilustración 15 – Descarga directa del colector Núñez de Cáceres – Fuente: Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario

- Las descargas directas al río Ozama.

Ilustración 16 – Descargas directas al río Ozama en el sector La Ciénaga – Fuente: Periódico elDinero

- Elevada contaminación de los ríos.

Ilustración 17 – Contaminación del río Isabela – Fuente: Listín Diario

Ilustración 18 – Contaminación del río Haina – Fuente: Listín Diario

La infraestructura del alcantarillado existente es insuficiente y obsoleta para las necesidades de una ciudad moderna como Santo Domingo, que registra un crecimiento vertiginoso en los últimos años.

El crecimiento poblacional estimado por la ONE ha sido espontáneo y sin ser sometido a ningún plan de ordenamiento urbano, lo que complica mucho más la elaboración de una red de alcantarillado eficiente hoy día.

Ilustración 19 - La cobertura del sistema de alcantarillado sanitario existente es insuficiente – Fuente: Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario

El sistema de alcantarillado existente presenta varias debilidades. Solo el 18% de las calles de Santo Domingo están servidas con redes de alcantarillado sanitario, es decir, cubren aproximadamente 726 km y la longitud total de las calles se estima en unos 4.279 km. Grandes áreas de la ciudad continúan siendo servidas con pozos sépticos y filtrantes y el 80% de las redes existentes tiene solo 8 pulgadas de diámetro.

Opción seleccionada

Durante la realización del Estudio se evaluaron las siguientes opciones:

- Opción 1: Se trataba de una variante de tipo hibrido, eminentemente descentralizada, que incluía la construcción de un túnel en Santo Domingo Este. Esta opción fue descartada por la alta inversión inicial necesaria y porque impedía la ejecución por etapas.
- Opción 2: Analiza la posibilidad de manejar los sistemas sanitarios y pluviales de forma combinada. Fue descartada por la complejidad y costos del mantenimiento y por los problemas sanitarios que genera.
- Opción 3: Proponía centralizar el tratamiento. Introducía la variante de túneles para conducir las aguas residuales a emisarios submarinos en el Mar Caribe. También implicaba una alta inversión inicial.

- Opción 4: Proponía eliminar la necesidad de túneles y reducir los cruces de ríos, disminuyendo las dificultades constructivas y el coste. Es una propuesta de descentralización del tratamiento de las aguas residuales. Esta fue la opción seleccionada por la CAASD, debido a que la inversión inicial era menor y permitía un desarrollo por etapas.

Tras una evaluación multicriterio, para el Desarrollo del Plan Maestro se seleccionó la Opción 4. Los emisarios submarinos existentes son el de Guajimia, el de Núñez de Cáceres, el de Alma Mater y el de los Frailes. Para cada uno de estos emisarios se seleccionaron unos lugares específicos previos a la costa para llevar a cabo un pretratamiento de las aguas antes de ser vertidas al Mar Caribe.

Plan Maestro definitivo y definición del programa de primera etapa

El área de estudio se subdividió en 13 subsistemas o cuencas sanitarias.

LI	Subsistema	Municipio	Sistema de Tratamiento
1.	Núñez de Cáceres	Distrito Nacional	Descarga Submarina I
2.	Alma Mater	Distrito Nacional	Descarga Submarina II
3..	Los Frailes	Santo Domingo Este	Descarga Submarina III
4.	Guajimía	Santo Domingo Oeste, Distrito Nacional	Descarga Submarina Guajimía (IV)
5.	Higüero Abajo	Santo Domingo Norte, Pedro Brand	Planta de Tratamiento Higüero Abajo
6.	La Zurza	Santo Domingo Norte, Distrito Nacional	Planta de Tratamiento La Zurza
7.	La Culata	La Victoria, Santo Domingo Norte	Planta de Tratamiento La Culata
8.	Batey Guanuma	La Victoria, Santo Domingo Norte	Planta de Tratamiento Batey Guanuma
9.	Los Tres Brazos	Santo Domingo Este	Planta de Tratamiento Los Tres Brazos
10.	Boca Chica	Boca Chica	Planta de Tratamiento Boca Chica
11.	Hainamosa	Santo Domingo Este	Planta de Tratamiento Hainamosa
12.	Los Alcarrizos Sur	Santo Domingo Oeste	Planta de Tratamiento Los Alcarrizos Sur
13.	San Antonio de Guerra	San Antonio de Guerra	Planta de Tratamiento San Antonio de Guerra

Tabla 4 – Subsistemas y sistemas de tratamiento – Fuente: Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario

<u>Intervenciones necesarias para implementar el Plan Maestro</u>

- Rehabilitación de 218 km de la red existente.

- Expansión de 3.340 km de redes secundarias y terciarias y 535.700 km de conexiones domiciliarias.

- Instalación de 306 km de redes principales, troncales e interceptores sanitarios.

- Instalación de 34 estaciones de bombeo.

- Rehabilitación de 12 plantas de tratamiento.

- Construcción de 7 nuevas plantas de tratamiento.

- Instalación de 4 emisarios submarinos.

Obras Prioritarias (2013 – 2017)

- Plan de Rehabilitación de los colectores existentes.

- Rehabilitación de 12 plantas de tratamiento de aguas residuales.

- Líneas de intercepción – primera fase.

- Proyecto Guajimia.

Gradualidad de la implementación de los subsistemas propuestos

Criterios de priorización

• Aprovechamiento de la infraestructura existente para disminuir significativamente los costes.

• Secuencia técnica para el desarrollo de la infraestructura sanitaria (construir primero las redes y luego las plantas).

• Disponibilidad de estudios y diseños (aprovechar los estudios y diseños existentes).

Se hace la hipótesis del grado de desarrollo del proyecto en 2020, 2030, 2040, 2050 y después de 2050.

Evaluación Ambiental

El estudio de evaluación ambiental del Plan Maestro tiene como objetivos principales:

• Evaluar la vulnerabilidad de los sistemas ambientales y sociales.

• Identificar y analizar los impactos producidos por el proyecto.

• Proponer un Programa de Manejo Ambiental preliminar que aborde todas las medidas de prevención.

Los estudios que se llevarán a cabo serán los de:

• Síntesis de los estudios ambientales de fase I (ríos, costa y aguas subterráneas).

• Evaluación de la vulnerabilidad de los sistemas de producción de agua de abastecimiento de Santo Domingo.

• Diagnóstico de las descargas de aguas residuales al subsuelo.

• Caracterización de la flora, vegetación y fauna.

• Impacto potencial sobre las condiciones sanitarias.

Los resultados esperados se obtendrán a través de matrices de evaluación de impactos ambientales por:

• Obra.

• Tipo de actividad (excavación, mantenimiento de equipos, etc.).

• Componente ambiental (aire, ruido, etc.).

• Etapa (construcción y operación).

5.2. Gestión de las aguas residuales

El saneamiento en la República Dominicana, como la mayor parte de los países en vías de desarrollo, muestra graves deficiencias, debido a que tradicionalmente las acciones dirigidas a proporcionar adecuadas condiciones de saneamiento han sido olvidadas en las políticas públicas.

Se estima que solo el 5% de la población cuenta con servicios de tratamiento de aguas residuales. Existen 12 plantas de tratamiento, de las cuales sólo están operativas 4 de ellas.

La mayoría de las descargas de aguas negras es realizada directamente, sin ningún tipo de tratamiento, a los ríos que circundan la ciudad, al acuífero o al mar Caribe.

Por este motivo, el INAPA (Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados), junto con el FCAS (Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento) y el Ministerio Español de Asuntos Exteriores y de Cooperación elabora la *Propuesta de Estrategia Nacional de Saneamiento en República Dominicana*.

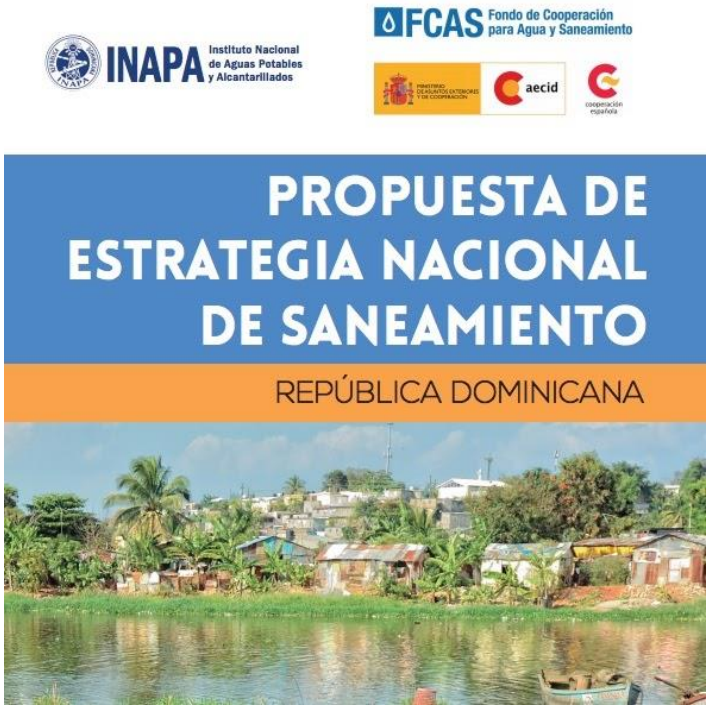


Ilustración 20 – Propuesta de Estrategia Nacional de Saneamiento – Fuente: INAPA

5.2.1. Antecedentes

La escasa cobertura existente de sistemas de tratamiento de aguas residuales afecta de forma determinante a la salud de la población, los ríos, las aguas subterráneas y la costa.

El factor determinante, para que los diferentes componentes que conforman y se encargan de la gestión de la red de saneamiento del país no funcionen, es la inexistencia de un instrumento que coordine todas ellas hacia una visión conjunta.

La Estrategia Nacional de Saneamiento (ENS) y las recomendaciones de prioridades para la formulación de un Plan General de Inversiones que propone el INAPA, responden a las necesidades de los residentes en la República Dominicana, y no al marco institucional vigente. Por tal razón, ambos instrumentos se centran en el saneamiento, incluyendo a los residuos sólidos y al agua potable, promoviendo una respuesta integral a la compleja problemática existente.

El objetivo general del sector agua y saneamiento es “promover el derecho humano al agua y mejorar/ampliar la cobertura y el acceso al agua potable y al saneamiento básico asegurando su sostenibilidad con una gestión integral del ciclo hidrológico”.

Esto se plasma en tres líneas estratégicas:

• Gestión integral de los recursos hídricos.

• Acceso al agua y al saneamiento.

• Gobernanza y derecho humano al agua.

El objetivo final del proyecto es contribuir a la generación de herramientas estratégicas que permitan orientar y controlar el desarrollo del sector y disponer de una Estrategia Nacional de Saneamiento que brinde una atención integral a la problemática del saneamiento en el país, en estrecha vinculación con la Estrategia Nacional de Desarrollo (END) vigente, la cual tiene como objetivo general "contar con una administración pública eficiente, transparente y orientada a resultados, al servicio de la ciudadanía y del desarrollo nacional".

Dentro de este contexto, el Programa se planteó como objetivo general contribuir a la mejora de la calidad de vida de los habitantes de República Dominicana mediante la elaboración de una estrategia nacional de saneamiento que posibilite abarcar la problemática de forma global, planteando un abordaje integral del saneamiento que incluye los siguientes componentes: agua como recurso, agua potable, aguas residuales domésticas y no domésticas, excretas, aguas pluviales, residuos sólidos, lodos, prácticas de higiene y establecimientos especiales.

Para alcanzar este objetivo, se incluyen los siguientes componentes:

1) Diagnóstico de la situación a nivel nacional.

2) Definición de objetivos y líneas generales.

3) Plan General de Prioridades de Inversión hasta 2030.

5.2.2. Situación actual

Los principales problemas que se producen en materia de gestión de aguas residuales en la República Dominicana y que deberán ser abordados en la Estrategia Nacional de Saneamiento del INAPA quedan resumidos en las siguientes tablas:

NO.	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
I	COBERTURA Y CALIDAD SERVICIOS	**I.1** Déficits en la cobertura y calidad de los servicios: agua potable, alcantarillados, tratamiento aguas residuales, disposición adecuada de excretas, recolección y manejo integral de residuos sólidos.
		I.2 Amplias brechas de cobertura de los servicios entre las zonas urbanas y rurales, así como entre provincias y regiones. En sentido general, son las zonas pobres del país las que disponen de menor cobertura de los servicios. A nivel nacional, la cobertura en la provisión de servicios de agua potable es muy superior a la correspondiente a la de los servicios de saneamiento.
		I.3 Incremento de las Enfermedades Diarréicas Agudas (EDAs) y aparición o aumento de epidemias de enfermedades como el cólera, dengue, chikungunya y Zika.
		I.4 Los niveles actuales de la calidad de los servicios evidencian un deterioro o estancamiento, según los indicadores tradicionales: 1) Calidad del Agua, 2) Presión y Continuidad, 3) Tratamiento de Aguas Residuales, 4) Frecuencia de Recolección de Residuos Sólidos.
		I.5 El deficiente servicio de alcantarillado pluvial es regularmente afectado por los vertidos desde las cañadas y por las malas prácticas ciudadanas, como arrojar basura en las calles y la conexión a sus redes a los sistemas de alcantarillado sanitario y viceversa.
		I.6 Las operaciones de recolección se realizan con equipos inadecuados y en mal estado, incluyendo el barrido de calles, el cual es un sistema rudimentario basado en asignación de áreas de barrido a cuadrillas o brigadas de obreros, muchas veces envejecientes.
		I.7 Bajos niveles de mantenimiento y gestión del saneamiento en establecimientos municipales, especialmente mataderos y mercados.
		I.8 Deficientes condiciones de saneamiento en Centros Escolares y de Salud.
II	PLANIFICACIÓN, FINANCIMIENTO Y GESTIÓN	**II.1** La asignación de recursos financieros por parte del Gobierno Central al Sector, es baja y su tendencia es a la disminución a través de los últimos decenios. La mayoría de la inversión en saneamiento durante los últimos años, es financiada con recursos externos.
		II.2 Los procedimientos en que se sustenta la asignación de recursos a los operadores de servicios no estimulan la autosuficiencia financiera, creando a su vez, un ambiente propicio para la injerencia política y desmotivación para el uso de técnicas eficientes de planificación.
		II.3 Los operadores cuentan con baja eficiencia y transparencia en la aplicación y clasificación ordenada de los recursos.

Tabla 5 – Tabla resumen 1 de los problemas a abordar por la ENS (Fuente: INAPA)

NO.	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
II	PLANIFICACIÓN, FINANCIMIENTO Y GESTIÓN	**II.4** El hecho de que las asignaciones de fondos están dirigidas prácticamente en su totalidad hacia la construcción de nuevas obras ha ocasionado una gran debilidad en lo que se refiere a la operación y mantenimiento de los sistemas.
		II.5 Con excepción a lo establecido por la Estrategia Nacional de Desarrollo (que incluye dos metas: cobertura de agua potable y de saneamiento mejorado), el saneamiento no cuenta con metas oficiales o un Plan de Inversiones.
		II.6 La ausencia de políticas sectoriales que orienten las acciones hacia el cumplimiento de objetivos y metas, constituye una de las causas fundamentales de los graves problemas de gestión de los servicios APS.
		II.7 La deficiente gestión de los servicios de saneamiento impacta negativamente en la salud, el ambiente y sectores económicos como la industria del turismo. El vertido incontrolado e inadecuada disposición final de residuos recolectados por los Ayuntamientos, junto a las limitaciones operativas de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, están afectando negativamente los ríos, aguas subterráneas, costas y recursos naturales.
		II.8 Ausencia de modelos tarifarios que reflejen el costo económico de la prestación de los servicios e incorporen subsidios focalizados para los grupos poblacionales más pobres.
III	MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL	**III.1** La prestación de los servicios vinculados al saneamiento está impactada por la falta de un ordenamiento institucional adecuado. El marco institucional actual está caracterizado por la indefinición y coincidencia de roles tanto al interior de una misma institución, como de varias instituciones.
		III.2 En el caso específico del Sector APS, no existe un ente que desempeñe el papel de rector y aunque algunas instituciones tienen por fuerza de ley un papel de regulación, prácticamente este rol no llega a ser desempeñado.
		III.3 Para los servicios de residuos sólidos y aguas residuales no domésticas, se cuenta con el Ministerio de Ambiente como la instancia reguladora, pero el ejercicio de esta función está siendo limitado por debilidades de la institución.
		III.4 La situación institucional del saneamiento rural, en particular, es más difícil debido no sólo a la ausencia de políticas claras, sino también a la falta de un responsable nacional que aborde este problema. En el país el saneamiento es manejado por el Ministerio de Salud Pública (MSP), sin estar integrado en una acción común y unitaria con los programas rurales de agua potable. Solo INAPA tiene entre sus responsabilidades el saneamiento rural, no siendo este un compromiso para las restantes operadoras, que trabajan exclusivamente a nivel municipal. Actualmente el saneamiento rural en el país solo se aborda a través de programas de la cooperación internacional.

Tabla 6 – Tabla resumen 2 de los problemas a abordar por la ENS (Fuente: INAPA)

NO.	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
III	MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL	**III.5** Ausencia de Sistemas de Información que permitan la generación y uso de información para la toma de decisiones, así como la formulación de líneas de base confiables y el monitoreo de la evolución de los principales indicadores para el saneamiento. Esta es una de las razones de los grandes vacíos de información y baja confiabilidad de datos disponibles, junto con la no existencia de entes que regulen y tengan competencias definidas.
		III.6 Se verifican vacíos importantes en la legislación e Instrumentos normativos para prevenir impactos ambientales, y muy especialmente, debilidad en la fiscalización de la implementación. Es necesario considerar la ausencia de instrumentos normativos para el reúso del agua y disposición de lodos; las escasas pautas vigentes para tratamiento y disposición final de residuos, y los lodos resultantes de la operación de plantas de PTARs.
		III.7 Ausencia de normas internas sobre calidad y gestión de calidad de los operadores, especialmente en procedimientos internos, especificaciones técnicas para las construcciones de obras, entre otros.
		III.8 Debilidad en las capacidades técnicas del personal asignado a la prestación delos servicios de saneamiento, a todos los niveles (planificación, diseño, operación y mantenimiento).
		III.9 Débiles mecanismos de coordinación entre los diferentes actores involucrados en el sector APS. En el área rural actúan un gran número de entidades, principalmente ONG, las cuales lo hacen sin ninguna coordinación y adoptando diferentes enfoques y criterios, sin ningún órgano que las norme y proporcione seguimiento a sus ejecuciones.
		III.10 La tendencia a continuar "descentralizando en forma incorrecta al INAPA en corporaciones autónomas", bajo un esquema que acentúa los graves problemas que se presentan actualmente. Las corporaciones recién creadas: a) Son creadas bajo el mismo modelo de subvención e ineficiencia como la mayoría de las ya existentes; b) No obedecen a estudios que definan qué provincias o conjunto de estas deben contar con una nueva entidad prestadora de servicios APS. c) No se ha establecido, bajo qué modelo el INAPA pudiera ir descentralizándose en corporaciones autónomas sostenibles. En el Plan Estratégico del INAPA en fase de aprobación, se plantea este tema desde su visión interna.
IV	SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	**IV.1** Muy bajas coberturas de tratamiento y escasas pautas vigentes para la correcta disposición final de residuos, tanto líquidos como sólidos, incluyendo los lodos resultantes de la operación de plantas de tratamiento y los generados por la gran cantidad de sépticos y letrinas que funcionan en el país.
		IV.2 Deficiente manejo de vertederos, especialmente por el vertido de excretas extraídas en la limpieza de pozos sépticos individuales, y lodos provenientes de depuradorasde aguas residuales, lo cual provoca el aumento de lixiviados e incrementa la generación de metano, identificado como gas de efecto invernadero.

Tabla 7 – Tabla resumen 3 de los problemas a abordar por la ENS (Fuente: INAPA)

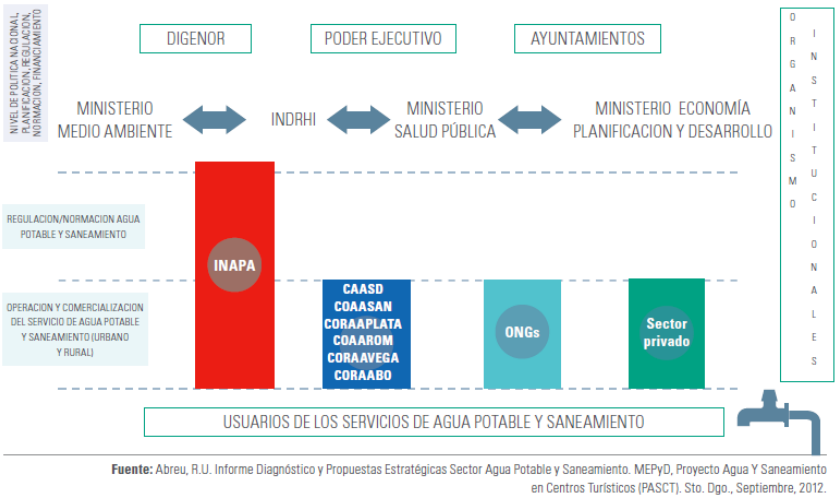
NO.	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
IV	SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	**IV.3** La disposición final en los vertederos municipales no cuenta con equipos, infraestructura de control de impactos: impermeabilización o adecuación del terreno, captura de gases, personal operativo o de vigilancia. Por tanto afectan los cuerpos de agua en sus proximidades ya que todos tienen algún tipo de recurso hídrico en distancias que van de 1.5 km hasta menos de 50m.
V	PARTICIPACIÓN, CONCIENCIA Y PRÁCTICAS CIUDADANAS	**V.1** La participación social en las diferentes etapas vinculadas a la prestación de los servicios de saneamiento es prácticamente inexistente.
		V.2 Malas prácticas ciudadanas en los diferentes aspectos relacionados al saneamiento.
		V.3 Poca conciencia ciudadana de los riesgos para la salud y la sostenibilidad ambiental derivados de las inadecuadas condiciones de saneamiento.
		V.4 Débil participación social, especialmente de las mujeres, en las diferentes fases de la prestación de los servicios de agua y saneamiento.

Tabla 8 – Tabla resumen 4 de los problemas a abordar por la ENS (Fuente: INAPA)

5.2.3. Marco institucional

El agua potable y la recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales domésticas corresponde prácticamente en su totalidad al sector agua potable y saneamiento (APS), con una pequeña participación del sector turismo.

En el Sector APS convergen instituciones centralizadas y descentralizadas del Gobierno, Ministerios, ONG e Instituciones Internacionales que, de una u otra manera, inciden en las políticas, objetivos, estrategias y metas del Sector. La siguiente figura, agrupa y ubica, de acuerdo con el tipo de funciones que realizan actualmente, a las principales instituciones que intervienen en el sector.



Fuente: Abreu, R.U. Informe Diagnóstico y Propuestas Estratégicas Sector Agua Potable y Saneamiento. MEPyD, Proyecto Agua Y Saneamiento en Centros Turísticos (PASCT). Sto. Dgo., Septiembre, 2012.

Ilustración 21 – Instituciones que intervienen en el sector Agua Potable y Saneamiento (APS) – Fuente: ENS

La responsabilidad del suministro de agua potable y servicios de saneamiento fue asignada en el 1962 al Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA), que abastece al 41% de los habitantes del país. Se han ido creando “corporaciones” de agua y alcantarillado para reemplazar al INAPA en la gestión del suministro de agua y los sistemas de saneamiento en diferentes áreas de jurisdicción, actualmente siete se encuentran en operación: CAASD, CORAASAN, CORAAMOCA, COAAROM, CORAAPLATA, CORAAVEGA y CORAABO.

Estas instituciones, además de prestar los servicios, se autorregulan y en el caso del INAPA además tiene la función de “rectoría” de la prestación. Esta situación, es considerada como una de las principales causas de los graves problemas del Sector APS y sus servicios.

A continuación, se reseñan las demás entidades involucradas en el Sector APS:

• El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, que determina los límites de calidad de agua de la descarga de aguas residuales y regula la concesión para uso y preservación del agua.

• Ministerio de Salud Pública (MSP), que evalúa y controla la calidad del agua potable y es responsable del manejo y disposición de las excretas en el país.

• Ministerio de Economía Planificación y Desarrollo responsable por el ordenamiento y la formulación de políticas públicas de desarrollo sostenible. Define el plan de desarrollo nacional, donde se determinan los planes de desarrollo sectoriales de agua potable y saneamiento.

• Ministerio de Turismo, que supervisa, diseña y construye obras de infraestructura de complejos turísticos a través del CEIZTUR.

• La Dirección General de Presupuesto (DIGEPRES), que determina las asignaciones presupuestales del sector de agua y saneamiento.

• El Instituto Nacional de Recursos Hídricos (INDRHI), que es la autoridad en materia del manejo del recurso hídrico y está a cargo del desarrollo de obras de infraestructura hídrica. Controla y regula los usos del agua y protege las cuencas.

• Instituto Dominicano para la Calidad (INDOCAL), organismo oficial de normalización. Apoya a los Ministerios en el proceso de creación de reglamentos técnicos.

• Ayuntamientos, que formulan normas y planifican el desarrollo urbano. Coordinan la provisión de los servicios de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, junto a otras autoridades competentes.

• Contraloría General de la República, que es el responsable del control y aplicación de los recursos y cumplimiento de regulaciones financieras.

• Cámara de Cuentas, que fiscaliza el uso de los recursos.

• Las organizaciones no gubernamentales (ONGS) que planifican, diseñan, ejecutan, y en algunos casos operan, sistemas de agua potable y saneamiento, sin embargo, la coordinación entre estas y las instituciones responsables de la prestación del servicio es prácticamente inexistente.

La gestión en el sector es deficiente debido a que existe una falta de ordenamiento institucional, caracterizado por la indefinición de competencias, coincidencia de competencias incompatibles dentro de una misma institución y coincidencia de competencias en varias instituciones. No existe un ente que desempeñe el papel de rector y aunque algunas instituciones tienen por fuerza de ley un papel de regulación, prácticamente este tampoco existe.

Las principales consecuencias debidas a esa inexistencia de una institución con poder rector y regulador son:

a) Inexistencia de una planificación sectorial, del diseño en implementación de políticas públicas, de un sistema de información sectorial y de un órgano que coordine la construcción, operación, mantenimiento y asistencia técnica de los pequeños sistemas de acueductos que abastecen a las poblaciones rurales.

b) La presencia de regulación en el sector se limita a normativas e intervenciones puntuales del Ministerio de Salud Pública y Ministerio de Medio Ambiente en aspectos relativos a la calidad del agua para consumo y la descarga de aguas residuales. Todo lo relativo a la regulación económica y social de los servicios, incluyendo la función de mediación entre los agentes implicados, está prácticamente ausente en el sector.

Todo esto hace indicar la necesidad de que el sector, en el menor tiempo posible, establezca una ley con el objetivo de establecer el régimen para la instrumentación de la reforma institucional del sector agua potable y saneamiento, que incluye el establecimiento de un nuevo modelo de organización sectorial y la formulación de políticas, planes y estrategias para

la prestación de los servicios públicos sectoriales destinados a todos los ciudadanos, así como para el financiamiento y la regulación del sector.

En lo que respecta a las aguas residuales no domésticas, el Ministerio de Industria y Comercio-MIC, es la entidad que otorga la licencia de operación a las empresas y lleva el registro industrial. Por su parte, el Ministerio de Medio Ambiente, es el regulador de los permisos ambientales para la instalación de todo tipo de industria y monitorea el cumplimiento de los instrumentos normativos nacionales a través de los Planes de Manejo y Adecuación Ambiental (PMAA).

5.2.4. Estrategia Nacional de Saneamiento (ENS)

La Estrategia Nacional de Saneamiento parte de la Constitución de la República Dominicana, de la Estrategia Nacional de Desarrollo (END) y de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS).

El objetivo de dicha estrategia es incorporar mejoras en el saneamiento para mejorar la salud, la calidad de vida y la sostenibilidad ambiental.

Por tal motivo, la definición de saneamiento para los fines de la Estrategia Nacional de Saneamiento (ENS), incluye todos los componentes que puedan generar impactos en cualquiera de los elementos citados en su objetivo principal. Estos elementos se describen en la siguiente figura:

Ilustración 22– Componentes de la Estrategia Nacional de Saneamiento – Fuente: ENS

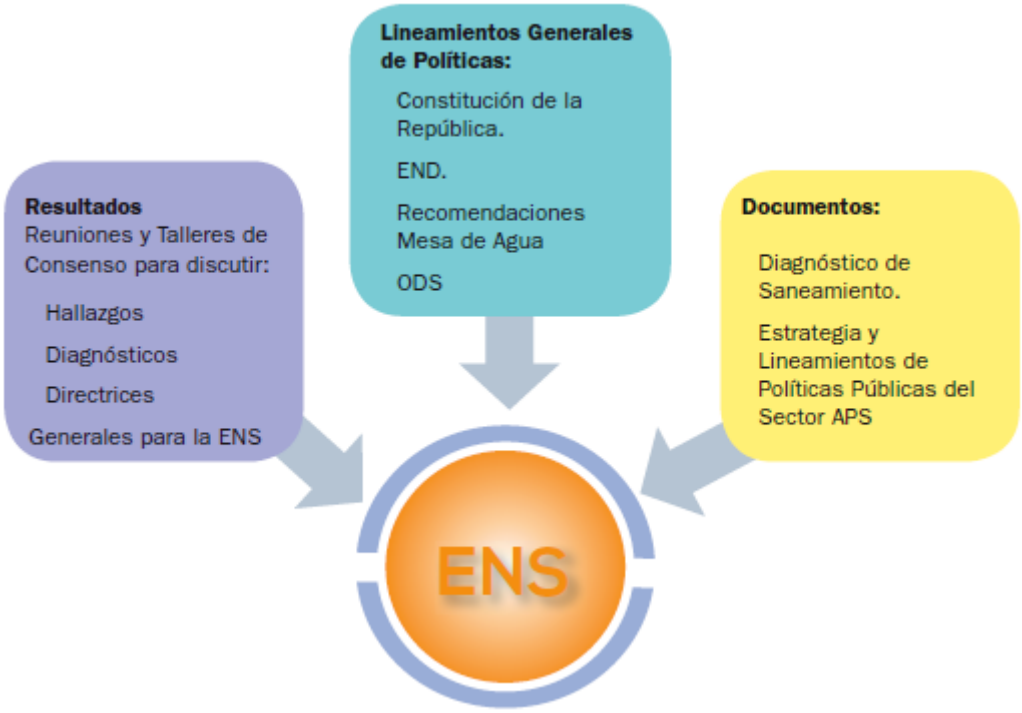


Ilustración 23– Bases para la conceptualización y formulación de la ENS – Fuente: ENS

Ilustración 23 – Pasos metodológicos para la formulación de la ENS – Fuente: ENS

En cuanto a los principios y ejes estratégicos que se proponen, junto con los resultados esperados cabe destacar:

EJE 1: Acceso universal a servicios de calidad (sin exclusión social)

Se refiere a la cobertura de servicios de agua y saneamiento con calidad para todos. Promoción de inversiones, incrementando el financiamiento estatal y la cooperación internacional, con criterio de equidad y reduciendo las diferencias entre grupos poblacionales. Mejora de la cobertura y niveles de servicios de acuerdo con las necesidades particulares de los grupos poblacionales.

Resultados:

Una sociedad con acceso universal a servicios de calidad (sin exclusión social).

Ilustración 24 – Ciudadanos dominicanos captando agua para consumo sin ser tratada previamente – Fuente: ENS

1.1 Infraestructuras y recursos necesarios, apropiados y en buen estado de mantenimiento para la prestación de servicios de agua y saneamiento a todos los ciudadanos.

1.2 Niveles adecuados de calidad de los servicios (calidad del agua, continuidad, tratamiento aguas residuales, frecuencia recolección residuos sólidos y atención al cliente).

1.3 Gestión adecuada de saneamiento en infraestructuras municipales y otros establecimientos especiales.

EJE 2: Sostenibilidad económica-financiera

Se refiere a modelos de gestión de tipo empresarial que garanticen la sostenibilidad económica-financiera de los servicios, sistemas tarifarios adecuados, vinculación con la calidad y capacidad de pago de la comunidad generando mecanismos de subsidios directos. Fomentar la transparencia. Promover alternativas tecnológicas apropiadas a los recursos disponibles y que tengan una incidencia positiva en el desarrollo de los sectores productivos del país.

Resultados:

Servicios de agua y saneamiento prestados bajo un marco de sostenibilidad económica-financiera, fomentando la eficiencia, transparencia y la equidad social.

2.1 Operadores de servicios incorporan una gestión de tipo empresarial fomentando la eficiencia y transparencia en el manejo de sus áreas económica-financiera y comercial.

2.2 Tarifas reflejan el costo de la prestación eficiente de los servicios y se implementan subsidios focalizados de acuerdo con la capacidad de pago de los usuarios.

2.3 Las tecnologías implementadas son apropiadas a los recursos disponibles y tienen una incidencia positiva en el desarrollo de los sectores productivos del país.

EJE 3: Desarrollo institucional con participación social

Se refiere al ordenamiento y fortalecimiento del sector y sus instituciones. Desarrollo de modelos de prestación y de gestión de los servicios eficientes, así como la creación de instrumentos que faciliten que la comunidad participe activamente en la gestión de los servicios de agua y saneamiento. Fortalecer la relación con otros actores como las Universidades y ONGs.

Resultados:

Institucionalidad desarrollada con operadores que prestan los servicios en forma eficiente y una sociedad que participa activamente en la gestión de los servicios.

3.1. Marco institucional moderno, transparente, eficaz y eficiente con una adecuada asignación de responsabilidades y funciones a los distintos organismos.

3.2. Operadores eficientes y con modelos de prestación y de gestión orientados a resultados en beneficio de la población.

3.3. Mecanismos de desarrollo del conocimiento en saneamiento fortalecidos.

3.4. Participación de la sociedad en la gestión de los servicios de agua y saneamiento.

Ilustración 25 – Participación ciudadana en jornada de recogida de residuos sólidos – Fuente: ENS

EJE 4: Sostenibilidad ambiental

Se refiere al cumplimiento de los instrumentos normativos ambientales correspondientes a la recolección, tratamiento, disposición final y reúso, según sea el caso, vinculadas a las aguas residuales, lodos y residuos sólidos, además de la concienciación ciudadana en relación con la importancia de protección del recurso y su eficiente utilización. Promover tecnologías que apoyen la sostenibilidad ambiental. Desarrollar la prestación en el marco de una gestión ambiental sostenible, dentro del ciclo cerrado del agua, incorporando la gestión de riesgos, así como la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático.

Ilustración 26 – Concepto de sostenibilidad ambiental – Fuente: ENS

Resultados:

Servicios de agua y saneamiento prestados bajo un marco de sostenibilidad ambiental y prevención de riesgos.

4.1 Gestión del recurso hídrico eficaz y sostenible, en la prestación de los servicios de saneamiento.

4.2 Gestión integral de desechos, sustancias contaminantes y fuentes de contaminación.

4.3 Eficaz gestión de riesgos y cambio climático, en la prestación de los servicios de agua y saneamiento.

EJE 5: Prácticas ciudadanas, educación sanitaria e higiene

Se refiere a la promoción e implementación de buenas prácticas ciudadanas y de higiene, así como del manejo del agua y residuos sólidos, a través de una educación continua orientada a incorporar en la población comportamientos sanitarios dirigidos a disminuir la mortalidad y preservar el medio ambiente.

Ilustración 27 – Charlas de concienciación de valores en colegios – Fuente: ENS

Resultados:

Una sociedad que incorpora adecuadas prácticas ciudadanas y hábitos de higiene que promueven la sostenibilidad ambiental y reducen riesgos de enfermedades.

5.1 Espacios de articulación intersectorial creados en el marco de la estrategia de atención primaria de salud y de prevención de dengue, zika, chikungunya y cólera, entre otros.

5.2 Desarrollo de programas y herramientas dirigidos a incorporar prácticas ciudadanas y hábitos de higiene que propicien la sostenibilidad ambiental y reduzcan las enfermedades por el manejo inadecuado del agua y de los residuos sólidos, así como programas educativos para mantener las infraestructuras.

Criterios para la priorización en las inversiones

Se le dará prioridad a aquellas inversiones que contribuyan a la consecución de la finalidad de la ENS y que se logren a corto plazo y a un coste relativamente bajo. Debido a la realidad del país y teniendo en cuenta sus limitaciones económicas e institucionales, se han propuesto los siguientes criterios para realizar la priorización:

a) Bajo coste y alto impacto: actividades que requieran de pocos recursos y cuyos resultados sean de alto impacto.

b) Focalización: intervenciones que impliquen magnitudes importantes en recursos y/o tiempo.

c) Vacíos de información: actividades que necesitan ser desarrolladas para completar información en aspectos importantes que no cuentan con una línea de base inicial.

Consideraciones a tener en cuenta para completar la estrategia a medida que avance su implementación

Uno de los principales objetivos que se han tenido en cuenta a la hora de elaborar esta estrategia, ha sido que pudiera empezarse a hacer un seguimiento de esta de forma inmediata. Por este motivo, los indicadores propuestos se han establecido de manera que puedan ser medidos con la información disponible en el país hoy en día. No obstante, a medida que se vayan llevando a cabo las líneas de acción recomendadas en la estrategia sería interesante ir incorporando nuevos indicadores que permitan cuantificar con mayor detalle la evolución que, en materia de saneamiento, está teniendo lugar en el país.

Así pues, el objetivo es establecer una serie de indicadores con los que se podrían completar los ya propuestos con el fin de ir avanzando, no sólo en los temas relacionados con el servicio (cobertura, fortalecimiento normativo e institucional, sostenibilidad económico-financiera, sostenibilidad ambiental y educación), sino en el soporte de la evolución y evaluación del servicio, el cual se basa en la información disponible sobre el mismo. Cuanto más completa

sea la información que se tiene del servicio, más eficaces podrán ser las medidas a llevar a cabo para mejorarlo y hacerlo sostenible.

En este sentido, se considera que los indicadores propuestos anteriormente para la evaluación de los diferentes ejes estratégicos podrían ser completados con los siguientes:

EJE 1: Cobertura de servicios de agua y saneamiento

• Número de plantas de tratamiento de aguas residuales que cumplen con las normas de vertido.

• Caudal de dotación por habitante.

• % pérdidas en la red de agua potable.

• % de sistemas de alcantarillado condominales / total de sistemas de alcantarillado.

EJE 2: Modelo de gestión bajo marco sostenibilidad económico-financiera

• Nivel de endeudamiento de los operadores.

• Inclusión en las tarifas del coste de operación y mantenimiento e inversiones de agua potable y alcantarillado.

• % financiación pública en los operadores.

• % reclamaciones atendidas de forma eficiente.

• Número de operadores que cuentan con un sistema de auditoria interna.

• Número de operadores con auditoría externa.

• Nivel de salario del personal de los operadores.

• Número de operadores que publican los datos de sus servicios.

• Incidencia en el desarrollo de sectores productivos del país.

EJE 3: Ordenamiento y fortalecimiento del sector

• Existencia de leyes específicas para los servicios de agua potable y saneamiento.

• Existencia de normas/guías nacionales de diseño y construcción de infraestructuras de saneamiento.

• Presupuesto del estado destinado a subvencionar centros de investigación o departamentos de universidades en la temática de agua y saneamiento.

• Presupuesto con el que cuentan los centros de investigación o departamentos de universidades para destinar a investigaciones en agua y saneamiento.

• Existencia de planes de formación y capacitación del personal por parte de los operadores.

• Número de alumnos de especializaciones relacionadas con agua y saneamiento.

EJE 4: Sostenibilidad ambiental y prevención de riesgos

• Número de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas con medidor de caudal.

• Índice de tratamiento de aguas residuales domésticas en volumen.

• Índice de caudal de agua residual doméstica tratada de acuerdo con los límites de calidad exigidos en la normativa existente.

• Número de plantas de aguas residuales domésticas fuera de servicio o que no cumplen con la normativa existente.

• Volumen de agua residual descargada por camiones cisterna procedente de vaciados de sistemas no colectivos.

• Número de plantas de tratamiento de aguas residuales no domésticas con medidor de caudal.

• Índice de tratamiento de aguas residuales no domésticas en volumen.

• Índice de agua residual no doméstica tratada de acuerdo con los límites de calidad exigidos en la normativa existente.

• Caudal de agua reutilizado global.

• Caudal de agua reutilizada en los diferentes usos (servicios públicos, agricultura, etc).

• Índice de plantas de reutilización de aguas residuales domésticas que cumplen con la normativa existente.

• Índice de plantas de reutilización de aguas residuales no domésticas que cumplen con la normativa existente.

• Número (%) de mataderos y mercados que gestionan adecuadamente los residuos sólidos que producen.

• Cantidad de lodos generados.

• Cantidad de lodos tratados correctamente/de acuerdo con las normas existentes.

• Cantidad de lodos destinados a los distintos sistemas de gestión (vertedero, valorización energética, valorización agrícola, etc).

• Cantidad de residuos (según los tipos) gestionada en los diferentes destinos finales (vertedero, compostaje, valorización energética, etc).

• Índice de masas de agua clasificadas según sistema de ordenamiento y clasificación.

• Número de ayuntamientos con sistemas separativos/unitarios para la recogida de pluviales.

5.3. Gestión de los residuos sólidos urbanos

La deficiente gestión de los residuos sólidos urbanos afecta muy negativamente a la salud de la población y el medio natural (ríos, acuíferos, costa, etc.). Por este motivo, el Ministerio de Medio ambiente y Recursos naturales redacta en el año 2014 una *Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)*.

Prácticamente todas las actividades humanas están asociadas a la generación de residuos. El modelo de desarrollo actual que tiene la República Dominicana se basa en un crecimiento poblacional, un aumento del nivel de vida, un proceso acelerado y desordenado de urbanización y diversos cambios en los modos de consumo que han provocado un gran aumento del consumo de bienes, produciendo un crecimiento masivo en la generación de residuos y a una velocidad sin precedentes.

Este mismo escenario es típico en casi todos los países a nivel mundial, por lo que se han comenzado a desarrollar una serie de tecnologías para el tratamiento de estos residuos. Estas tecnologías suelen ser soluciones económicamente viables y ambientalmente sostenibles.

La pérdida de la salud por manejo inadecuado de residuos tiene costes sociales y económicos considerables, tales como: muertes, enfermedades, reducción de los años de vida, generación de gastos médicos, disminución de la productividad, alteración del estado físico y mental, entre

otros. Además, la protección de la calidad del ambiente en general es una obligación del estado dominicano, a fin de garantizar el bienestar de la población.

Ilustración 28 – Planta de reciclaje del Cibao, empresa dedicada al tratamiento de residuos sólidos – Fuente: Recicladora del Cibao

La realidad de la gestión de los residuos sólidos municipales constituye una urgencia nacional. Por estos motivos mencionados anteriormente, se proponen una serie de medidas y/o disposiciones:

- Intervención prioritaria a los llamados municipios-meta un plan de adecuación de los lugares de disposición final de residuos sólidos y generar un sistema tarifario que permita la sostenibilidad económica, existiendo transparencia en todos los costes asociados a las distintas etapas de la gestión.
- Cierre de una serie de vertederos situados en distintos puntos del país.
- Inicio en la construcción de una serie de vertederos controlados.

Ilustración 29 – Construcción del vertedero controlado de Villa Altagracia – Fuente: Noticias Sin

- Creación del “Comité de Emergencia de Residuos Sólidos”, conformado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Ministerio de Salud Pública y la Liga Municipal Dominicana, el cual se activaría, en caso de presentarse situaciones sanitarias y ambientales que así lo ameriten. La autoridad del municipio competente será invitada a participar en dicho comité.
- Elaboración de un “Mapa de Puntos Únicos Autorizados de Vertido” a nivel nacional.
- Realización de un “Diplomado en Diseño y Gestión de Sitios de Disposición Final de Residuos Sólidos”, dirigido al personal responsable del manejo de residuos en los municipios y distritos municipales.
- Puesta en marcha del “Proyecto para el Desarrollo de Capacidad Institucional en el Manejo de Residuos Sólidos a Escala Nacional en la República Dominicana”.
- Inicio de un plan de acción institucional para promover y apoyar la ejecución de “Proyectos Piloto de Separación en la Fuente y Recogida Selectiva, con inclusión Social y Económica de los Buzos” en una serie de municipios.

Con esta política, se pretende asimilar el sistema de gestión de residuos sólidos urbanos al de otros países referentes en esta materia, intentando así conseguir una convivencia en armonía con el medio ambiente para el disfrute tanto de la generación actual como de las generaciones futuras.

5.3.1. Antecedentes

La recolección y transporte de los residuos sólidos en la República Dominicana han sido tradicionalmente la base en la gestión de los residuos sólidos municipales. La disposición final suele ser a cielo abierto, en unas condiciones que, en la mayoría de los casos, no responden a las mínimas normas sanitarias y ambientales, creando así un problema social, ambiental y de salud pública. La presencia de gérmenes patógenos, los malos olores, la producción de lixiviados y de gases de efecto invernadero, la proliferación de insectos y roedores y la degradación estética del paisaje son, entre otros, los principales problemas derivados de la mala gestión de los residuos sólidos.

Es necesaria la voluntad política para que se produzca una correcta ejecución de la Política de Gestión Integral de Residuos. Además, será necesaria la aceptación por parte de los agentes implicados.

Por tanto, surge la necesidad de formular una serie de estrategias y líneas de acción. Las más destacadas son:

• Correcta articulación y generación de estrategias por parte de los políticos de las líneas de acción.

• Definir líneas de trabajo para una adecuada fiscalización y control de situaciones de incumplimiento a normativa existente.

• Crear estrategias que promuevan la participación de todos los actores, tanto públicos como privados.

• Promover la recogida y sistematización de información para orientar de forma correcta la toma de decisiones en la definición de los objetivos y tareas.

• Vincular las estrategias con el estilo de vida de la población.

La solución al problema no debe tratarse de una solución aislada y a corto plazo, sino que debe enmarcarse en una visión global y a largo plazo, es decir, una solución integral. Para ello la participación y consciente de la población es vital. Se debe concienciar a la población para que se produzca un cambio de mentalidad y de comportamiento.

5.3.2. Gestión integral de los residuos sólidos

El Estado dominicano asume como la alternativa más adecuada la Gestión Integral de Residuos Sólidos, promoviendo iniciativas que contribuyan a la reducción de residuos, su reutilización y reciclaje. Además, se favorecerá la inclusión social y económica a los recuperadores de residuos y se tratará de establecer medidas para que la disposición final no suponga riesgos para la salud y el medio ambiente. Para que todo esto sea posible, es necesaria la educación ambiental, la concienciación de la ciudadanía y la aplicación de sanciones en los casos de incumplimiento de la normativa, para conseguir una convivencia en armonía con el medio ambiente para el disfrute no sólo de la generación actual, sino de las futuras generaciones.

5.3.3. Marco legal

- La Constitución de la República.

- La Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales 64-00.

- La Ley General de Salud Pública y Asistencia Social 42-01.

- La Ley sobre el Distrito Municipal y los Municipios 176-07.

- La Ley 120-99.

- La Ley 83-89.

- La Estrategia Nacional de Desarrollo, Ley 1-12.

- La Norma para la Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos No Peligrosos y Resolución No. 15/2009 del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- Ley General de Educación Ley 66-97.

- Ley 163-03 sobre Régimen de Cooperación y Asistencia Financiera del Poder Ejecutivo a los ayuntamientos.

5.3.4. Líneas generales

Fundamentos

• La generación y composición de los residuos sólidos municipales está ligada al modelo de desarrollo, basado en el aumento de la población y el consecuente aumento de residuos.

• La gestión de los residuos sólidos municipales (RSM) está estrechamente vinculada con la participación ciudadana. La población es irresponsable frente al problema existente en la gestión de residuos, ya que depositan la basura en cualquier lugar y en muchos casos no se paga el servicio. Es necesario un cambio de mentalidad y comportamiento.

• El manejo adecuado de los residuos sólidos municipales es viable técnica y económicamente y ambientalmente sostenible.

• Se requiere buscar soluciones graduales y flexibles acordes a la realidad del país. Cada una de las soluciones propuestas debe tener en cuenta no sólo consideraciones de tipo técnico, sino también aspectos ambientales, económicos y socioculturales. Esto hará que se produzcan inversiones privadas y la creación de empresas sociales en las que intervengan los recuperadores de residuos (“buzos”).

Ilustración 30 - “Buzos” en plena recuperación de materiales en el vertedero de Duquesa – Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

• Responsabilidad institucional compartida.

• Formalización de los recuperadores de residuos sólidos, popularmente conocidos como "buzos". Mientras la extrema pobreza y el desempleo sean una realidad en el país habrá "buzos", uno de los actores principales en el circuito del reciclaje. Hay que buscar una solución justa que garantice a estos trabajadores unas mejores condiciones laborales.

Principios

Los principales principios de la política nacional en gestión de residuos sólidos municipales son:

• Gestión integral e integrada: garantizar un adecuado manejo de los residuos sólidos en todas sus etapas, desde su generación hasta su reaprovechamiento o disposición final.

• De precaución: la falta de certeza frente a un daño grave o irreversible hará que se adopten medidas eficaces para impedir la degradación de la salud y el medio ambiente.

• Sostenibilidad ambiental: los generadores de residuos tienen que ser responsables en todo el ciclo para preservar los recursos disponibles.

• Jerarquía en la gestión de residuos: establecer un orden de prioridad. Prevención/reducción, reutilización, reciclaje, valoración de la materia orgánica, valoración energética y disposición final o eliminación sin peligro.

• La prevención o reducción en la fuente: reducir los residuos desde su inicio, a través de nuevos diseños de productos, mejora de métodos o aumento de la vida útil de los productos.

• Sostenibilidad financiera: la gestión integral de los residuos sólidos municipales requiere de un manejo financiero sostenible.

• Responsabilidad "De la cuna a la tumba" / "De la cuna a la cuna": hay que asumir la responsabilidad de la gestión de los residuos desde la generación hasta su reutilización, tratamiento, valorización o disposición final adecuada.

• Responsabilidad extendida del productor: tiene la responsabilidad del producto durante todo su ciclo de vida, incluyendo las fases postindustrial y post-consumo.

• Principio de uso de la mejor tecnología posible: procesos innovadores asociados a una mayor rentabilidad, ventajas de competitividad y sostenibilidad ambiental.

• "El que contamina, paga": el que origine los impactos será quien los mitigue, asumiendo toda la responsabilidad sobre las consecuencias resultantes del mismo.

Ilustración 31 – Recursos biomédicos en el vertedero de Haina - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

Objetivos y líneas de acción

Generales: Lograr una gestión integral de los residuos sólidos municipales que evite y/o minimice los impactos negativos sobre la salud de la población y sea ambientalmente sostenible y socioeconómicamente viable.

Específicos:

1) Incentivar la creación de un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Municipales basado en la mejora de las condiciones económicas, tecnológicas y ambientales, con inclusión social y económica de los buzos.

Líneas de acción:

a) Promover la disminución en la generación de residuos sólidos. Se sugiere la implementación de normativa que estimule el uso de envases retornables.

b) Incentivar la recuperación y el reciclaje.

- Incentivar a los productores y consumidores de residuos que utilicen productos reciclados y reciclables.

- Definir pautas para la participación del sector privado en la gestión de residuos.

Ilustración 32 - Recuperación de botellas plásticas en el vertedero de Haina - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

- Incentivar la separación de residuos en contenedores de almacenamiento que permitan una recogida selectiva.

- Promover el desarrollo de instalaciones de recuperación de materiales para la separación de los componentes de los residuos sólidos.

- Impulsar la incorporación de tecnologías para la recuperación y preparación de materiales para su reutilización, reprocesamiento y transformación en nuevos productos.

- Incentivar las alianzas público-privadas para el desarrollo de proyectos de residuos sólidos municipales.

- Promover contactos con el sector privado nacional y empresas internacionales con experiencia en manejo y reciclaje de residuos sólidos, con el objetivo de establecer acuerdos de cooperación para formar técnicamente a los actores de la cadena de gestión de residuos.

- Promover el uso de los abonos para recuperación energética (aprovechamiento del biogás y producción de biocombustibles líquidos y sólidos).

- Evaluar la definición de normativas industriales para la fabricación de productos y envases que utilicen materiales que permitan la reducción de residuos y que incentiven su reutilización.

- Organizar y reglamentar las actividades de los agentes informales, promoviendo la creación y el desarrollo de cooperativas y microempresas de recuperadores de residuos (“buzos”).

- Promover la implementación de sistemas de recuperación de materiales aprovechables en las instituciones públicas y todo el sistema educativo nacional.

c) Definir normas técnicas y operativas para la gestión de los residuos sólidos municipales. Se propone elaborar un único reglamento que contemple las normas para todas las etapas, así como indicadores de gestión de cada una de las operaciones que conforman el sistema. Estas normas deberán ser consideradas como los mínimos requerimientos a cumplir. Las ordenanzas municipales u otras normas complementarias podrían establecer exigencias más estrictas, de acuerdo con la realidad de cada municipio, en los siguientes aspectos:

Almacenamiento temporal en la fuente

*D*efinir las exigencias mínimas para el almacenamiento de los residuos sólidos domiciliarios. Por ejemplo: prohibir el vertido en bolsas plásticas en el suelo, obligando a la colocación en otro envase más apropiado. Establecer claramente las condiciones de almacenamiento en la calle para cada tipo de vivienda.

Recolección y transporte

Ilustración 33 - Camión en el proceso de recogida y transporte de residuos - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

Estaciones de transferencia, centros de acopio y plantas de tratamiento

Definir requisitos y obligaciones en cuanto a localización, construcción y operación de estas instalaciones, teniendo en cuenta criterios técnicos, socioeconómicos y ambientales.

Ilustración 34 - Descarga de residuos en la Estación de Transferencia del Ayuntamiento del Distrito Nacional - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

d) Internalización de todos los costes asociados a la gestión de los residuos sólidos municipales. Incorporar todos los costes asociados a todas las etapas de la gestión (almacenamiento temporal, recogida, barrido, transporte, valorización/ disposición final adecuada) así como la difusión y educación ciudadana, con el objetivo de dar una señal clara al consumidor sobre el coste real del servicio.

e) Definir un sistema tarifario que refleje los costes reales asociados a una gestión integral de los residuos sólidos municipales. Para que el sistema tarifario sea justo y sostenible se tendrá en cuenta la condición socioeconómica del usuario.

Ilustración 35 – Vertedero municipal de Higüey - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

f) Desarrollar sistemas efectivos en el cobro del servicio. Los ayuntamientos, como prestadores del servicio, son responsables de desarrollar sistemas efectivos de cobro, independientemente de los acuerdos, convenios o contratos que puedan suscribir con otras instituciones públicas y/o privadas para su aplicación.

g) Promover el modelo de gestión “Basura Cero”. En relación a este concepto se pueden destacar: baja generación de residuos, alta composición en materia orgánica, condiciones de aislamiento geográfico y la posibilidad de desarrollo de huertos caseros y comunitarios.

h) Establecer programas de recolección selectiva de desechos peligrosos y/o especiales del hogar para minimizar su inadecuada eliminación y/o garantizar su correcta disposición final. Los ayuntamientos son responsables de establecer los mecanismos necesarios para garantizar la gestión adecuada de los residuos sólidos especiales generados en el hogar. Se propone la implementación de programas en distintos sectores de la población, teniendo en cuenta su condición socioeconómica, nivel de educación, grado de compromiso/cumplimiento con la gestión integral de residuos, entre otros factores. Se establecerán centros de acopio específicos para este tipo de residuos. A partir del plazo establecido, la recogida selectiva de estos desechos será obligatoria a nivel nacional.

i) Promover en los planes de desarrollo urbano una dinámica de trabajo interdisciplinaria y de cooperación. La gestión integral de residuos requiere el concurso y la colaboración de todos los sectores de la sociedad, a fin de garantizar el éxito de esta.

j) Promover la definición de los instrumentos legales y de planificación. Leyes generales y sectoriales, así como planes de ordenamiento territorial, a fin de articular las políticas de desarrollo y de prevención de impactos.

k) Promover acciones de cara al control y eliminación de los vertederos incontrolados e ilegales existentes. Se determinarán las formas de control y eliminación. El cambio en los hábitos ciudadanos, la divulgación adecuada de alternativas de disposición y las sanciones al incumplimiento son parte del compromiso de la presente política.

Ilustración 36 – Vertedero de la Vega - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

l) Garantizar una disposición final sin peligro para la población y el medio ambiente. Se establecen los vertederos controlados como la solución técnica y ambiental para la disposición final de los residuos municipales. En el caso de que los residuos sean no reciclables o no valorizables, el relleno sanitario parece ser, en el corto y mediano plazo, la tecnología más adecuada para la disposición final de los residuos sólidos municipales. El relleno mismo, si se construye de acuerdo con normas técnicas, constituye una solución ambientalmente segura.

m) Implementar como norma general la disposición final de los residuos sólidos municipales en “rellenos sanitarios/vertederos controlados regionales/provinciales” para las ciudades grandes y/o mancomunidades.

El proceso de determinación de la localización debe ser transparente y participativo, dando a conocer los criterios de selección y las garantías técnicas de estas instalaciones, así como incorporando a las comunidades en el proceso de toma de decisiones. Un aspecto clave de las negociaciones es evidenciar las externalidades positivas que se derivarían del desarrollo del proyecto, resaltando sus ventajas. Dentro de estas externalidades se pueden señalar: mejora de los accesos, generación de gas y/o electricidad para consumo doméstico e industrial, generación de empleos y creación de áreas verdes producto de las zonas de amortiguación y del posterior cierre de las instalaciones.

n) Promover los “vertederos controlados manuales”. Para las pequeñas ciudades y medios rurales, cuya situación geográfica y/o generación de residuos impida la viabilidad económica para depositar en rellenos sanitarios/vertederos controlados regionales/provinciales, los “vertederos controlados manuales” constituyen una posible solución.

o) Priorizar la intervención en el manejo de los residuos sólidos municipales en los municipios de mayor generación y/o vocación turística. Siendo el turismo la principal fuente de ingreso en el país y teniendo en cuenta los impactos negativos que una gestión inadecuada de los residuos sólidos municipales provoca en la actividad turística, es necesario priorizar la ejecución de intervenciones en los municipios con alta vocación turística. En el mismo sentido, se enfocarán los centros de alta generación, a fin de que la solución genere un impacto significativo.

p) Incentivar la formalización de los centros de reciclaje existentes.

2) Fomentar la participación ciudadana y el compromiso público con las acciones que se implementen, a fin de optimizar la gestión de los residuos sólidos municipales.

a) Crear mecanismos concretos de participación de la población. A diferentes niveles, conformar comités, consejos, mesas, etc., integrados por instituciones y técnicos independientes en el dominio ambiental y/o específicamente en el ámbito de los residuos sólidos, así como representantes de la sociedad civil organizada.

b) Promover la incorporación de las organizaciones comunitarias existentes a la gestión integral de los residuos sólidos municipales, tales como juntas de vecinos, asociaciones de mujeres, iglesias, clubes deportivos y culturales, etc.

c) Destacar la importancia y el rol preponderante de las mujeres en la gestión integral de los residuos.

d) Promover la cultura de las “3Rs” (reducción, reutilización y reciclaje). Es importante motivar un cambio en la conciencia ciudadana y el estilo de vida, fomentar en toda la sociedad una interacción en armonía con la naturaleza y respeto a todo lo que nos rodea, desarrollar el compromiso de la generación presente en la conservación del medioambiente y los recursos naturales para su disfrute y el de las futuras generaciones.

e) Incentivar la producción y el consumo de productos que minimicen y/o no generen impactos ambientales negativos.

f) Promover en la población formas alternativas de manejo sostenible de los residuos sólidos domiciliarios. La preferencia por productos reciclados y reciclables contribuye a la minimización en la generación. De este modo, la separación en el origen facilita el reciclaje.

g) Enfocar la estrategia educativa y de difusión sobre el manejo adecuado de los residuos sólidos domiciliarios hacia la población infantil y juvenil, teniendo en cuenta que en ellos son el futuro del país.

h) Proponer la incorporación en las 60 horas de servicio escolar obligatorio de acciones ligadas a la promoción de una gestión integral de residuos sólidos.

i) Promover la creación de mecanismos para involucrar a los estudiantes de todos los niveles en programas de labor social relacionados con asuntos ambientales, específicamente en gestión integral de residuos.

j) Proponer la incorporación en el currículo escolar de conceptos relacionados con la gestión integral de residuos, entre ellos: responsabilidad compartida y diferenciada, prevención, minimización, recuperación, reutilización, reciclaje, disposición final, entre otros.

k) Establecer adecuadamente y de forma sostenible la educación y participación ciudadanas en materia de gestión de residuos, definiendo responsabilidades, normativas y sanciones.

Ilustración 37 - Basura depositada justo enfrente de letrero que indica la penalización con cárcel en caso de depositar basura en el espacio público - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

l) Bajo la premisa de “responsabilidad compartida, pero diferenciada”, fomentar el trabajo conjunto. Los gobiernos locales, las autoridades educativas y de salud, el sector privado, la sociedad civil organizada y la ciudadanía en general juegan un rol importante en la gestión de residuos. Se requiere establecer mecanismos y modalidades para la concretización de las responsabilidades de cada uno de estos actores.

3) Fortalecer el marco institucional en materia de gestión de residuos a nivel nacional y municipal.

a) Reafirmar/esclarecer la responsabilidad municipal. Por mandato legal, la autoridad municipal es la institución encargada de la recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos municipales. Dentro del marco de una política de gestión integral de residuos, esta responsabilidad incluirá la promoción y/o ejecución de actividades que apoyen la separación en el origen, el transporte segregado, el acopio, la clasificación y comercialización de los materiales reciclables.

De igual modo, a los ayuntamientos les corresponde el diseño y la aplicación de un sistema tarifario y de cobro del servicio a los usuarios comunitarios. Para la realización

de estas actividades los municipios están facultados para suscribir contratos o convenios con instituciones privadas o públicas.

b) Reafirmar/esclarecer el rol del estado. El Estado, como ente rector, regulador y fiscalizador, es un actor indispensable en la gestión integral de los residuos sólidos municipales. Proveerá el marco para el diseño y funcionamiento de las distintas instalaciones y servicios asociados al manejo de los residuos. Este aspecto involucra, por lo menos, atribuciones conjuntas de los ministerios de: Economía, Planificación y Desarrollo, Salud Pública, Educación y Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como la Liga Municipal Dominicana u otras que apliquen, de acuerdo con lo estipulado en sus respectivas leyes.

Ilustración 38 - Residuos sólidos y aguas negras en la Av. Prolongación Independencia - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

Por otra parte, al Estado le corresponde un papel más amplio, el de asegurar el funcionamiento global del sistema, especialmente en aquellos aspectos en que las competencias y capacidades municipales se vean excedidas:

• Velar por la salud de las personas mediante una permanente fiscalización de las instalaciones de manejo y disposición final de los residuos.

• Apoyar la capacitación de funcionarios municipales y otros agentes sociales, quienes enfrentarán en el futuro cercano nuevos roles y nuevas exigencias.

• Planificar, a largo plazo, las actividades de manejo de los residuos sólidos municipales en coordinación con los municipios y mancomunidades.

• Velar por la equidad, aportando los criterios que permitan establecer relaciones justas entre los distintos actores involucrados.

• Garantizar el buen funcionamiento de los mercados, tanto de los servicios privados que contribuirán al manejo, como de los materiales que se generarán con la actividad de reciclaje.

• Promover el establecimiento de líneas de financiación para la implementación de planes, programas, proyectos, etc.

• Fomentar mecanismos institucionales donde se armonizan y direccionan, integral y coordinadamente, todos los esfuerzos que encamina la política, sobre todo en el rango de la financiación, eficiencia del reciclaje y la gestión municipal.

• Promover la creación de un Comité de Manejo de Residuos Sólidos, el cual se activaría en caso de presentarse situaciones sanitarias y ambientales urgentes.

• Incentivar la creación de mecanismos y sistemas de control y vigilancia para garantizar el cumplimiento de la normativa existente y de la presente política.

• Viabilizar la cooperación y financiación internacional para la construcción de plantas de valorización de residuos orgánicos e inorgánicos, sistemas e infraestructuras para la recolección y disposición final y proyectos como “Basura Cero”.

• Promover la definición de una estrategia nacional para la disposición final y la captura y aprovechamiento de metano en biomasa y sitios de vertido, mitigando impactos de gases de efecto invernadero.

• Promover la firma de acuerdos de cooperación no reembolsables con gobiernos amigos, con el objetivo de obtener a bajo coste medios y equipos de manejo y tratamiento de residuos de avanzada tecnología.

• Fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico.

c) Definir roles específicos y mecanismos institucionales

A nivel municipal

Los municipios serán responsables de establecer un Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos, en concordancia con el Plan Nacional de Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales, pendiente de elaboración. Dicho plan incluirá al menos

los siguientes aspectos: separación y almacenamiento en la fuente, recolección, transporte, disposición final, fiscalización y control del servicio. Asimismo, incluirá entre sus objetivos la minimización y tratamiento de los residuos, así como la educación y difusión de buenas prácticas ambientales relacionadas a su adecuado manejo.

Los planes municipales establecerán objetivos y metas, presentarán un calendario de actividades y el presupuesto correspondiente. Además, especificarán cómo se insertan dentro del Plan Nacional de Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales.

Para acceder a determinados recursos del gobierno central, los municipios presentarán su Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales, a través del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. La disponibilidad de fondos y eventuales subsidios otorgados por el gobierno central estarán supeditados al cumplimiento de las metas planteadas en los respectivos planes, así como a la disposición y compromiso de impulsar y facilitar la conformación de mancomunidades.

Las propuestas de proyectos involucrados a la gestión de residuos sólidos sean públicos o privados deberán responder a las líneas generales de esta política y serán presentados para su evaluación por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

A nivel de mancomunidad

Cada municipio en particular es el encargado de realizar todas las tareas que conciernen a la gestión integral de residuos, en aquellos aspectos o tareas que se estime necesario, tanto la Ley 64-00 como la Ley 176-07 le conceden la facultad de asociarse a otros municipios para obtener acceso a alternativas técnica y económicamente mejores.

En el caso de asociarse a otros municipios, la mancomunidad elaborará un Plan Mancomunado de Gestión de Residuos. Además, las mancomunidades pueden brindar asistencia técnica a los municipios asociados.

d) Establecer disposiciones para los actuales sistemas de gestión de los residuos sólidos municipales en su transición hacia la aplicación definitiva de esta política. En el país, prácticamente la totalidad de los residuos sólidos municipales generados son dispuestos en vertederos incontrolados que no cumplen con los principios y objetivos planteados en esta política.

De igual forma, las características técnicas y de gestión, el sistema tarifario y el marco legal existentes requieren ser definidos y/o readecuados para alcanzar los objetivos planteados. Se requiere además la creación de mecanismos de participación ciudadana en el sistema de gestión integral de los residuos.

En ese sentido, se establecerán las disposiciones de transición que garanticen de forma progresiva el avance hacia una plena aplicación de los principios y líneas de acción de esta política nacional. En particular, en lo referente a las instalaciones de disposición final existentes, en las que se efectuarán las modificaciones técnicas necesarias para velar por la seguridad ambiental y sanitaria de la ciudadanía.

Específicamente, en cuanto al destino final, dichas disposiciones incluirán por lo menos:

• Plan de gestión de los vertederos existentes en cuanto a: saneamiento, operación del vertedero, recuperación de los materiales reciclables, condiciones de trabajo de los buzos, entre otros aspectos.

• Tiempo de cierre técnico definitivo del vertedero incontrolado.

• Tiempo de saneamiento de los vertederos existentes.

• Tiempo de apertura del relleno sanitario regional/provincial.

4) Promover la participación ciudadana.

a) Fortalecer las capacidades de los organismos gubernamentales vinculados a la gestión integral de los residuos, a través del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales a todos los niveles, como ente rector, regulador y fiscalizador en la materia.

b) Fortalecer las capacidades de los gobiernos locales (ayuntamientos), especialmente las Unidades de Gestión Ambiental Municipal – UGAM, así como incentivar su creación en caso de inexistencia.

c) Promover acciones para el fortalecimiento de las capacidades organizacionales, técnico-operativas y de desarrollo humano de los recuperadores (buzos).

d) Dar facilidades a las empresas del sector para apoyar los planes de capacitación del personal.

5) Incentivar la incorporación de la investigación científica orientada a la solución de los problemas.

a) Fomentar, siguiendo el ejemplo de otros países, la creación de “Grupos de Residuos Sólidos” en los centros de estudios públicos y privados de nivel básico, medio y superior (colegios, universidades, institutos técnicos y tecnológicos, etc.), los cuales desarrollarían acciones de acuerdo con su nivel académico.

b) Promover en los centros regionales de estudios superiores, públicos y privados la realización de estudios enfocados a la presentación de propuestas innovadoras específicas para la solución a la problemática de los residuos sólidos.

c) Incentivar, mediante concursos y otros mecanismos, el diseño de envases y empaques alternativos tendentes a la reducción de la generación de residuos y a la utilización de materias primas alternativas.

d) Fomentar la creación de alianzas estratégicas de los centros de estudios superiores nacionales con centros de estudios internacionales, a fin de fortalecer las capacidades de investigación en materia de proyectos de gestión de residuos sólidos.

e) Formación de especialistas, desarrollo de tecnologías y realización de los estudios de caracterización.

Ilustración 39 - Zafacones a partir de plástico reciclado fabricados en el país - Fuente: Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)

6. Análisis y diagnóstico de la zona de estudio

6.1. Descripción del clima

6.1.1. Descripción general del clima y datos climáticos de interés

Descripción del clima

Según la clasificación climática de Köppen, que se basa en el concepto de que la vegetación nativa es la mejor expresión del clima, combina los promedios mensuales y anuales de las temperaturas y las precipitaciones, y la estacionalidad de las precipitaciones. En la República Dominicana se manifiestan tres de los cinco grupos climáticos:

A) Tropical (de selva – de bosque – de sabana)

B) Seco (árido – semiárido).

C) Templado.

El clima predominante en el país es el clima tropical de sabana con temporada doble de lluvias, también llamado tropical húmedo y seco. La falta de lluvias se nota solamente en el invierno, básicamente en los meses de febrero y marzo, constituyendo una temporada de sequía bien definida.

Fuera de esta época, llueve regularmente durante el resto del año, principalmente en mayo, y también en agosto, septiembre y octubre. Este es el clima característico de la zona estudiada.

Ilustración 40 – Tormenta tropical Erika – Fuente: El Periódico

Datos climáticos generales

Datos climáticos anuales en el municipio de Bajos de Haina:

- Latitud: 18.25º Norte
- Longitud: 70º 01' Oeste

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Precipitación normal (mm)	63	57	54	72	188	140	145	177	181	187	100	84	
Promedio días de precipitación	10	8	9	10	14	13	14	15	14	16	12	12	147.0
Precipitación max. En 24 h (mm)	156	186	97	119	282	189	142	236	234	182	152	173	
Precipitación normal acumulada (mm)	63	120	174	246	434	574	718	896	1077	1264	1363	1448	8377.0
Temperatura media (ºC)	24.2	24.1	24.7	25.4	26.1	26.7	26.9	27	26.9	26.5	25.6	24.8	25.7
Temperatura max. media (ºC)	29.3	29.3	29.7	30.3	30.4	30.9	31.4	31.6	31.5	31.2	30.7	29.7	30.5
Temperatura min. media (ºC)	19.7	19.8	20.3	21.2	22.3	23	22.9	22.8	22.4	21.5	20.4	21.6	21.5
Evaporación media mensual	123	130	169	166	159	149	150	151	138	134	118	109	1696.0
Dirección del viento diurno	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
Dirección del viento nocturno	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Velocidad media del viento (km/h)	10.9	10.9	10.8	10.8	10.1	9.7	9.7	9.6	9	8.8	10	10.4	10.1
Horas de sol promedio mensual	238	229	253	248	234	232	229	236	220	230	231	224	2804.0
Humedad relativa (%)	82	80	79	79	83	84	84	84	85	86	85	84	83
Presión atmosférica media (mbar)	14.8	14.5	14.1	13	12.5	14.2	14.9	14	12.2	11.4	11.9	12.5	13.33
Nubosidad promedio mensual (octavos)	3.8	3.9	3.9	4.2	4.9	5	4.8	4.6	4.8	4.6	4.2	4.1	4.4

	Valor mínimo
	Valor máximo

Tabla 9 – Tabla resumen de los datos climáticos generales de Bajos de Haina

6.1.2. Temperatura

La República Dominicana queda dentro de una isoterma media anual de 25°C. Está suavizada en unos 1.5° C, respecto a la temperatura que le correspondería por su latitud, debido a la influencia marítima y las brisas. A causa de la acción estabilizadora de las corrientes marinas y aéreas, en la costa es raro que el termómetro registre temperaturas por debajo de 10° C.

El municipio Bajos de Haina presenta una temperatura media anual de 25.7°C, alcanzando una media máxima anual de 30.5°C y descendiendo hasta los 21.5°C como media mínima. Estas variaciones de temperaturas a lo largo del año se ven marcadas por las diferencias de humedad atmosférica y la influencia de los vientos. La temperatura más alta se suele registrar durante el mes de agosto (31.6 °C), mientras que la mínima se lee en el mes de enero (19.7°C)

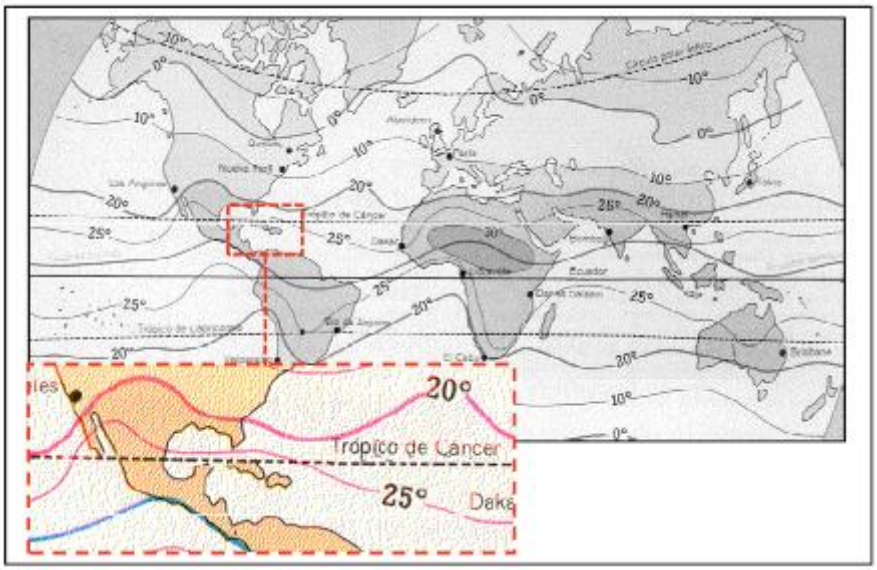


Ilustración 41 – Representación global de las isotermas anuales

Duración del día, insolación y nubosidad

La duración del día (tiempo que permanece el sol sobre el horizonte) oscila entre 11 y 13 horas, dado que la zona de estudio tiene una latitud muy cercana al Ecuador (18º N). El cuadro adjunto muestra la duración promedio del día para cada mes.

Latitud	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
18°	11.10	11.34	12.02	12.33	12.54	13.13	13.06	12.45	12.14	11.45	11.17	11.04

Promedio de horas diurnas por mes

Las variantes estacionales de nubosidad muestran un valor máximo doble: en mayo o junio y en septiembre u octubre, siendo la primera un poco más pronunciada. El promedio de nubosidad diurna varía considerablemente pero, por lo general, es mayor entre las 4 y las 6 de la tarde.

DESTACA:

* Temperatura media anual: *25.7°C*
* Temperatura media máxima: *31.6°C*
* Temperatura media mínima: *19.7°C*
* Duración media del día: *12 horas*
* Nubosidad promedio mensual: *5.0 octavos cielo cubierto (junio)*
  3.8 octavos cielo cubierto (enero)
* Nubosidad promedio diurna: *aumenta entre las 16 – 18 horas*

6.1.3. Vientos

El régimen de vientos puede descomponerse en dos partes: una debida a la circulación media o general en la estructura de la atmósfera (vientos alisios), y otra a las perturbaciones locales de cada región (brisas). Y además, hay que tener en cuenta las variaciones estacionales.

Vientos alisios

Estos vientos predominan sobre la isla durante todo el año. Se hacen sentir más sobre los sistemas montañosos, donde soplan con mayor violencia. Los alisios se originan en un área de alta presión - anticiclón del Atlántico - que se extiende desde las islas Bermudas hasta España. Estos inician su movimiento, casi paralelos a la costa africana y luego giran hacia el Oeste. En las Antillas llegan desde el Este durante todo el año.

Brisas

Estas son corrientes que se manifiestan durante el día y la noche en las zonas costeras del país. Su causa es la diferencia de calentamiento de las tierras y las aguas del mar.

Brisa mar - tierra (brisa marina)

Idealmente comienza hacia las 10 a.m., como consecuencia de la diferencia de temperatura entre la tierra y el mar durante la mañana, y registra su máxima velocidad hacia las 2 p.m. Luego disminuye paulatinamente habiendo un período de calma al anochecer.

Brisa de tierra - mar (terral)

Debido al diferente enfriamiento de la tierra y el mar durante la tarde y la noche, alcanzando su máxima intensidad en las primeras horas de la madrugada.

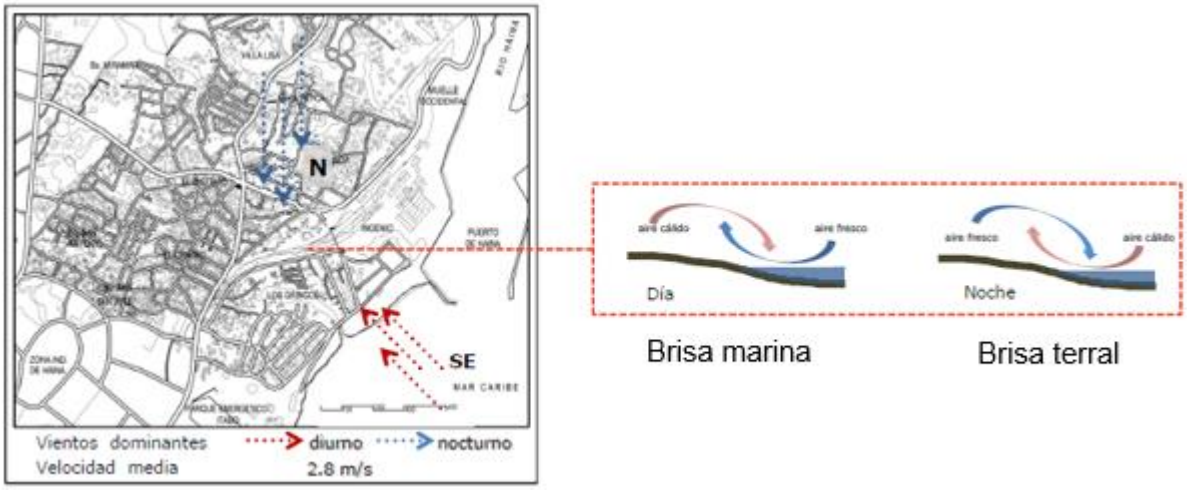


Ilustración 42 – Brisas

Las brisas mar - tierra son vientos locales, de poca altura, que afectan las zonas cercanas a la costa. En los Trópicos pueden alcanzar una altura de 1 - 2 km, penetrando más de 100 km al interior, si no hay montañas que se lo impidan, y alcanzando velocidades de 20 – 30 km/h.

Cabe destacar que además del régimen de vientos anteriormente expuesto, la zona de estudio se ve afectada todos los años por tormentas tropicales que se caracterizan por fuertes vientos, lluvias torrenciales y sus efectos destructores. Su área de formación a lo largo de la temporada ciclónica, está siempre muy cerca del Ecuador: del Golfo de México y Caribe Occidental hasta la isla de Cabo Verde en África.

El término ciclón tropical se aplica para todas las circulaciones que se originan sobre aguas tropicales. Según la velocidad de sus vientos, se clasifican en: Depresión tropical, si no alcanzan 61 km/h; Tormenta tropical, si oscilan entre 61 y 177 km/h; y Huracán, cuando superan los 117 km/h.

La costa Sur es la región más afectada, recibiendo el 67% de los ciclones que afectan a la República Dominicana, dada su situación en la trayectoria de los ciclones formados al Este de los 70° Oeste y bajo los 20° N, que son los que más impactan al país.

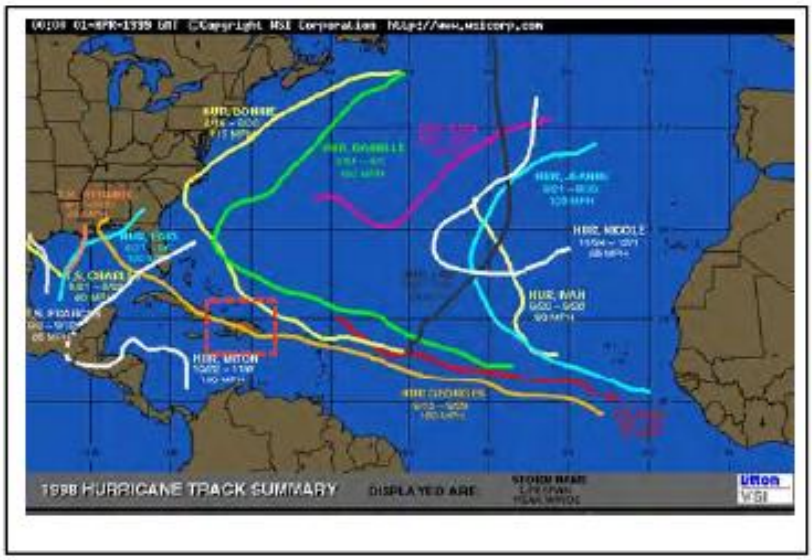


Ilustración 43 – Ruta de los huracanes durante el año 1998 – Fuente: meteorologiard.org

Ilustración 44 – Paso del huracán Irene (2017)

La temporada ciclónica oficial en la República Dominicana (como en todo el Caribe) abarca desde el primero de junio hasta el primero de noviembre de cada año, formándose ciclones ocasionalmente en mayo y diciembre. Los que más afectan a la isla no comienzan hasta agosto, siendo septiembre y octubre los meses en que se generan los más importantes.

DESTACA:

* Dirección del viento predominante: *SE - diurno*, *N - nocturno*
* Velocidad media del viento: *2.8 m/s*
* Ventilación natural matizada por los efectos de las brisas costeras.
* Zona geográfica afectada por tormentas tropicales.

6.1.4. Precipitación

En el país hay cinco causas o factores determinantes de la precipitación pluvial:

1. El relieve.

2. Los frentes polares.

3. La convección.

4. Los huracanes.

5. Las ondas del Este.

La zona que ocupa nuestro estudio se ve afectada por tres de los factores anteriormente mencionados y que a continuación detallamos:

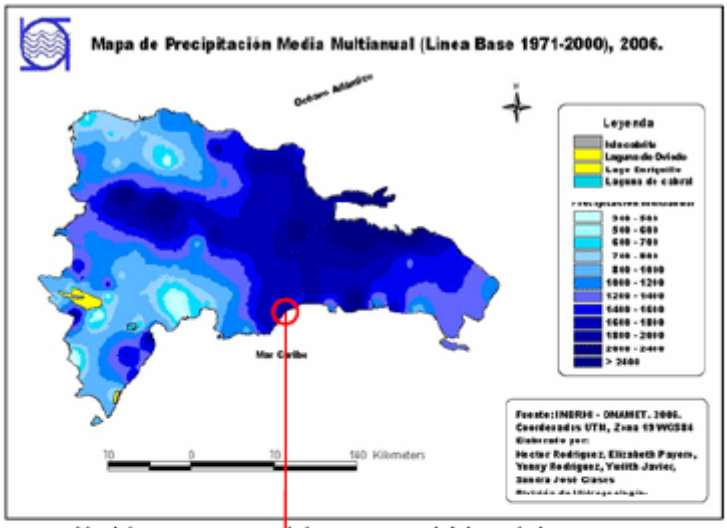
La convección: esta clase de lluvia se produce por ascenso del aire caliente cargado de humedad. La precipitación ocurre por enfriamiento en regiones elevadas de la atmósfera. Esta lluvia es local y se conoce por los cúmulos - nimbos que se forman, los que pueden producir un aguacero repentino. Las estaciones más propicias para la lluvia de convección son la primavera (final), verano y otoño (inicios).

Los huracanes: las corrientes ascendentes de aire en un huracán van cargadas de gran cantidad de humedad, y esa humedad, en estado de vapor, al ascender se convierte en lluvia. Hay que resaltar la temporada ciclónica, que en las Antillas se prolonga de junio a octubre.

Ondas del Este: llamadas también Ondas Alisias porque son los alisios los vientos predominantes y ellos las impulsan hacia el Mar Caribe. Estas ondas traen al país lluvias que pueden durar tres días o más. Aunque tienen el mismo origen que los huracanes, nunca alcanzan la violencia de aquellos debido a que los vientos acompañantes son de intensidad moderada.

Más importante que la cantidad total de lluvia es su distribución a lo largo del año, que es diferente para cada región y zona. A grandes rasgos, la época más lluviosa para la costa Norte y la región Noreste es de noviembre a enero, debido a la presencia de los frentes polares. Estos pueden iniciarse en noviembre o en diciembre y duran hasta marzo.

Para la región Sur y Este (donde se ubica el municipio de Bajos de Haina), la época de lluvias es de mayo a noviembre. El mes de mayo, con una media de 200 mm, es el más lluvioso del país mientras que marzo es el más seco, con menos de 50 mm en más de la mitad del país.



Dato extraído del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de la Rep. Dominicana

DESTACA:

* Precipitación normal: *mínima marzo – 54 mm*
máxima mayo – 188 mm
* Promedio días de precipitación: *mínima febrero – 8 días*
máxima agosto - 15 días
* Humedad relativa media: *mínima marzo – 79%*
máxima octubre – 86%

Ilustración 45 – Mapa de precipitación media multianual en República Dominicana (1971-2000)

6.1.5. Humedad relativa y evaporación

La humedad relativa media anual registrada para el lugar de estudio es de 83% con una variación diaria que puede oscilar considerablemente entre el amanecer y el mediodía, de 92.6% a 75% (en enero), y de 89.2% a 71.1% (en julio).

En cuanto a la evaporación hay pocos datos registrados. En todo caso, es intensa dado el carácter tropical de la isla, especialmente en los valles. Según cálculos del Servicio Meteorológico Nacional, la evapotranspiración potencial (suma de la evaporación directa desde el suelo y de la transpiración de las plantas), oscila entre 1.043 y 1.616 mm anuales.

DESTACA:

* Humedad relativa media: *mínima marzo – 79%*
máxima octubre – 86%

6.1.6. Diagnóstico del clima

Debido a las características climáticas mencionadas anteriormente, la República Dominicana se encuentra entre los países más vulnerables en cuanto al impacto económico derivado de ciclones, sequías e inundaciones, según el Reporte de la Evaluación Global para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015 de Naciones Unidas. Se producen lluvias de corta duración, pero muy intensas que producen grandes inundaciones unidas en ocasiones a fuertes vientos.

El informe revela que estos desastres producen pérdidas económicas globales que oscilan entre 250.000 y 300.000 millones de dólares cada año, y que los pequeños estados insulares, como el dominicano, podrían perder, anualmente, 20 veces más que otros de Europa y Asia Central.

En ese sentido, muchos medios vaticinan que no será posible el desarrollo sostenible a menos que se reduzca la vulnerabilidad, es decir, el riesgo de desastres, y se aumente la capacidad que tiene para superar los desastres. El Gobierno Dominicano sostiene que su economía debe encontrar la forma de incentivar tecnologías innovadoras y limpias, bajas en emisiones, como una forma de disminuir la huella de carbono y aumentar la capacidad de los ecosistemas para superar catástrofes si quieren, realmente, cimentar los pilares de un nuevo tipo de desarrollo.

Ilustración 46 - Inundaciones en Santo Domingo, tras el paso de una tormenta tropical en 2007 – Fuente: EFEVerde

6.2. Usos del suelo

6.2.1. Morfología urbana

La estructura de organización físico-espacial que presenta Bajos de Haina es de bloques (manzanas) irregulares y trama inconexa, sobre la que se posan edificaciones separadas entre sí por estrechos callejones, para conformar un bloque exento en la mayoría de los casos. Los callejones normalmente no responden a ningún patrón. Existe una alta densidad de ocupación de suelo en su área urbana, y una presencia reducida de espacios abiertos. En las zonas residenciales las viviendas suelen ser de tamaño reducido, donde un elevado porcentaje de las mismas no tiene acceso directo desde la calle.

Ilustración 48 – Desorden urbano debido a la falta de planificación en Bajos de Haina – Fuente: acoprovi.org

Los comercios presentan la misma tipología de implantación que las viviendas, resultando de escala reducida. Mientras que en el área industrial se observan edificaciones y espacios entre ellas de gran escala. El proceso de crecimiento de la ciudad revela que no se ha respetado la franja legal de los bordes de agua principales, es decir, los márgenes del río Haina, las diversas cañadas que pasan por el municipio y el litoral marino. Se muestra una representación del espacio urbano basada principalmente en el desorden y hacinamiento debido a la oportunidad de aprovechar cualquier espacio del suelo urbano.

6.2.2. Sistemas de comunicación: vialidad y accesos

Los Bajos de Haina, presentan una trama irregular, que tiene como ejes principales:

- La Autopista 30 de Mayo (al norte), principal vía de acceso al municipio desde el Distrito Nacional, que además lo comunica con el de Nigua y la ciudad de San Cristóbal al oeste. Esta vía, a pesar de la construcción de la Autopista 6 de Noviembre, constituye un límite funcional y visual de los Bajos de Haina. Se emplea actualmente para el transporte interurbano.

- La Autopista 6 de Noviembre (al norte), que la comunican con San Cristóbal, Baní y el resto de la región sur del país, y con el Distrito Nacional. Al igual que la Autopista 30 de Mayo sirve de enlace interurbano.

- Las avenidas Dr. José Francisco Peña Gómez y Circunvalación (Avenida de la Refinería), utilizadas para el tránsito pesado, y el transporte de mercancías. Su importancia radica en que permite una conexión directa entre la zona Industrial de Haina, las autopistas 30 de Mayo y la Carretera Sánchez.

Ilustración 47– Autopista 6 de noviembre

- La Carretera Sánchez (en el sentido norte - sur), que conecta con la carretera de Piedra Blanca que viene desde la carretera Manoguayabo, siendo la vía interna principal de Haina y única troncal, dentro de una trama irregular y discontinua. Las intersecciones entre estas vías presentan los mayores conflictos de tráfico dentro del municipio. Conforma junto a la Avenida del Río (sur - este/noroeste) el conjunto de vías internas fundamental para el transporte interno.

- Callejones: interesa señalar que en Haina existen áreas habitadas por el sector informal, en donde la topografía y espacialidad solo permiten el acceso a través de motocicletas ("motoconcho"). Esta modalidad es la más utilizada para el transporte interno en Haina, lo que resulta ágil pero acarrea riesgos a la salud y altos costos a la población.

- Acceso al mar: Haina también cuenta con el acceso marítimo que le proporciona su muelle y puerto comercial, localizado en la desembocadura del río Haina.

6.2.3. Usos del suelo

Como en toda ciudad industrial, en Bajos de Haina coexisten las industrias con las áreas residenciales, y aunque hay una zonificación clara entre ambos usos, las distancias entre ellos no son suficientes como para que estos usos puedan ser considerados compatibles.

Las zonas residenciales se concentran al sur, suroeste y sureste y la industrial en el este, sureste y suroeste. Además de estos usos y como es común en asentamientos de esta naturaleza, abundan los comercios menores y pequeñas empresas a "pie de calle", insertas dentro del tejido residencial. Las vías internas principales, Avenida Río Haina y carretera Sánchez, alojan predominantemente usos comerciales y/o mixtos. Las gasolineras aparecen en el paisaje como los nodos más importantes, exhibiendo tecnología y materiales de construcción modernos, lo que contrasta con la condición que presenta el resto del emplazamiento.

El municipio cuenta con equipamientos de servicios básicos municipales y privados. Existen Centros de Salud públicos y privados, colegio hasta el nivel superior, biblioteca, cementerio, vertedero, mercado municipal, estación de bomberos, iglesias, áreas deportivas y parques y un centro institucional con oficinas municipales como el Ayuntamiento y el Juzgado.

Para la elaboración posterior del estudio hidrológico, en particular para el cálculo de los caudales de avenida que se forman a lo largo del año en las cañadas de los barrios de Bella Vista, Villa Penca e Invicea, se ha realizado una clasificación de los diferentes usos del suelo. Esto será de utilidad a la hora de estimar los coeficientes de impermeabilidad de la zona de estudio.

Los usos del suelo de los tres barrios de estudio se pueden ver con detalle en ***Plano Nº2 de Usos del suelo en la subcuenca de estudio***.

A partir de este plano de clasificación de los usos del suelo se ha elaborado una tabla con el porcentaje de zonas edificadas, zonas industriales, áreas verdes, viario y otros usos asociado a la subcuenca y a las tres microcuencas de estudio.

ÁREAS (m^2)	*Subcuenca*	*Microcuenca Bella Vista*	*Microcuenca Villa Penca*	*Microcuenca Invi*
Manzanas	2812596	1153932	838587	533372
Residencial	1718010	718465	585661	315232
Industrial	279889	67414	74543	5590
Zonas verdes	519320	212797	114315	191983
Viario	373345	148154	109470	72775
Otros usos	295377	155256	64068	20567
Total	3185941	1302086	948057	606147
Total (km^2)	3.185941	1.302086	0.948057	0.606147

Tabla 10 – Clasificación de los usos del suelo en la zona de estudio – Fuente: Elaboración propia

Además, a partir de las tablas siguientes, que nos indican el número de curva (CN) asociado a un porcentaje de impermeabilidad y los porcentajes de zonas edificadas, zonas industriales, áreas verdes, viario y otros usos, se ha estimado un CN ponderado para cada microcuenca y se ha calculado la infiltración (S), la abstracción inicial (Ia) y el parámetro Impervious (%), que representa el % de terreno impermeable.

CN	% Impermeable
77	50
81	75
45	10
98	85
81	75

Tabla 11 – Parámetro CN y su correspondiente % de impermeabilidad asociado – Fuente: Elaboración propia

ÁREAS (%)	*Subcuenca*	*Microcuenca Bella Vista*	*Microcuenca Villa Penca*	*Microcuenca Invi*
Residencial	54	55	62	52
Industrial	9	5	8	1
Zonas verdes	16	16	12	32
Viario	12	11	12	12
Otros usos	9	12	7	3
Total	100	100	100	100
CN ponderado	75	75	76	70
S	84.82	85.37	79.55	111.16
Ia	16.96	17.07	15.91	22.23
Impervious (%)	52	52	53	43

Tabla 12 – Tabla resumen de los usos del suelo y una serie de parámetros para medir la impermeabilidad – Fuente: Elaboración propia

Estos cálculos serán de utilidad en apartados posteriores donde se llevará a cabo el cálculo del caudal de avenida en cada una de las cañadas de estudio que recorren los barrios de Bella Vista, Villa Penca e Invicea, a través del software HEC-HMS.

6.2.4. Estudio diacrónico

Un estudio diacrónico es el estudio de un fenómeno social a lo largo de diversas fases históricas atendiendo a su desarrollo histórico y la sucesión cronológica de los hechos relevantes a lo largo del tiempo.

En primer lugar, recordar que Bajos de Haina era originalmente un área de cañaverales pertenecientes al Río Haina y fue poco a poco ocupado y urbanizado por familias trabajadoras que autoconstruían pequeñas casas en cualquier enclavamiento sin tener consciencia de la vulnerabilidad que estas tendrían a la hora de producirse grandes lluvias y crecidas del río. Es decir, Bajos de Haina en los últimos 50 años, ha pasado de ser una pequeña aldea agrícola a convertirse en una zona portuaria industrial desordenada y hacinada. Este hecho, ha provocado que todas las instalaciones relativas a la comunidad estén deterioradas o sean inexistentes, ya que siempre ha primado el beneficio de la producción por encima del bienestar de la población. Por ello, los barrios de este municipio presentan una imagen de deterioro e improvisación que evidencia la falta de planificación y recursos, la falta de autoridad y la inexistencia de mecanismos adecuados de gestión del suelo. Los barrios se discuten la primacía de zonas paupérrimas y sin dotaciones sociales, habitados por antiguos trabajadores del ingenio y del puerto.

La aglomeración de personas en el territorio produce ese hacinamiento elevado que es una de las condiciones de vulnerabilidad más relevante. Las personas se han ubicado en cualquier espacio libre disponible, incluidos cursos de agua, cañadas sin canalizar o puntos de confluencias de aguas de escorrentía, es decir, asentamientos en zonas de riesgo elevado expuestas a inundaciones recurrentes.

El desorden en los usos de suelo que presenta este municipio permite que estén peligrosamente mezcladas las actividades que se realizan en él, provocando una situación de peligrosidad extrema. La alta población que concentra en los últimos años ha generado serias dificultades de convivencia que han favorecido el surgimiento de niveles altos de inseguridad ciudadana y una situación de violencia social preocupante.

En conclusión, Bajos de Haina debido a su exposición elevada a fenómenos hidrometeorológicos por su ubicación en la costa sur, a que se trata de un territorio surcado por 17 cañadas o vaguadas urbanas sin tratamiento con muchas familias en los márgenes de sus riberas, a su elevada producción de residuos sólidos sin solución adecuada disposición final, y a la existencia de un puerto comercial y un parque industrial que generan altos niveles de contaminación, este municipio se convierte en la actualidad en un peligroso perfil multi-amenazas.

Originalmente había un pequeño poblado de gente que se dedicaba básicamente a la casa, la pesca y a labores agrícolas, Bajos de Haina fue experimentando un crecimiento poblacional sostenido durante la segunda mitad del siglo XX.

A partir de la instalación de la central azucarera en Bajos de Haina (1950), se van a producir sucesivas oleadas migratorias, procedente sobre todo del este del país, zona especializada en la producción de azúcar. En la zona urbana se registran 6.180 habitantes y en la zona rural 7.980. En los años 80, la construcción del parque Itabo, -que concentra las industrias de la zona franca actualmente instalada allí-, desencadenó un crecimiento y en 1993 el censo registraba una población de 95.207 habitantes: 68.261 habitantes en la zona urbana y 26.946 habitantes en la zona rural. Para esta fecha, la población del municipio era mayor que la de 19 municipios de provincia importantes del país.

Pero en el censo de 2002 se registró un aumento de población mucho menor al contabilizar 113.884 habitantes, con una ligera reducción de la población urbana de 63.673 habitantes en la zona urbana (con 4.388 habitantes menos) y un aumento considerable de la rural que pasa a ser de 50.01 1habitantes en área rural, (con 23.065 habitantes más) para un aumento de la población total de 18.677 hab.

Resulta interesante el hecho de que mientras la economía estuvo dominada por la industria azucarera, la población se dispersó indiscriminadamente en las áreas urbanas y rurales, pero cuando la industria de manufactura se hizo dominante, la población comenzó a concentrarse en el área urbana. También que la población de Haina es predominante joven, porque para el 2002 el 35% de la población menores de 15 años, un 60.8% entre los 15 y 64 años y un 4.1 % de población por encima de los 64 años. Por lo que Bajos de Haina cuenta con una población predominantemente joven.

Por tanto, desde el año 1953 se ha producido un aumento poblacional progresivo en el área urbana, existiendo un pequeño descenso en el año 2002. Sin embargo, en el cómputo global

(área urbana y área rural) también se produjo un crecimiento de población total. En la siguiente tabla se puede observar el crecimiento progresivo desde el año 1953 hasta el 2002.

CRECIMIENTO POBLACIONAL

Año	Población	Estructura Administrativa	Aumento Población Urbana	Movilidad
1935	1,058 hab.	Conjunto parajes rurales de Sto. Dgo.	(24vo lugar)	
1950	2,061 hab.	1959 comunidad rural adscrita al DN	(7.7%)	*(Se duplica la población)
1960	6,180 hab.	Distrito Municipal de San Cristóbal	11%	*(Se triplico la población)
1970	24,350 hab.		Crece la población rural	*(Se cuadriplico la población)
1976		Población: urbana = 43%, rural 57% (ONE)		
1981	44,743 hab.	Municipio Autónomo de San Cristóbal	pob.urb. = 72%, p.rural 57% (ONE)	*(Se duplica la población)
1993	96,913 hab.	(9no lugar) p.urbana	71%	*(Se duplica la población)
2002	113,884 hab.		Se reduce el crecimiento poblacional	

* Estimaciones hechas por el Consejo Nacional de Población y Familia (Canapofa), sostienen que la población del municipio al 7 de Junio del 2000 era de 130,965 hab.

Tabla 13 – Crecimiento poblacional desde el año 1935 hasta el 2002 – Fuente: ONE

En cuanto a la densidad de población, debido a la reducida superficie que ocupa el municipio y su elevado número de habitantes, provocó que para 1891 se registrara una densidad de población de 1.755habitantes por kilómetro cuadrado, proporción que aumenta para 1993 a 2.425habitantes por kilómetro cuadrado y vuelve a subir en el 2002 cuando el censo recoge una densidad de 3.820 habitantes por kilómetro cuadrado. Estas cifras ya ponían de manifiesto que este municipio sería uno de los más densamente poblados del país, ya que hasta entonces solo era superado por algunas zonas urbanizadas del Distrito Nacional antes de su división.

Sin embargo, un análisis de la población del área urbana - unos 14.65km cuadrados- arroja densidades promedio de 4.659 habitantes por km cuadrado (46.6 habitantes/ha) para el 1993 y de 4.347habitantes por km cuadrado (43.5 habitantes/ha) en el 2002. Es cierto que no es una población alta dentro de los estándares internacionales, pero a nivel local sí lo es, sobre todo cuando se tiene en cuenta el modelo de ocupación de suelo que presenta Bajos de Haina, con predominio de edificaciones de 1 y 2 niveles y muy poca o ninguna separación entre ellos, lo que hace que esa alta densidad desencadene en un hacinamiento que produce una alta ocupación de suelo.

Extrapolando lo sucedido en los últimos años en todo el municipio a los barrios pertenecientes a este estudio y focalizando el análisis en la mancha de urbanización desde el año 2002, ya que es la cartografía más antigua que se ha podido conseguir, hasta el año 2017, se evidencian en el ***Plano Nº3 de Evolución de urbanización en Bella Vista, Villa Penca e Invicea*** los hechos expuestos anteriormente relativos a la evolución de esta población.

Se justifica ese gran desorden y hacinamiento con el gran desorden de las manzanas y el viario, sin ningún tipo de señalización. Se ve claramente la falta de planificación con el paso de los años, con muchas viviendas cada vez más cerca de los cauces de las cañadas, a pesar del conocimiento del riesgo de vulnerabilidad que esto supone en el caso de crecidas de las cañadas en períodos de fuertes lluvias. En el barrio de Bella Vista siempre han existido viviendas muy cercanas a los márgenes de la cañada que pasa por dicho barrio. Sin embargo, en los barrios de Villa Penca e Invicea es impactante el hecho de que a lo largo de los años la mancha de urbanización en las cercanías de las cañadas ha aumentado, a pesar de todas las situaciones catastróficas que se han vivido en barrios vecinos en un pasado no muy lejano. Estos hechos, se deben al incremento poblacional con el paso de los años y al tamaño del territorio no urbanizado, es decir, la densidad de población es muy alta. En el censo de 2002 la población de Bajos de Haina era de 113.884 habitantes y en 2010 ya el censo indicaba un incremento de más de 10.000 habitantes (124.193 habitantes).

El hecho de ser un territorio que se ha ido urbanizando cada vez más con el paso de los años, favorece el discurso de las aguas superficiales por la superficie y por tanto las inundaciones, ya que hay muchas más zonas impermeabilizadas.

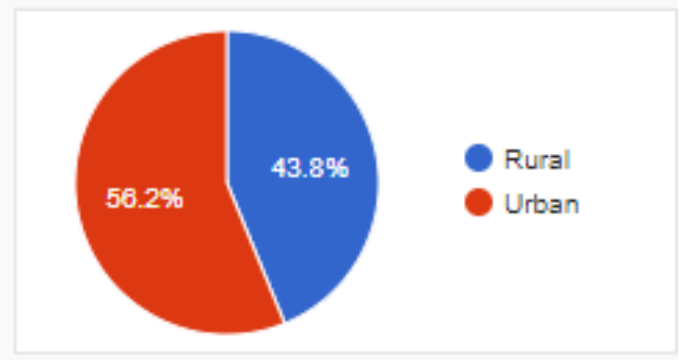


Ilustración 49 – Porcentaje de áreas rurales y urbanas en Bajos de Haina (2010)

Además, un factor determinante en el futuro desarrollo de la zona de estudio es el conocimiento de las edades comprendidas en el área. Se puede observar en el siguiente

gráfico, que predomina la población joven, por lo que parece obvio pensar que el número de habitantes seguirá aumentando en los próximos años.

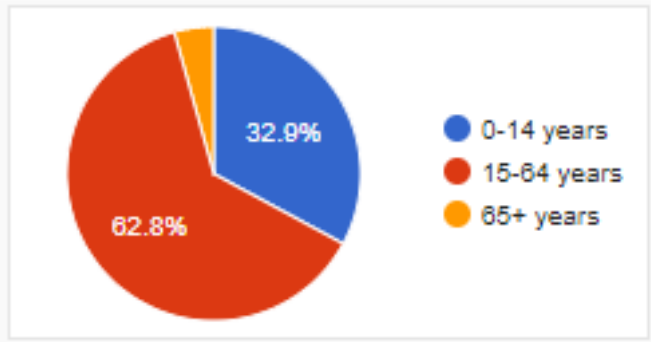


Ilustración 50 – Porcentaje de grupos de edades en Bajos de Haina (2010)

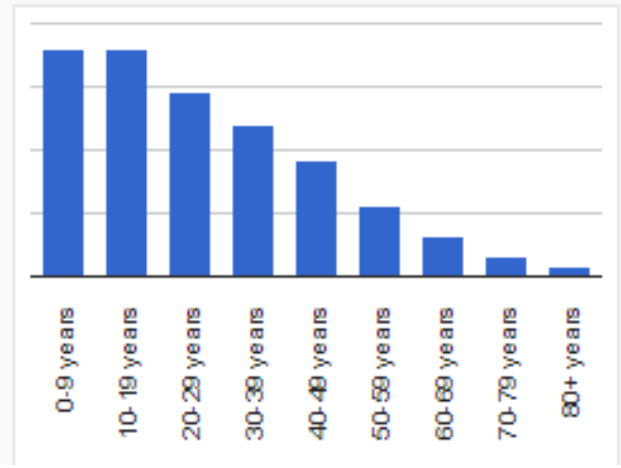


Ilustración 51 – Distribución de edad en Bajos de Haina (2010)

Por tanto, si en los próximos años no se da comienzo a una buena planificación, tanto urbana como hidrológica, será muy difícil hacer desaparecer todos los problemas presentes en la zona, viéndose incluso agravados con el tiempo.

6.3. Estudio social y económico

6.3.1. Introducción a la realidad social de República Dominicana

La República Dominicana en ciertos sectores es un país que no puede competir con países europeos desarrollados e incluso con otros países de Sudamérica. Sin embargo, es un país con un altísimo potencial para atraer turismo debido a sus playas vírgenes y su excelente clima a lo largo de todo el año y con suelos muy fértiles para el desarrollo de la agricultura. Además, posee algunos yacimientos de níquel, oro y plata. Sin embargo, a pesar de la falta de recursos, también existe un gran problema social de conciencia y una falta de gestión y planificación de dichos recursos.

Desde el punto de vista del desarrollo urbano en esta zona, se aprecia la autoconstrucción de los espacios de vida y la falta de seguimiento de las obligaciones de las entidades públicas que incurren en dejación de sus responsabilidades. Todo esto repercute en carencias sensibles en estos barrios y a ello contribuye la precaria educación urbana de la población. Los jóvenes en República Dominicana se enfrentan a una elevada tasa de desempleo. La tasa de desempleo juvenil es del 30%, alrededor de tres veces el promedio mundial. Aparte de ello, no existen programas de primer empleo y el sistema de creación de habilidades para el empleo que recae en entidades como el INFOTEP y otras escuelas de artes y oficios no está conectado con leyes que apoyen la inserción laboral de población joven.

A todo lo anteriormente mencionado, se une la falta de inversión en investigación tecnológica por parte del Gobierno a las Universidades Dominicanas, cuando lo que deberían hacer es intentar fomentar la curiosidad en los niños por la ciencia, promover los museos de arte y construir escuelas y universidades públicas de calidad para que los jóvenes tengan un futuro próspero, debido a que estos son el reflejo del futuro del país. Uno de los motores principales para el desarrollo es la educación.

El tigueraje, que denuncian muchos sectores de la población dominicana, no es parte de la cultura dominicana sino un subproducto de la cultura urbana que se desarrolla generada por las deudas sociales acumuladas y que se impone en los espacios urbanas obligados por la violencia y la carencias de los bienes sociales básicos y la falta de oportunidades. Por este motivo, el objetivo que se deben marcar las instituciones y el gobierno dominicano es intentar erradicar el desempleo y las dificultades en la formación juvenil, la pobreza tan generalizada y la corrupción que impera en el país, en busca de un futuro próspero.

6.3.2. Perfil sociológico

Para la determinación del perfil sociológico, se llevaron a cabo 175 encuestas mediante una aplicación móvil llamado ODK Collect.

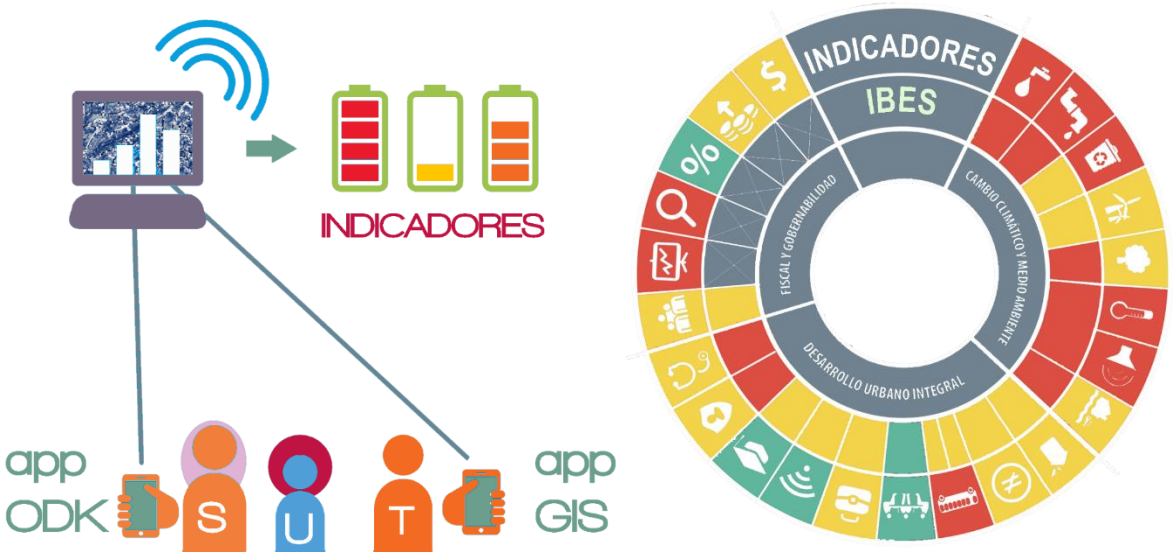


Ilustración 52 – Aplicación móvil ODK Collect con la que se realizaron las encuestas

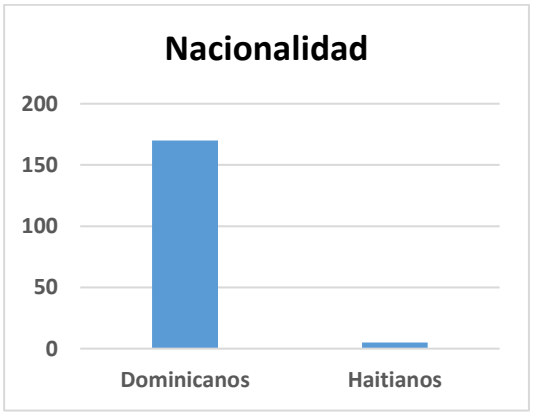
Las encuestas se realizaron en el barrio de Bella Vista teniendo en cuenta la magnitud y el número de viviendas de cada manzana, para que los resultados fuesen, en la medida de lo posible, representativos. La encuesta comprendía una serie de temas de interés social:

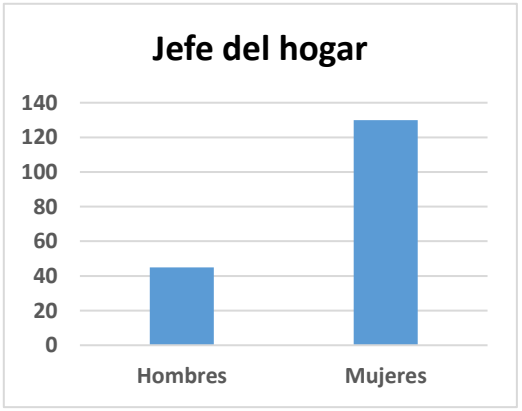
- Aspectos generales de la población.
- Servicios básicos (agua, luz, etc.).
- Amenazas al entorno (lluvias, enfermedades provocadas por la mala gestión de los residuos sólidos, etc.).
- Puntuación media según la importancia que se la da a la aplicación de medidas para la mejora en diferentes temáticas (agua, saneamiento y drenaje, gestión de residuos sólidos, energía, biodiversidad, medidas de control del aire y del ruido, riesgos, uso del suelo y ordenamiento del territorio, desigualdad urbana, movilidad y transporte, accesibilidad y proximidad, educación, salud, seguridad y bienestar, comunicación, participación y gestión adecuada del gasto y los ingresos municipales).

Ilustración 53 – Realización de encuestas a la población de Bella Vista – Fuente: Ilustraciones propias

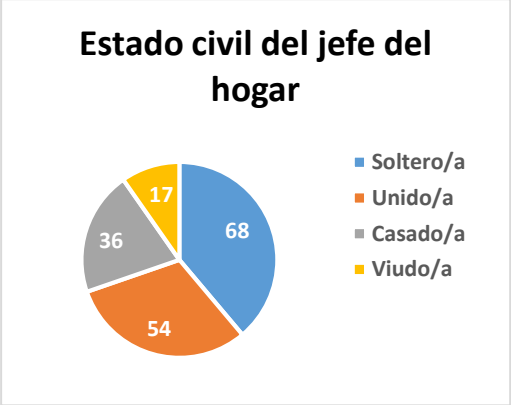
Aspectos generales de la población

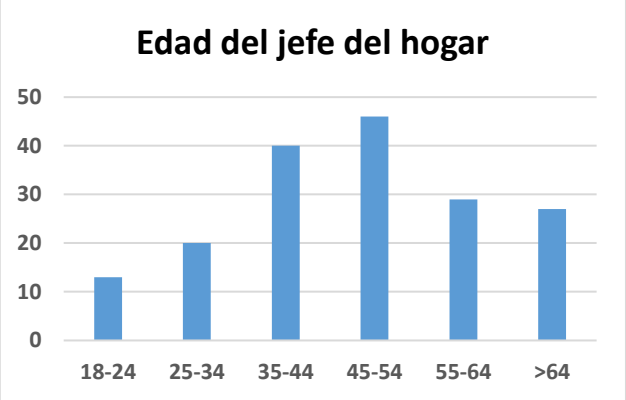
La mayor parte de la población local encuestada tiene nacionalidad dominicana, existiendo un porcentaje menor de haitianos. Las encuestas fueron realizadas en horario de mañana cuando la mayoría de los hombres se encontraban fuera del hogar y nos recibía una mujer. Por este motivo en la mayoría de los casos nos indicaban que el jefe del hogar era la mujer o la respuesta era "ahora que no está el hombre, yo soy la jefa del hogar". De aquí, se puede deducir que el machismo es un fenómeno social presente en la vida cotidiana de este barrio.



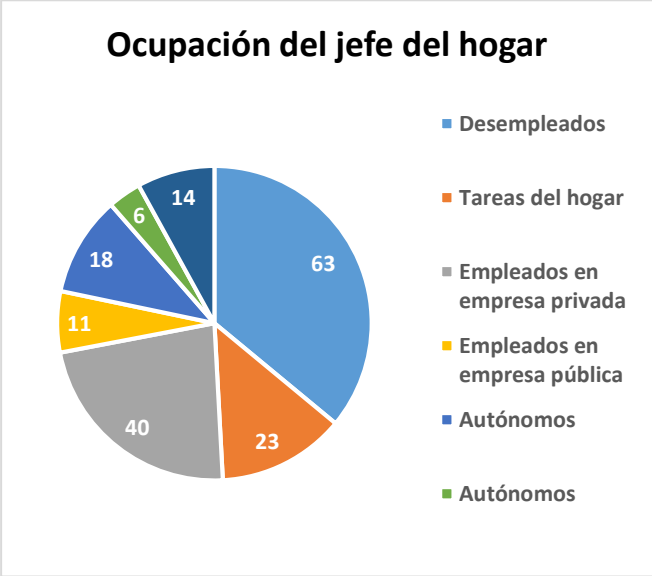


El estado civil de la mayor parte de los encuestados era soltero/a o unido/a y la edad del jefe del hogar más repetida rondaba entre los 35 y los 54 años.

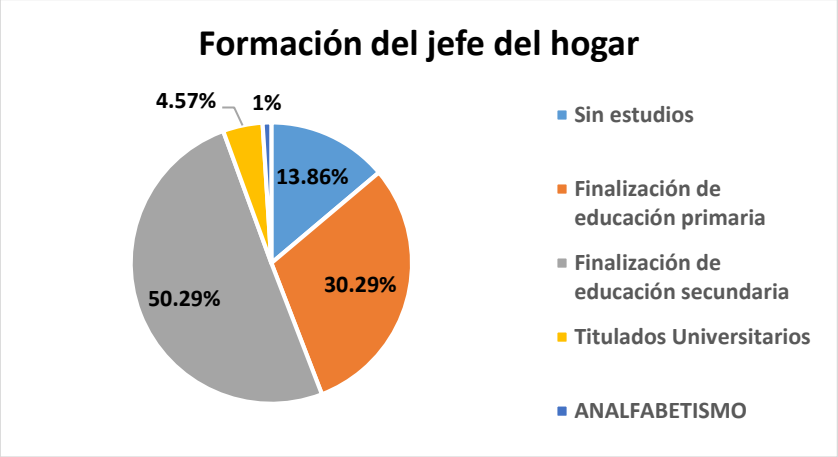




En cuanto a la ocupación del jefe del hogar, son bastante representativos los datos obtenidos. Casi el 60% de la población local se encuentra sin empleo. Este porcentaje tan alto es preocupante, ya que el barrio no progresará hasta que se reduzca la pobreza que está ligada a los ingresos que llegan a cada hogar. Es cierto que la pobreza es dimensional y no solo se caracteriza por la falta de recursos económicos e ingresos. Eso solo define la pobreza monetaria, pero la pobreza también es la falta de oportunidades para el desarrollo de capacidades sociales.

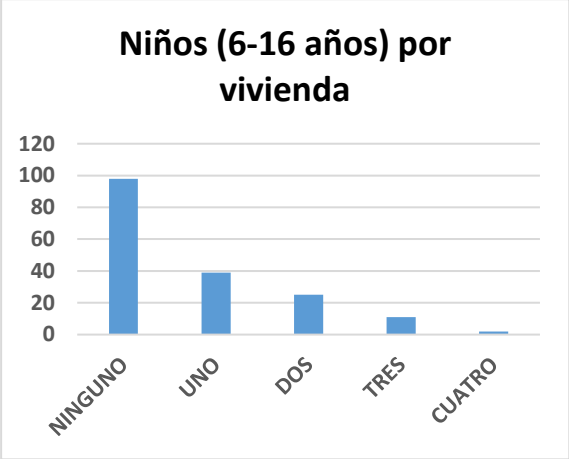


En cuanto a la formación del jefe del hogar, cabe destacar que la tasa de analfabetismo es muy baja, aproximadamente del 1%, pero el porcentaje de titulados universitarios también es muy bajo, en torno al 4.57%. La mayor parte de los encuestados finalizaron la educación primaria y un 50.29% llegaron a finalizar la educación secundaria.

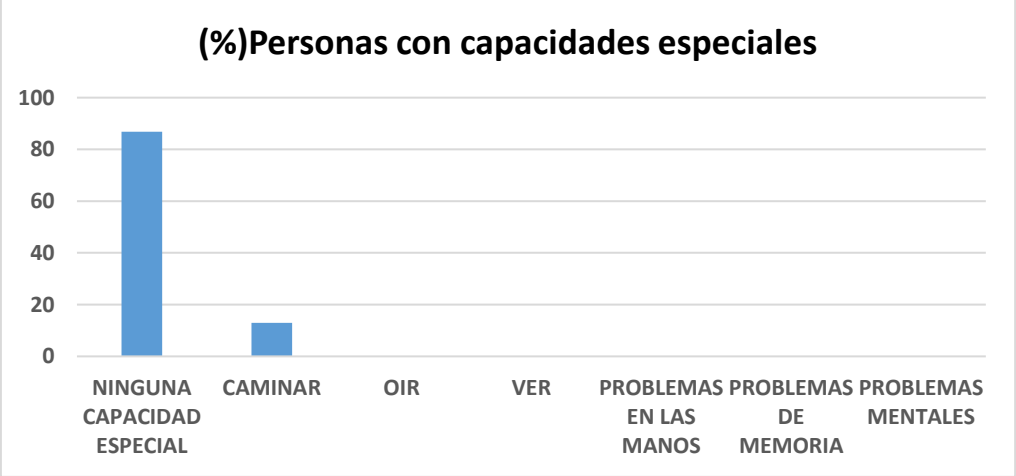


El número de personas por vivienda en la mayoría de los casos está entre 2 y 6 personas. El número no es excesivamente alto a priori, pero si se tienen en cuenta las condiciones y el estado o tamaño de muchas de las viviendas se produce un cambio de perspectiva. Viviendas de unos 10-15 metros cuadrados en las que viven 3 o 4 personas, dan idea de las pésimas condiciones de habitabilidad que tienen muchos de los encuestados.

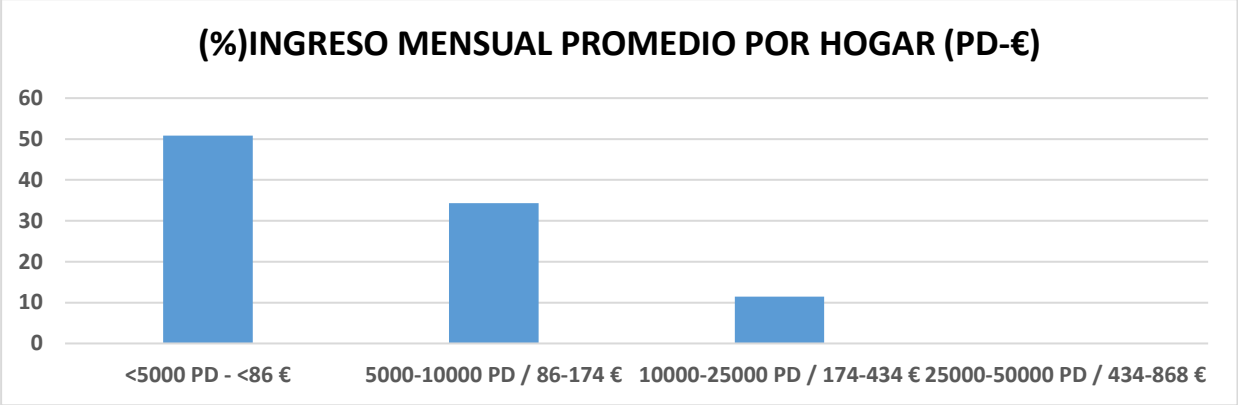
En la mayoría de los hogares no hay ningún niño con edad entre 6 y 16 años. Tampoco se encontraron muchos hogares con ancianos mayores de 65 años. La esperanza de vida en la República Dominicana es mucho más baja en comparación con España o con la mayoría de los países europeos. Esto es debido a la falta de recursos, a la falta de asistencia sanitaria de calidad y a la mala gestión de los residuos sólidos y las aguas residuales que generan enfermedades que los ancianos no son capaces de superar en unas condiciones tan precarias.



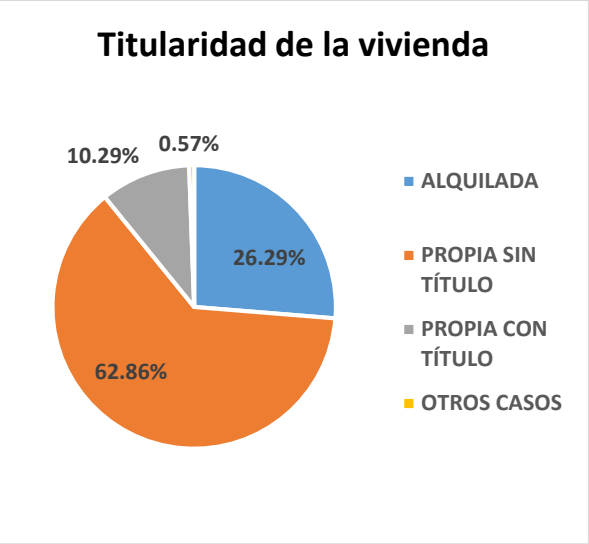
En cuanto a las personas con necesidades especiales, el porcentaje es muy bajo. Esto seguramente sea debido a que el barrio no está preparado para personas que posean cualquier discapacidad. La mayoría de los comercios y viviendas se encuentran elevados con respecto al nivel de la calle para evitar que entre el agua a las casas cuando se producen fuertes lluvias e inundaciones, siendo así inaccesibles para personas con alguna discapacidad de movilidad.



En cuanto al ingreso mensual promedio por hogar en pesos dominicanos (PD) y en euros (€), más del 50% de los hogares poseen unos ingresos mensuales de menos de 86€ equivalentes a unos 5000 PD. Casi un 35% tiene unos ingresos mensuales de 86-174€ equivalentes a unos 5000-10000 PD y un 11,43% tiene unos ingresos mensuales de 174-434€ equivalentes a 10000-25000 PD. Es sorprendente el hecho de que solo un 0,03% posee unos ingresos mensuales de 434-868€ equivalentes a unos 25000-50000 PD.

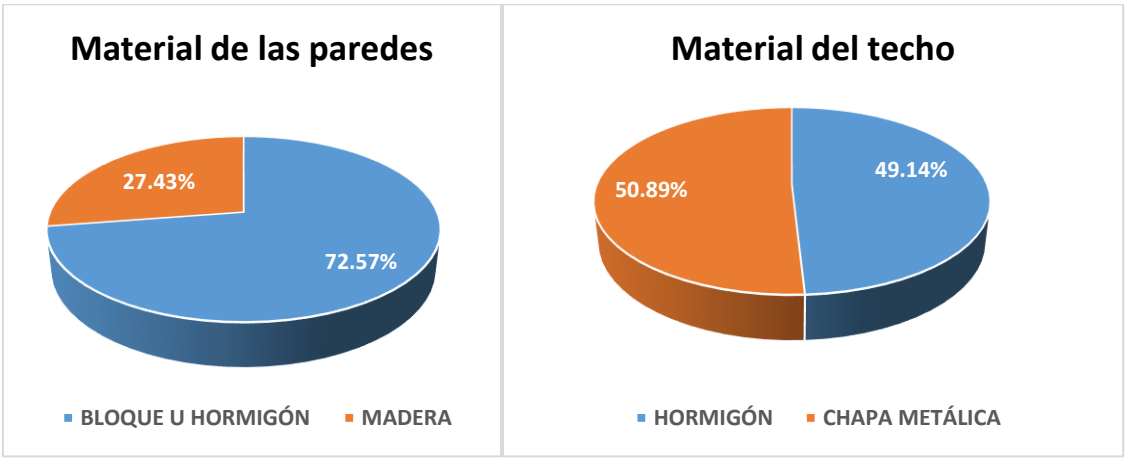


En el siguiente gráfico se observa como la mayoría de las viviendas son cuarterías-viviendas independientes. La cuartería es una vivienda de habitaciones pequeñas, ocupadas en su mayor parte por familias con escasos recursos económicos que comparten generalmente un cuarto de baño y un patio comunes. Además, casi el 90% de las viviendas son propias sin título o alquiladas.

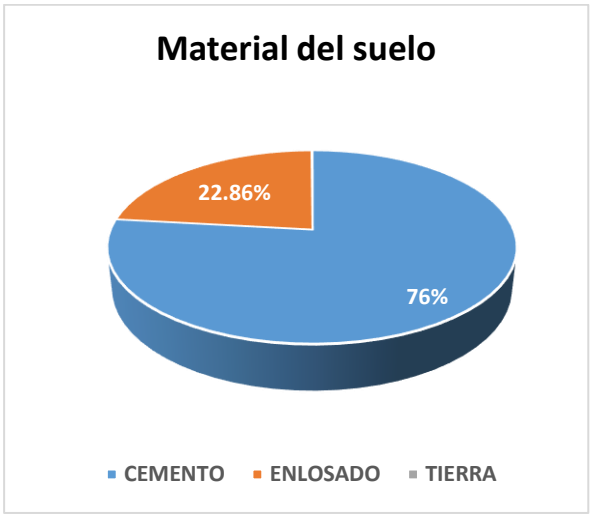


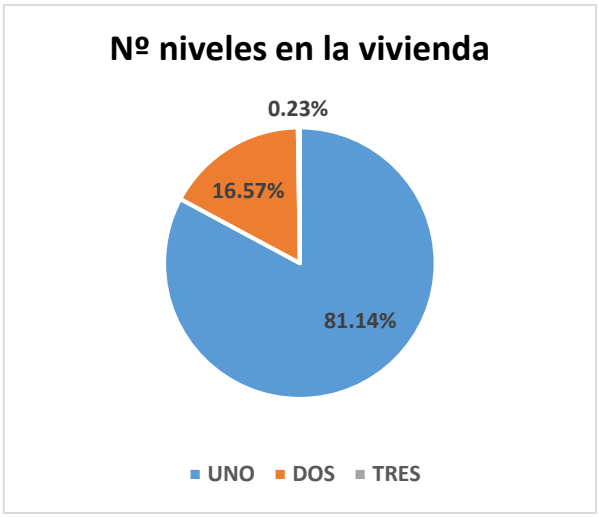
En algunas ocasiones, también se utilizan las viviendas como lugar para instalar un negocio. Lo más usual es encontrar tiendas (23,80%), seguidas de ventorrillos (14,29%) o panaderías (14,28%). También es usual encontrar colmados (19%) o bancas (9,52%) y otros negocios como talleres de mecánica (5%), sala de tareas (4,76%), salones de belleza (4,76%) o sastrerías (4,76%).

En lo relativo a las paredes de las viviendas, el material predominante es el bloque u hormigón y el material predominante del techo es la chapa metálica. El techo de chapa con el tiempo, debido a las fuertes lluvias que se producen en la zona de estudio, se oxida y se corroe. Se generan orificios recurrentes que provocan la entrada de agua a la vivienda, por lo que es necesario sustituir la chapa metálica para cortos períodos de tiempo.

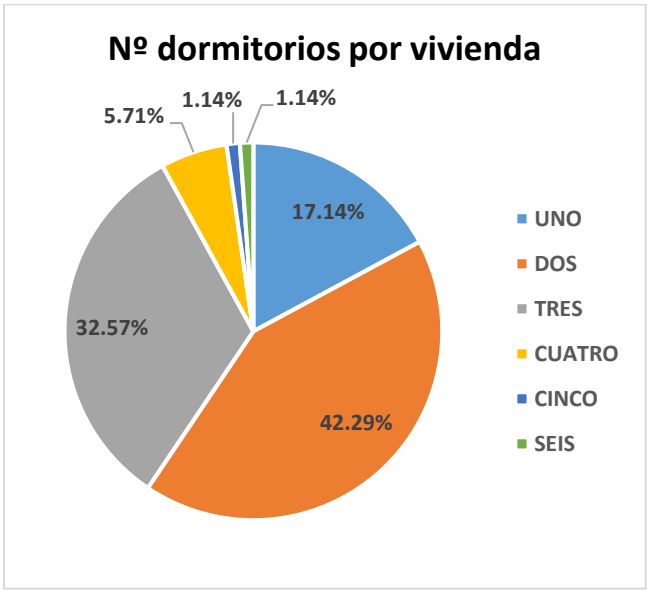


En cuanto al suelo, el material predominante es el cemento seguido del suelo enlosado. La mayoría de las viviendas tienen un solo nivel (81,14%).



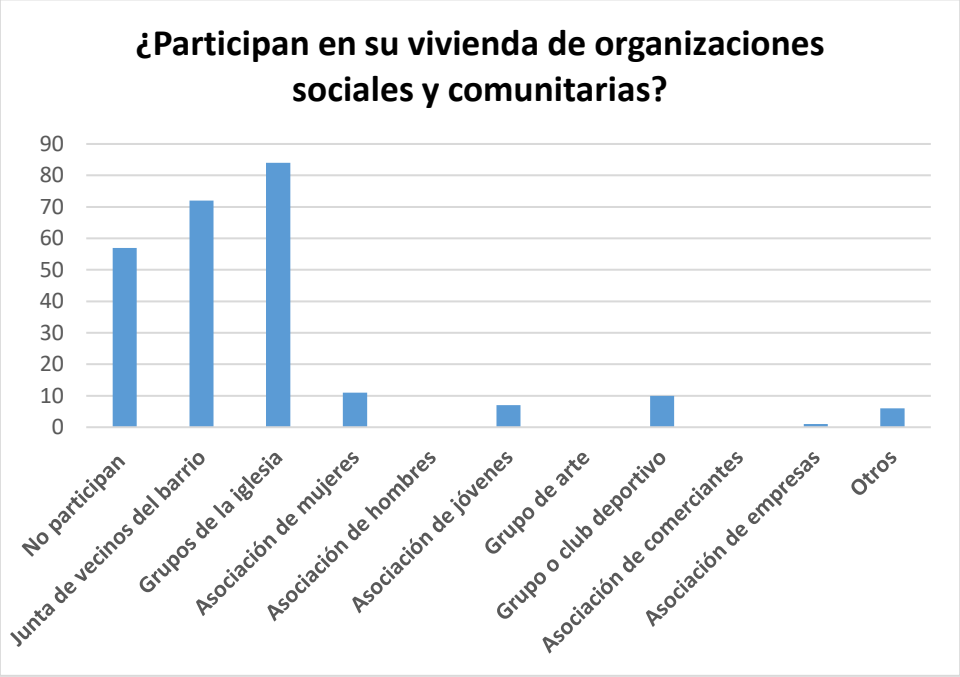


En la mayoría de los casos suele haber 2 (42,29%) o 3 (32,57%) dormitorios por vivienda, pero también son usuales las viviendas con un solo dormitorio (17,14%) en las que viven más de una persona.



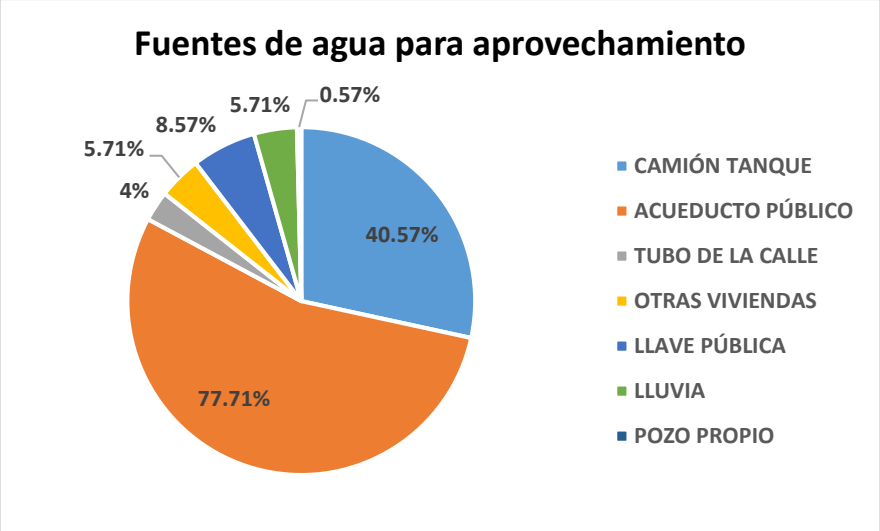
Como ya indicamos con anterioridad, el nivel de las viviendas respecto al nivel de la calle suele ser más alto con el fin de evitar que las inundaciones recurrentes, producidas por las fuertes lluvias tropicales, afecten a sus hogares.

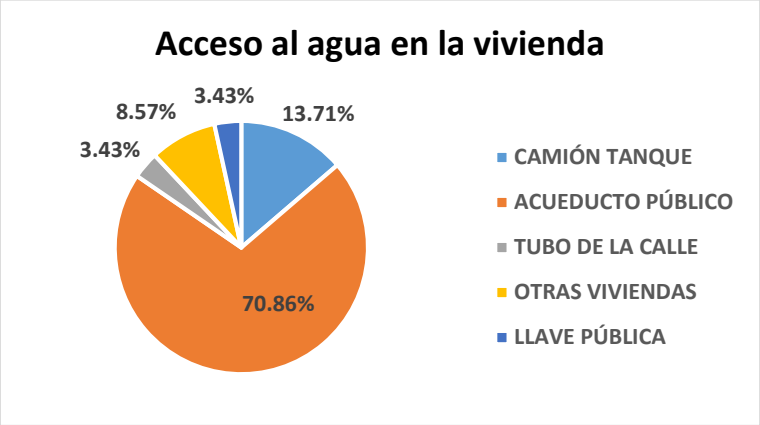
La mayor parte de los encuestados o algunos miembros de su familia participan en la junta de vecinos del barrio o en grupos de la iglesia, y muchos otros no participan en ninguna organización social o comunitaria. También, aunque en menor medida, suelen asistir a asociaciones de mujeres o de jóvenes y a grupos o clubs deportivos.



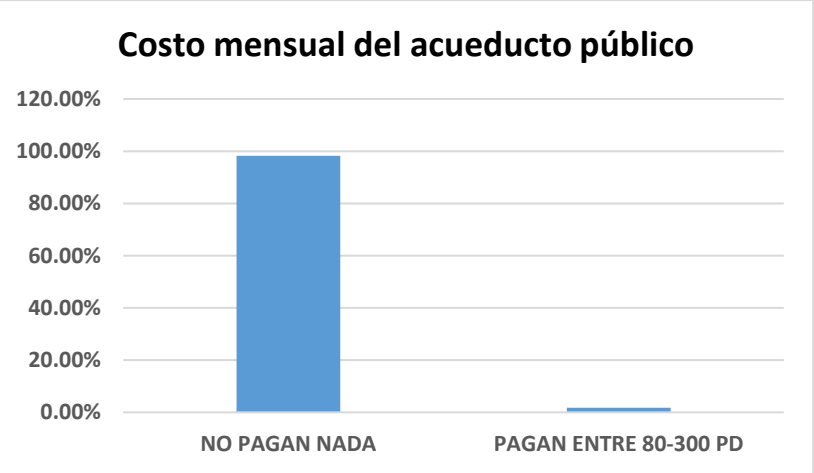
Servicios básicos

Las principales fuentes de agua para aprovechamiento y para el uso en las viviendas son el acueducto público, seguido del camión tanque.

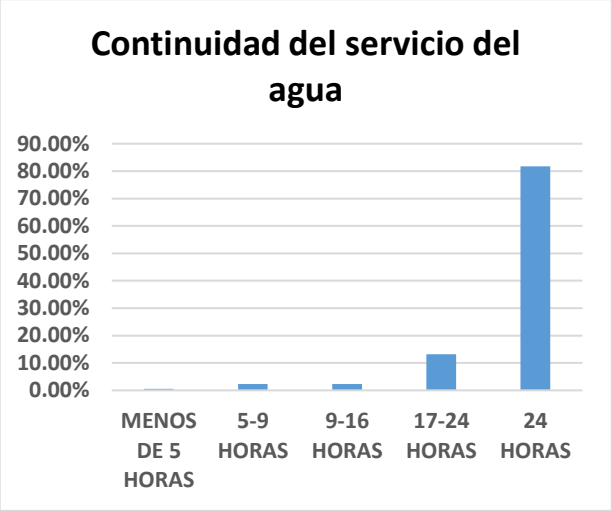




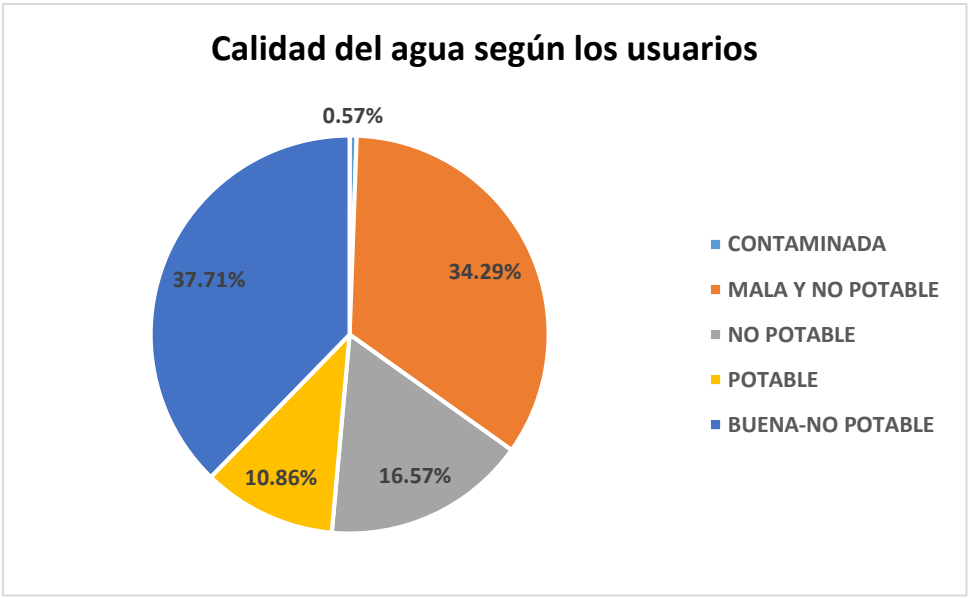
La mayor parte de la población local no paga el agua que utiliza del acueducto público.



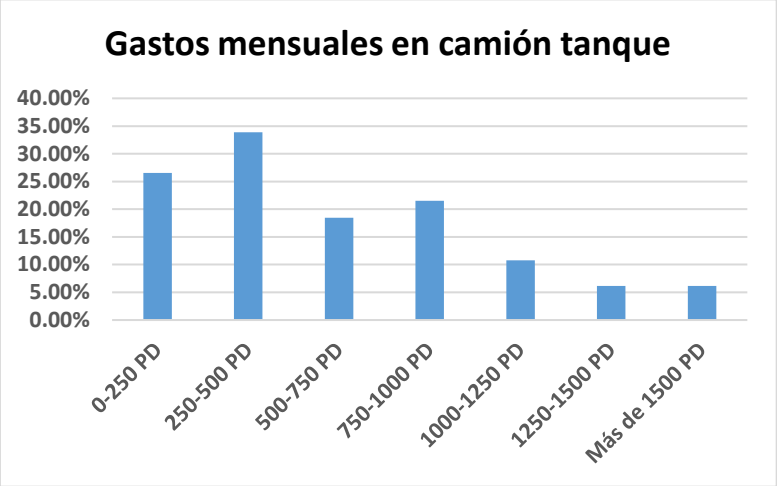
A la semana, lo habitual es que el agua llegue a las viviendas un día y la continuidad del servicio dicho día suele ser de 24 horas o de 17 a 24 horas.



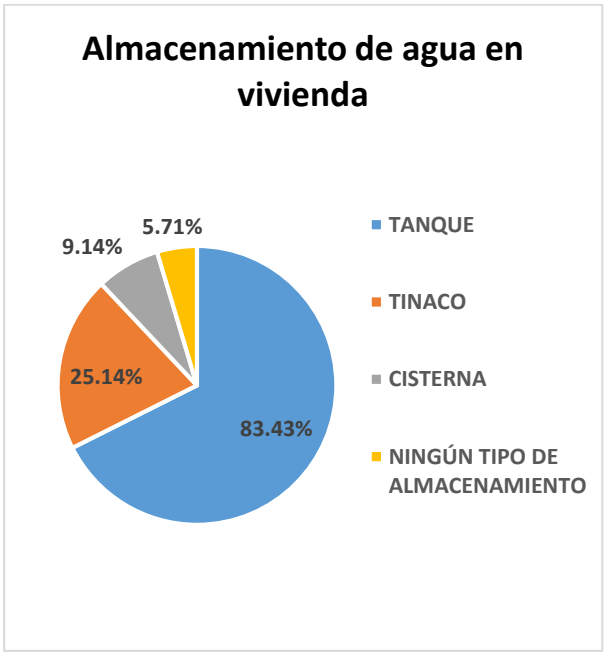
Sin embargo, la calidad del agua que llega a las viviendas no es la apropiada, es decir, los encuestados la consideran buena-no apta para el consumo (37,71%) o mala-no apta para el consumo (34,29%). Es llamativo el porcentaje de personas que la consideran potable (10,86%), cuando obviamente esta agua no pasa los procesos necesarios como para ser considerada apta para el consumo humano. Como ha sostenido en muchas ocasiones el MISPAS (Ministerio de Salud Pública en República Dominicana), la ingesta de esta agua es la causante en muchas ocasiones de problemas en la salud como diarreas, dolores estomacales, náuseas y vómitos.



Debido a que la mayoría de los usuarios consideran que el agua que llega a sus viviendas no es apta para el consumo, están obligados a comprar agua del camión tanque. El gasto mensual en agua del camión tanque suele ser en torno a unos 250-500 PD.

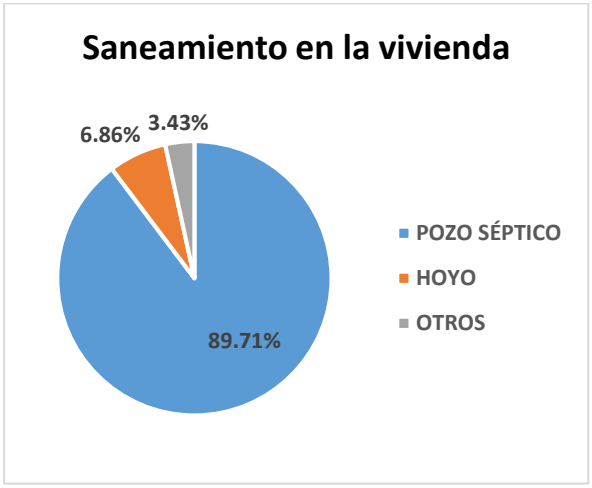


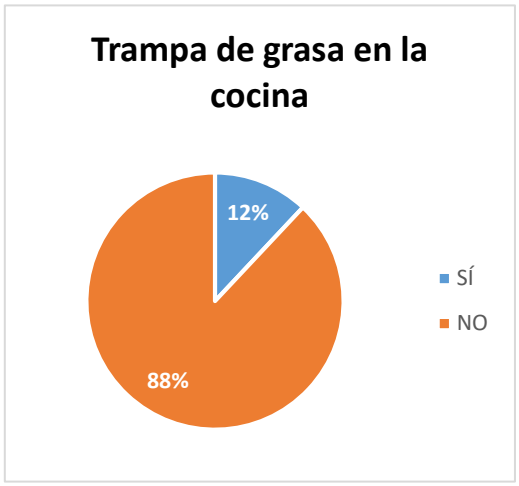
Las fuentes de almacenamiento de agua más usuales son el tanque (83,43%) y el tinaco (25,14%). En la mayoría de las viviendas el baño se encuentra en el interior, pero cabe destacar que casi un 25% tiene baño en el exterior de la vivienda y en muchas ocasiones es compartido con otras viviendas.



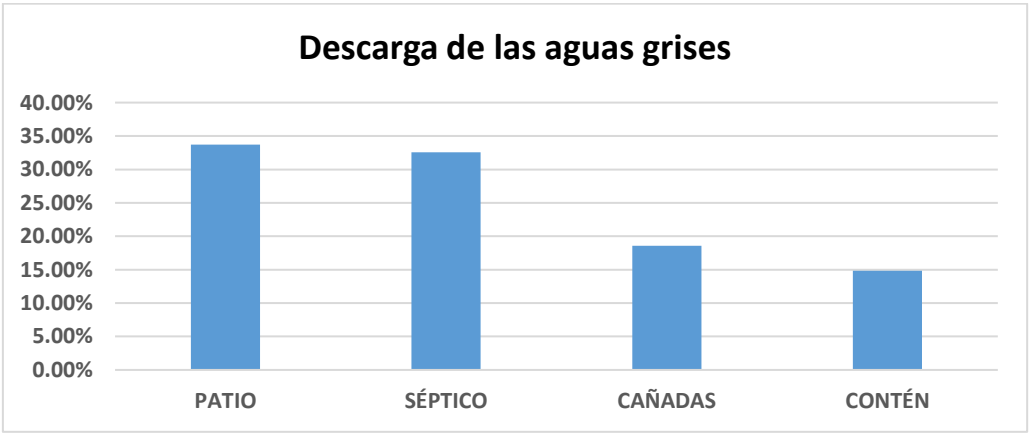
En el 89,71% de los casos las aguas negras se descargan en un pozo séptico u hoyo. Esto es una clara fuente de contaminación de los acuíferos de la zona de estudio y son un foco de

infecciones y malos olores. Además, en el 88% de los casos las viviendas no cuentan con trampa de grasa en la cocina, por lo que el agua utilizada para cocinar se descarga en la mayoría de las viviendas contaminada de grasas y aceites.



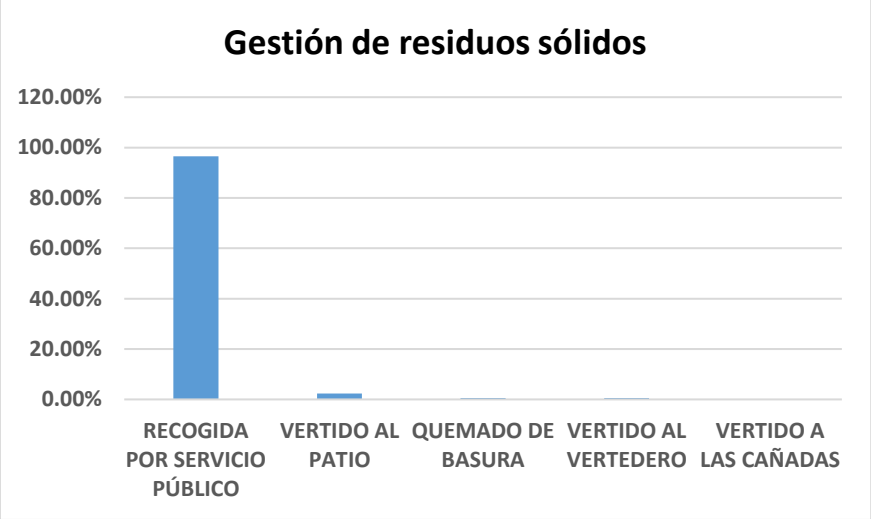


El principal problema es que esa agua contaminada procedente de las cocinas de las viviendas o las aguas que utilizan para limpiar las vierten directamente al patio, al pozo séptico, a las cañadas o a los contenes. El agua contaminada entra en contacto directo con el suelo y subsuelo del barrio.

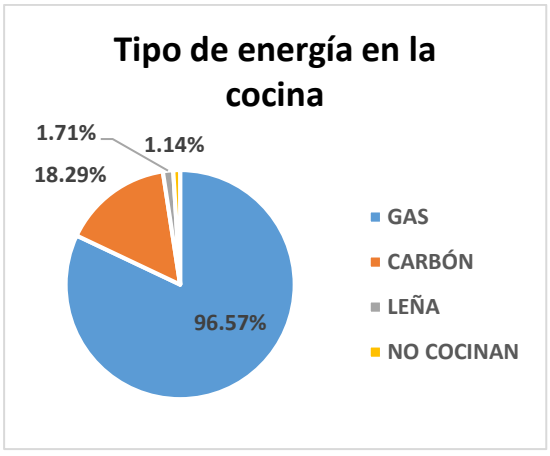


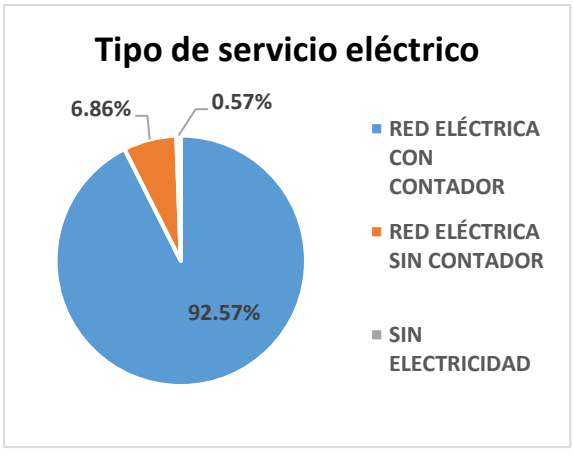
Un hecho significativo son los resultados obtenidos con relación a la gestión de residuos sólidos. Las cañadas de Bella Vista se encuentran llenas de residuos y las encuestas arrojan un 0% de personas que vierten basura a las cañadas. Casi el 100% de los encuestados afirmaron que el camión de recogida de residuos por parte del servicio público era el encargado de llevarse los residuos sólidos que generaban a diario. Se le preguntó en la encuesta que cómo era posible que las cañadas estuviesen llenas de basura si toda la población depositaba la basura en el camión y echaban la culpa a los barrios que estaban en

las zonas de las cañadas hacia aguas arriba. Comentaban que en esos barrios tiraban los residuos a las cañadas y cuando se producían fuertes lluvias esos residuos eran arrastrados hacia aguas abajo, siendo ellos los perjudicados. Realmente, por el nivel de basura que hay en las cañadas, seguramente eso sea un hecho cierto, pero la población de Bella Vista muy posiblemente también contribuye a que las cañadas estén aún más llenas de basura. Dicho todo esto, los resultados arrojados en el gráfico siguiente no representan la realidad.



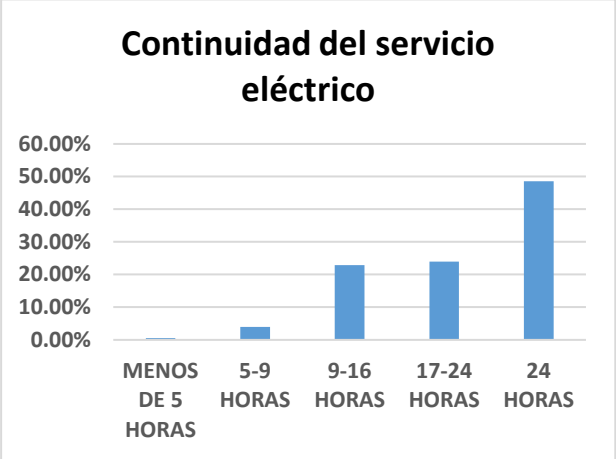
El tipo de energía utilizado para cocinar suele ser en la mayoría de las ocasiones el gas (96,57%), seguido del carbón (18,29%). Y en cuanto al tipo de servicio eléctrico, lo normal es obtener la energía de la red eléctrica con contador. Es reciente que se pague la luz.

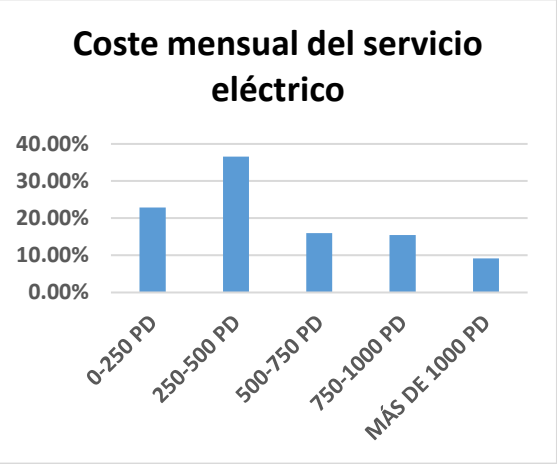




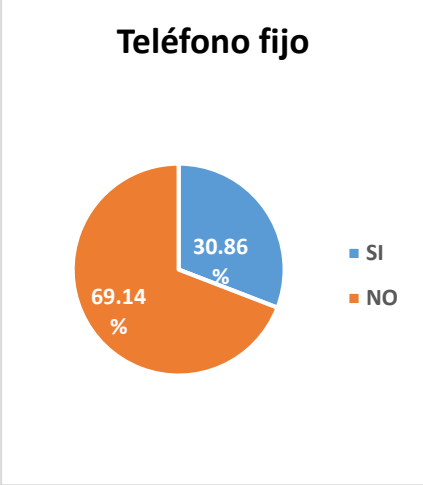
Sin embargo, la continuidad del servicio eléctrico no suele estar siempre asegurada. Esto puede deberse al robo del cableado de los postes eléctricos, al que le queman el plástico exterior que recubre los cables en las cañadas y venden el cobre que hay en su interior.

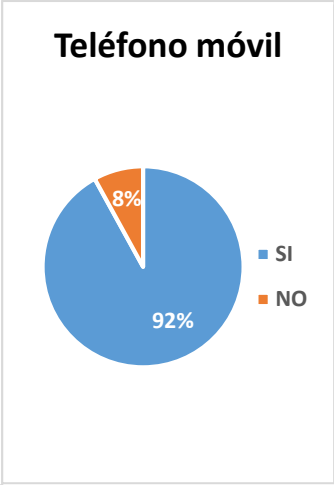
Además de la pérdida de continuidad del servicio eléctrico, la quema de ese plástico es muy contaminante y habría que tomar medidas para que esos hechos no ocurran. El coste mensual del servicio eléctrico suele estar en torno a 250-500 PD.

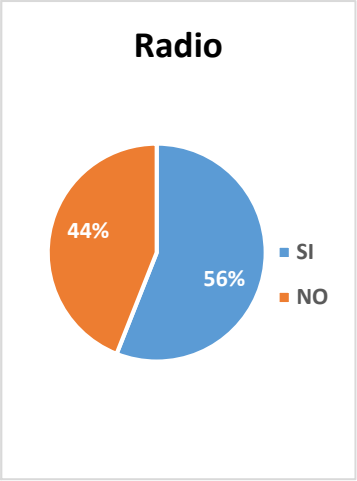




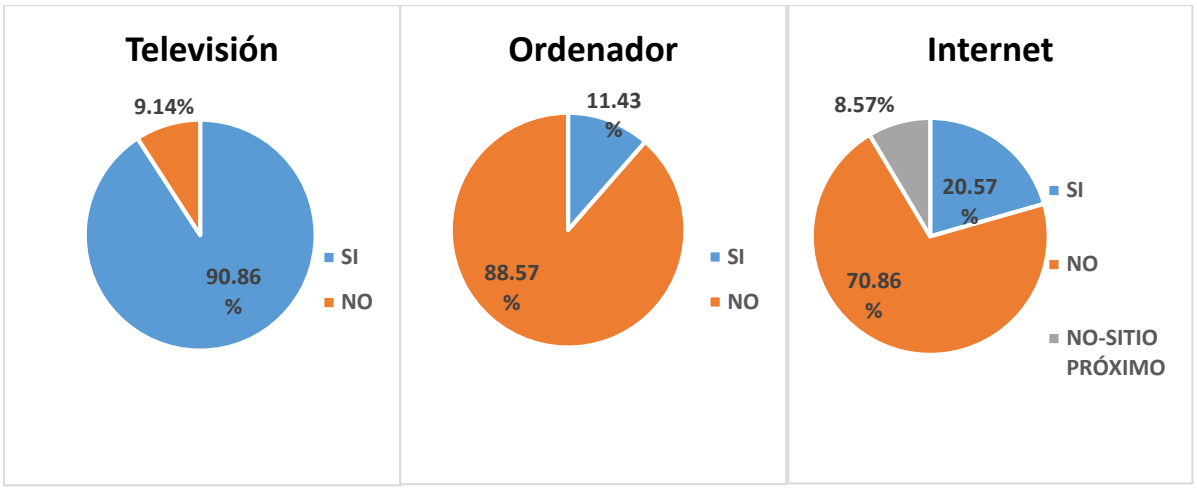
En cuanto a los servicios tecnológicos, sorprende el hecho de que casi el 70% tenga teléfono fijo en su vivienda y que el 92% tenga teléfono móvil. El 56% también posee una radio en el hogar.



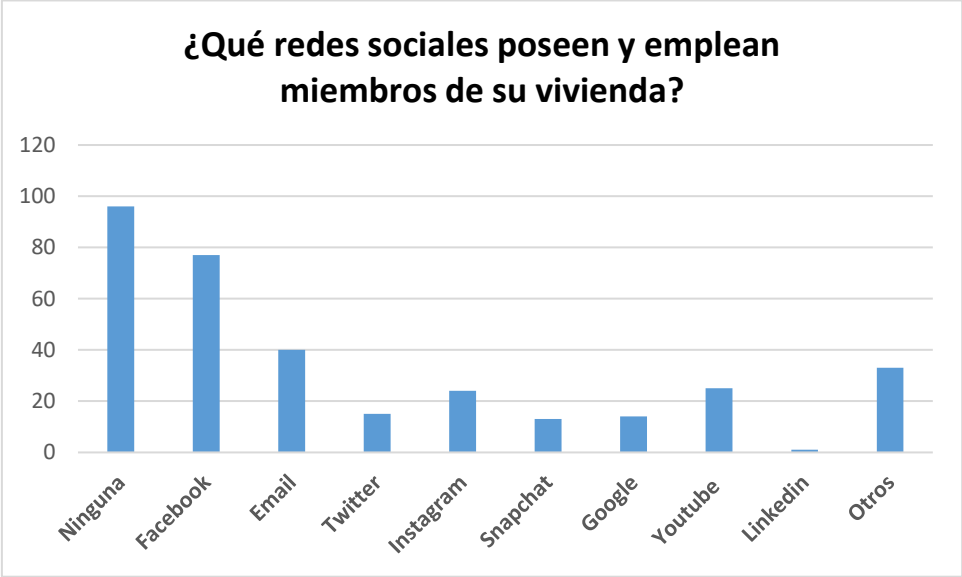




Es sorprendente que con los pocos medios que cuentan la mayoría de la población local, un 90,86% tengan televisión en la vivienda. En cuanto al ordenador y el internet los porcentajes son más bajos, con un 11,43% y un 20,57% respectivamente.

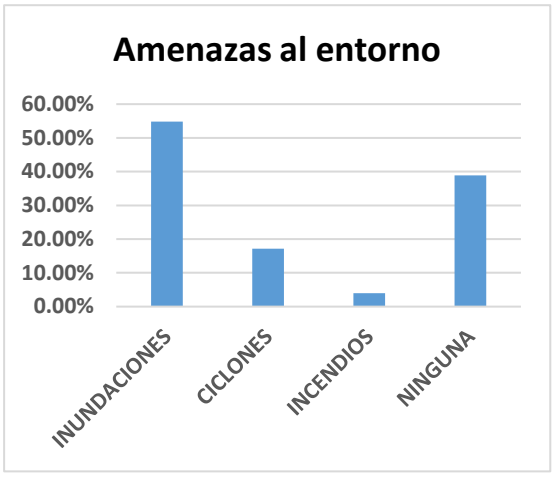


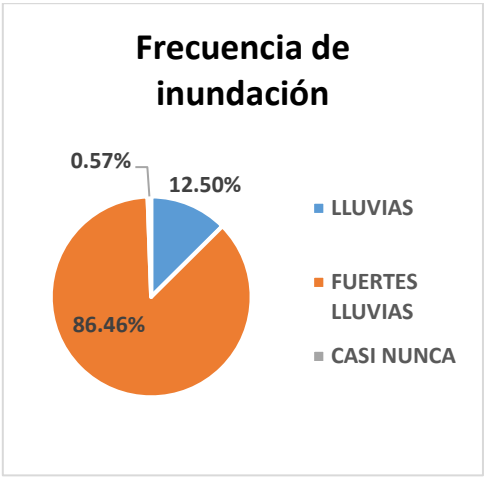
A pesar de los escasos recursos en el barrio, ese alto porcentaje de personas en posesión de un teléfono móvil hace que se encuentren conectados con la actualidad del resto del mundo debido al uso de redes sociales como Facebook, Twitter, Instagram o Snapchat y otros servicios como el correo electrónico, Google o Youtube.



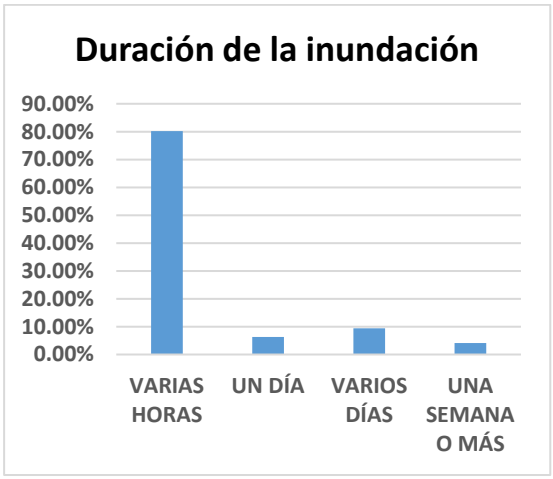
Amenazas al entorno

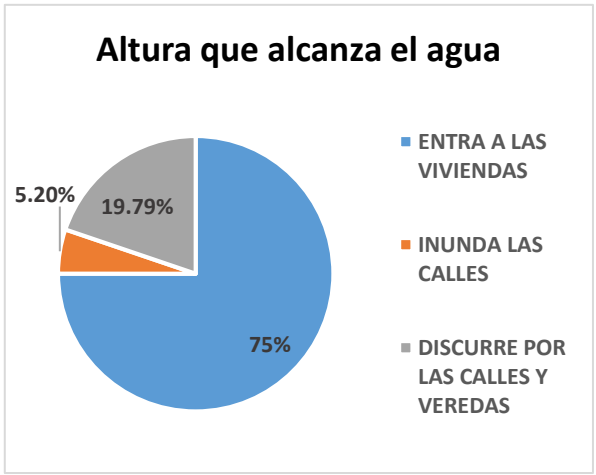
Más del 50% de la población local se ha visto amenazada en los últimos años por recurrentes inundaciones y algunos ciclones e incendios. Las inundaciones se producen en la mayoría de los casos cuando se producen fuertes lluvias. Son lluvias muy intensas y de corta duración que inundan en poco tiempo gran parte del barrio, ya que no existen sistemas eficientes de drenaje adecuados para mitigar este impacto.



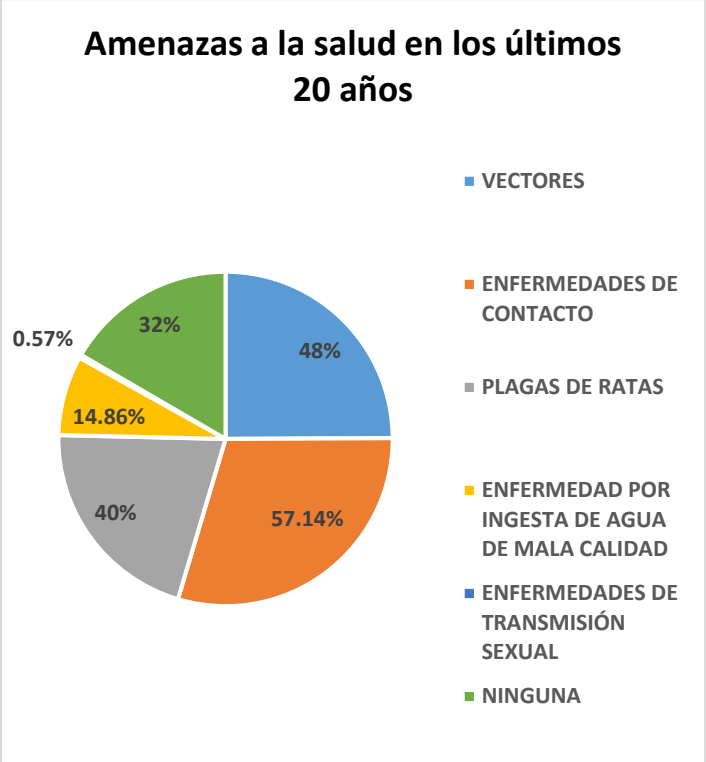


La duración de las inundaciones suele ser de varias horas en la mayoría de los casos, aunque en ocasiones tiene una duración de uno o varios días e incluso de una semana o más. Por otro lado, en el 75% de las inundaciones el agua llega a entrar a las viviendas.

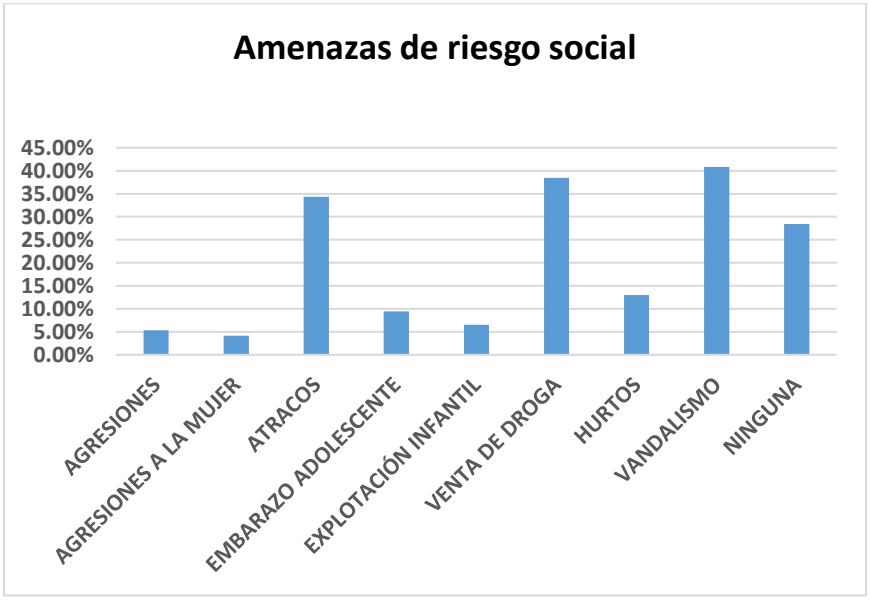




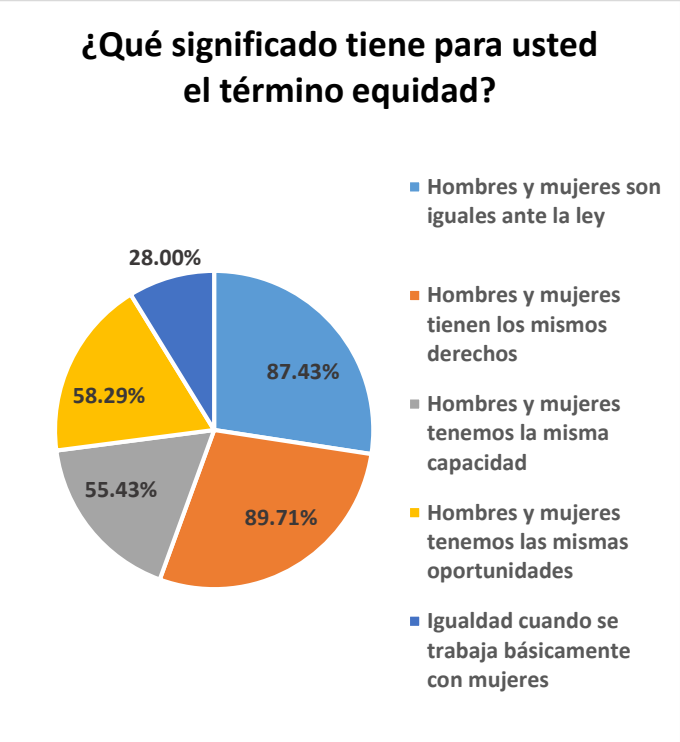
En cuanto a las amenazas a la salud en los últimos 20 años, destacan las enfermedades de contacto (57,14%), vectores (48%) y las plagas de ratas (40%). Solo el 14,86% sufre enfermedades a causa de la ingesta de agua de mala calidad y según los datos obtenidos menos del 1% padece enfermedades de transmisión sexual, sin embargo, es posible que este último porcentaje no sea totalmente fiable. Existe la posibilidad de que hayan contestado que no padecen ninguna enfermedad por no querer desvelar la realidad. En el barrio apenas se utilizan los métodos anticonceptivos y es usual ver a madres adolescentes. Este hecho debería arrojar un porcentaje más alto de enfermedades de transmisión sexual.



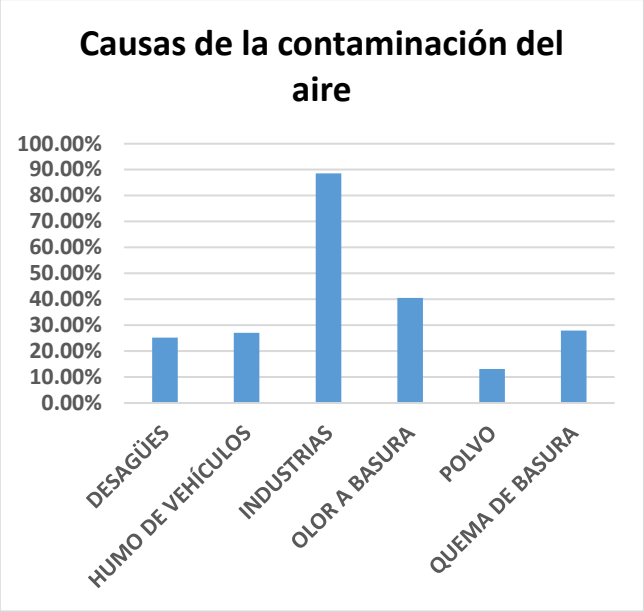
En cuanto a amenazas de riesgo social, son muy frecuentes los atracos, la venta de droga y el vandalismo. Cabe destacar que solo el 4,14% de los encuestados indicó que sufre o conoce a alguna vecina que sufre agresiones. Sin embargo, alguna vecina comentó que es algo muy recurrente en el barrio y que en la República Dominicana existe mucho machismo y no se respetan los derechos de la mujer como en otros países.



De hecho, el 87,32% de las mujeres encuestadas ha afirmado haber sufrido alguna discriminación a causa de ser mujer. Y a la pregunta ¿Qué significado tiene para usted el término equidad?, el 89.71% afirma que “Hombres y mujeres tienen los mismo derechos” y el 87,43% afirma que “Hombres y mujeres son iguales ante la ley”. Es significativo que casi el 50% de los encuestados afirmaron que los hombres y mujeres no tienen la misma capacidad ni las mismas oportunidades.

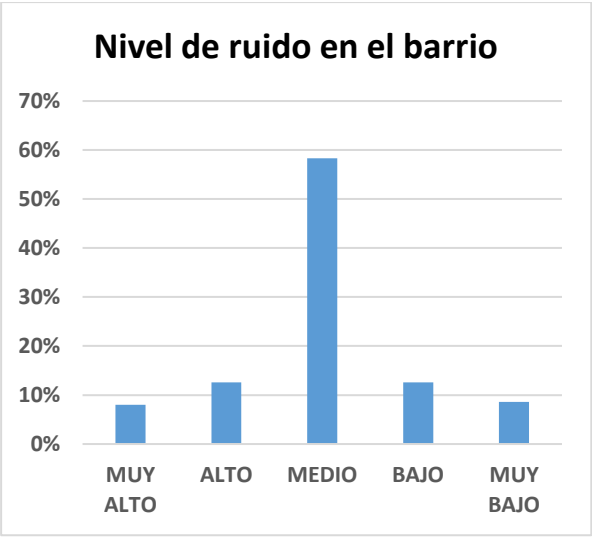


En cuanto a la calidad del aire en el barrio, prácticamente existe unanimidad en el barrio en que la calidad es mala o muy mala. Las causas la contaminación del aire se debe a las industrias en mayor medida. Existe una refinería en el puerto y una fábrica alimentaria de pollos Cibao que emiten por sus chimeneas humos contaminantes de olor muy fuerte. No existe ninguna regulación en las emisiones de estas industrias lo que provoca que se respire un aire en el barrio totalmente contaminado. A este hecho se unen los accidentes químicos en empresas farmacéuticas producidos en los últimos años que han contaminado el aire, la tierra y el agua.

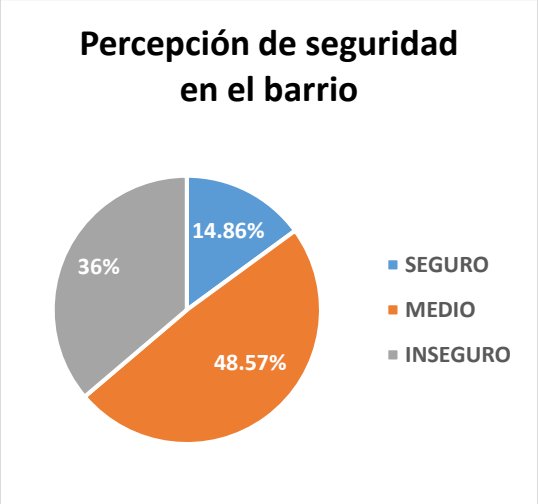


Si a todo esto, se le suma el olor de desagües, el humo de los vehículos, el polvo y el olor a basura y a la quema de esta, nos encontramos con un escenario crítico en cuanto a la calidad del aire, que provoca y seguirá provocando afecciones a la salud de la población local.

El ruido no es uno de los problemas que más destacan los vecinos, asumiendo la mayor parte de ellos un nivel de ruido medio, siendo los causantes de este los bares y colmados, el tránsito de los vehículos o algunos vecinos.



En cuanto a la percepción de seguridad en el barrio, el 36% piensan que su barrio es inseguro, el 48,57% que es de mediana seguridad y solo el 14,86% piensan que es un barrio seguro.



Puntuación media e importancia local de diversas temáticas

Por último, se expuso a los encuestados una serie de temáticas ligadas a la aplicación de medidas para la mejora del barrio (agua, saneamiento y drenaje, gestión de residuos sólidos, energía, biodiversidad, medidas de control del aire y del ruido, riesgos, uso del suelo y ordenamiento del territorio, desigualdad urbana, movilidad y transporte, accesibilidad y proximidad, educación, salud, seguridad y bienestar, comunicación, participación y gestión adecuada del gasto y los ingresos municipales).

Con los resultados totales se ha hecho una media ponderada de cada temática para ver la importancia que le dan a cada una de ellas y su orden de preferencia.

Orden	Temática	Descripción	Puntuación media
1	Seguridad y bienestar	Disfrutar en mi barrio de un ambiente seguro, libre de violencia y microtráfico. Las mujeres no sufren ningún tipo de acoso físico ni verbal y tenemos centros de atención social	9,24
2	Salud	Disponer de centros de salud adecuados con una buena atención médica, así como gozar de buena salud	9,23

Orden	Temática	Descripción	Puntuación media
3	Participación	Puedo y quiero participar en la gestión y planificación en mi comunidad en organizaciones comunitarias democráticas y funcionales, dentro de un contexto de transparencia en la municipalidad	9,02
4	Desigualdad urbana	Acceso a empleos de calidad cercanos a las viviendas que permitan una vida digna	8,99
5	Uso del suelo y ordenamiento del territorio planificado	Familias viviendo en casas adecuadas sin hacinamiento y con buena calidad constructiva, dotadas con títulos de propiedad y dotadas con servicios suficientes y adecuados en un entorno urbano ordenado	8,97
6	Comunicación	Existen medios de comunicación en el barrio que me ayudan a informarme de lo que pasa, además de tener teléfono celular en la familia y puntos de wifi en mi barrio	8,94
7	Educación	Tener en mi barrio centros educativos de calidad	8,90
8	Movilidad y transporte	Disfrutar de buena infraestructura de transporte por carreteras, peatonal y para bicicletas, junto a un transporte colectivo de calidad	8,87

Orden	Temática	Descripción	Puntuación media
9	Accesibilidad y proximidad	Disfrutar cerca de mi casa de equipamientos y servicios a los que pueda ir andando. Que todo esté bien señalizado y que las personas con capacidades especiales no tengan problema para acceder a los sitios	8,83
10	Riesgo	Disponer de viviendas, equipamientos e infraestructuras seguras frente a sismos, ciclones e inundaciones	8,81
11	Agua	Acceso al agua potable todos los días a un precio que podamos pagar	8,79
12	Saneamiento y drenaje	Acceso a un sistema efectivo de cloacas que recoja las aguas sucias de los baños, cocinas, trapear y lavar, además de las aguas de las lluvias	8,73
13	Gestión de residuos sólidos	Un sistema de recogida de basuras efectivo, que evite que las personas tiren la basura a la calle y a las cañadas	8,69
14	Gestión adecuada del gasto y los ingresos municipales	Nuestro municipio recoge impuestos municipales que se invierten en mejoras del barrio	8,58
15	Biodiversidad	Disponer de suficientes áreas verdes y parques que podamos disfrutar, con una arborización adecuada que provea sombra y mejore el paisaje urbano	8,54

Orden	Temática	Descripción	Puntuación media
16	Medidas de control del aire y del ruido	Medimos y controlamos el ruido de colmados y otros, así como la contaminación que hay en el barrio	8,5

Tabla 14 – Puntuación media de cada temática basada en los resultados de las encuestas

Como se puede observar, las 16 temáticas propuestas están consideradas de alto interés por parte de la población local, teniendo todas ellas una puntuación superior a 8,5. Las más destacadas son la seguridad y bienestar, la salud y la participación ciudadana.

Con todos los resultados obtenidos de la encuesta es evidente la necesidad de búsqueda de la sostenibilidad social, que podría definirse como el desarrollo y crecimiento de la sociedad que conduzca a la cohabitación de diversos grupos culturales y sociales a la vez que se fomenta la integración social con mejoras en la calidad de vida de toda la población.

Para definir las dimensiones de la sostenibilidad social debemos considerar 3 ejes: el primer eje es el territorio y todas las variables físicas que influyen en la sostenibilidad del barrio. El segundo eje será el individuo y su propia percepción de ciertos aspectos vinculados a la sostenibilidad del área. Y el tercer eje ha de ser el resultado de la interacción entre el territorio y el individuo, es decir, la comunidad. Este tercer eje, refleja cómo la interacción entre el territorio y los individuos conforman las características básicas de la comunidad, determinando directamente el contexto en que debe ser medida la sostenibilidad.

El contexto no puede ser siempre el mismo, ya que el resultado en cada caso es diferente debido a la combinación de estos tres elementos: territorio, individuo y comunidad. Por eso el concepto sostenibilidad social no es estático, ya que depende de la configuración de estos tres ejes durante un período de tiempo determinado. La evaluación de la sostenibilidad social en un contexto determinado debe incluir la idea de progreso.

CONTEXTO	Comunidad	- Características sociales y culturales - Actividad económica - Percepción subjetiva
	Individuo	- Cohesión social - Exclusión / inclusión social - Capital social
	Territorio	- Transporte urbano - Servicios públicos de infraestructura - Vivienda - Espacio construido

Tabla 15 – Ejes de la sostenibilidad social

Ilustración 54 – Factores de la sostenibilidad social

6.3.3. Análisis económico

Economía

En sus inicios la comunidad de Bajos de Haina se dedicaba a la producción agrícola, a la pesca y a la venta de productos como el coco, el azúcar, alcohol y hierba, a los poblados de San Cristóbal y Santo Domingo.

A partir de 1950, su vocación productiva cambia, iniciando su transformación hacia una ciudad industrial con la puesta en funcionamiento del Central Río Haina, en el momento más importante de la industria azucarera local. Ese azúcar se comercializaba en el mercado exterior y en el mercado interior en menor medida y era una industria que mantuvo la primacía de la economía local hasta finales de la década de los 80, cuando comienza la caída de la demanda del azúcar. Hasta ese momento el ingenio fue la principal industria de Haina.

Con el desplome de la comercialización del azúcar son instaladas una serie de empresas industriales en el municipio. Entre estas empresas destaca el establecimiento de la envasadora de gas propano y la puesta en funcionamiento de la primera central termoeléctrica que posteriormente se convierte en el Complejo Termoeléctrico de Haina (que incluye las generadoras Itabo I e Itabo II, instalados en 1983, y que junto a Haina y otras generadoras eléctricas de su entorno, constituye el principal parque energético del país produciendo el 50% de la energía total que consume el país).

En 1973 se instala en Haina la Refinería Dominicana de Petróleo y en 1976 se crea la Zona Industrial de Haina, con unos 1.300 metros cuadrados de extensión, y a un kilómetro de distancia de la terminal portuaria donde operan en la actualidad más de 50 industrias,

contando con espacios que permitirían su crecimiento futuro. Estas industrias se dedican al procesamiento y fabricación de alimentos, así como a la preparación de materia prima que posteriormente son empleadas por las industrias locales. De estas industrias, las químicas, metalúrgicas, de ensamblaje y las farmacéuticas representan el 43% y concentran el 17% de los empleados de la zona. Es importante también el parque Zona Franca Itabo con 16 industrias de zona franca que se dedican a tres actividades: ensamblaje de artefactos eléctricos, fabricación de fármacos y confección de textiles. Estas industrias absorben el 54,3% de los empleados de la zona industrial.

Bajos de Haina oferta un total de 20.000 empleos: 53,49% en la zona industrial, 29,21% en la zona franca y 17% en la actividad portuaria. Y esto siempre ha constituido un atractivo para la migración interna.

Ilustración 55 – Puerto de Bajos de Haina – Fuente: SkyScraperCity

La dinámica económica que generó la instalación de estas industrias fue el principal motivo por el que en Haina se instalaran 5 sucursales de los principales bancos del país y un gran número de micro empresas, comercios minoritarios y estaciones de expendio de combustible.

Distribución de la riqueza

A pesar de la existencia de entes productores de riquezas en los Bajos de Haina, su ubicación privilegiada, la presencia del puerto comercial y el hecho de que en su territorio se genera el 50% de la energía eléctrica que produce el país, no se ha producido el desarrollo esperado de la zona ni de su población.

La inmensa mayoría de la población en Bajos de Haina sigue siendo pobre y sigue careciendo de los servicios más básicos. Según el informe del Banco Interamericano de Desarrollo BID "Indicadores de Pobreza" de 1994, el municipio Bajos de Haina está calificado como de "nivel de vida regular", por debajo del nivel considerado aceptable, mientras que en 1997 la Oficina Nacional de Planificación publicó un estudio sobre la focalización de la pobreza en República Dominicana basado fundamentalmente en el censo Nacional de población de 1993 y en la Encuesta Demográfica y de Salud de 1996 "Endesa 96". Este análisis arrojó como resultados un número de hogares pobres igual a 13.976 de los 21.772 existentes a la fecha, lo que refleja un índice global de pobreza de 64.2%, con una distribución muy similar en las zonas rural y urbana.

En el caso de Bajos de Haina el porcentaje de hogares con condiciones cercanas a la pobreza extrema es de 16,4%, mientras que se estimó que el número de familias pobres que pertenecen a barrios de estratos socioeconómicos medios es mucho mayor, un 48%.

Ilustración 56 – Inundación y condiciones habitacionales precarias en el barrio de Bella Vista – Ana Moyano

La pobreza en Haina se debe a diferentes causas. La causa más evidente es que los puestos técnicos de las industrias instaladas en esta zona no son ocupados por los habitantes del municipio. Esto se debe a la inexistencia de mano de obra calificada y a su bajo nivel educativo. Por otro lado, es evidente que las autoridades municipales no se han esforzado en

que las industrias allí instaladas involucren a la población en su dinámica productiva ni en colaborar con el desarrollo de la región.

Esto se corresponde perfectamente con los datos obtenidos en el barrio de Bella Vista, que indican un alto porcentaje de desempleo y unos trabajadores con ingresos mensuales promedio muy por debajo de lo necesario para vivir con dignidad.

6.3.4. Análisis DAFO

En este punto se puede plantear un análisis DAFO que represente la perspectiva global de la zona de estudio: debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades.

Debilidades	**F**ortalezas
- Vivienda deficiente a nivel constructivo y material. - Estructuración urbana irregular e inapropiada para la habitabilidad en el municipio. - Carencia de equipamientos comunitarios. - Inexistencia de servicios básicos sanitarios: agua potable, energía eléctrica, transporte, etc. - Red vial irregular, inconexa y en estado de deterioro. - Alta tasa de desempleo en la comunidad.	- Ubicación privilegiada por su colindancia con la provincia de Santo Domingo y su cercanía al Distrito Nacional. - Zonas industriales generadoras de empleo. - Recursos naturales de gran valor: ríos, lagunas, playas y montañas. - Elementos de gran valor cultural y artístico propios de la comunidad considerados patrimonio nacional.
Amenazas	**O**portunidades
- Elevado índice de contaminación ambiental que pone en riesgo los recursos naturales del municipio. - Riesgo para la salud humana por exposición permanente a la contaminación ambiental. - Proliferación de plagas como consecuencia del mal manejo de los residuos sólidos en el municipio. - Aumento del índice de pobreza dentro de la comunidad.	- Zonas naturales explotables a nivel turístico y, por tanto, generadoras de ingresos. - Posibilidad de reutilización y reciclaje de residuos industriales. - Existencia de fuentes de energías alternativas de potencial implementación (solar, eólica, etc.). - Capacitación de la comunidad con la finalidad de integración en las labores del sector industrial instalado en el municipio. - Aumento de la oferta de empleos a través de la instalación de nuevas industrias en la zona.

Tabla 16 – Análisis DAFO del municipio Bajos de Haina

Todo esto, lleva a concluir que sería justa y necesaria una compensación a la población por parte de las industrias allí instaladas por daños ambientales y uso indebido del suelo. Una forma de compensar a la población sería facilitando el acceso a empleos de calidad y promoviendo programas de formación y de desarrollo de los barrios. Además, las industrias deberían de comprometerse a reducir sus emisiones y a seguir programas de manejo adecuado de residuos para que sus procesos fuesen sostenibles. Esto sería una buena manera de capitalizar el municipio y hacerlo progresar.

6.4. Estudio hidrológico

Para llevar a cabo el estudio hidrológico de la zona de estudio han sido necesarios tres datos de partida fundamentales:

- Conocer la red hídrica de la zona.
- Delimitar la cuenca hidrográfica a la que pertenece la zona de estudio.
- Una serie histórica de datos de lluvia.

A continuación, se define en detalle todo lo mencionado anteriormente, que culminará con el cálculo de caudales y la determinación del modelo de inundación de la zona de estudio.

6.4.1. Determinación de cuenca, subcuenca y microcuencas

El conocimiento de la cuenca hidrográfica de un río es esencial a la hora de realizar un estudio hidrológico, ya que cuando se producen precipitaciones y el agua discurre por la superficie terrestre, una parte se infiltra o se evapora y otra parte acaba desembocando en un curso de agua. Por tanto, es necesario saber qué puntos de la superficie terrestre aportan a un curso de agua y qué puntos aportan a otro curso diferente. Como es evidente, a igualdad de precipitación, cuanto mayor sea la superficie que aporta agua al río, mayor será el caudal transportado por el mismo. Por este motivo, cuando se estudia un curso de agua es muy importante conocer la superficie de aportación.

Para identificar la cuenca hidrográfica de la zona de estudio se tiene como dato el modelo digital del terreno facilitado por el INDRHI. A partir de este MDT y utilizando el software ArcGis, se ha obtenido la red hídrica y la cuenca hidrográfica del río Haina, que es la que engloba nuestra zona de estudio. Sin embargo, al tratarse de una zona demasiado extensa en

comparación con la zona de interés, se procede a la obtención de subcuencas que permitan el estudio de una zona más reducida. De esta forma, se ha obtenido una cuenca global y varias subcuencas.

Dentro de una de estas subcuencas, se encuentra la zona de estudio, por lo que se ha vuelto a repetir el mismo proceso en dicha subcuenca y se han obtenido tres microcuencas, asociadas a los tres cauces principales que discurren por la zona. Así, se ha conseguido conocer las superficies de aportación a cada curso de agua.

En el ***Plano Nº4 de Determinación de subcuencas y microcuencas*** se puede ver con detalle la dilimitación de la subcuenca y las microcuencas.

6.4.2. Jerarquización de cauces de la subcuenca

En segundo lugar, se define la jerarquización de cauces de la subcuenca u orden de la subcuenca. El orden de una cuenca o subcuenca es un número que refleja el grado de ramificación de la red de drenaje. La clasificación de los cauces de una cuenca se realiza a través de las siguientes premisas:

- Los cauces de primer orden son los que no tienen tributarios.
- Los cauces de segundo orden se forman de la unión de dos cauces de primer orden y, en general, los cauces de orden n se forman cuando dos cauces de orden n-1 se unen.
- Cuando un cauce se une con un cauce de orden mayor, el canal resultante hacia aguas abajo retiene el mayor de los órdenes.
- El orden de la cuenca es el mismo que el de su cauce principal a la salida.

En la siguiente ilustración se puede ver un ejemplo de esta clasificación. Este parámetro es altamente dependiente de la escala del mapa y de la técnica usada para la determinación de la red de drenaje, que puede incluir también análisis de fotos aéreas, lo que debe tenerse en cuenta cuando se desea realizar comparaciones entre cuencas.

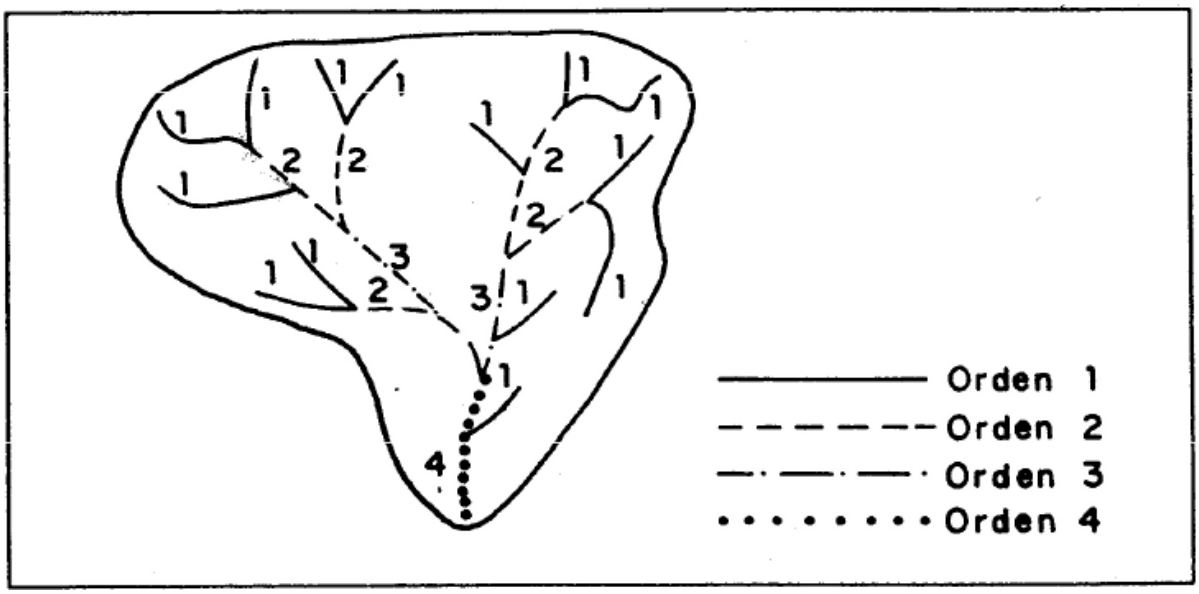


Ilustración 57 – Ejemplo de determinación del orden de los cauces de una cuenca – Fuente: Ingeniería Hidrológica – Leonardo S. Nanía y Manuel Gómez Valentín

En el ***Plano Nº5 de Microcuencas de los cauces en Bella Vista, Villa Penca e Invicea*** se puede ver con detalle la jerarquización de caucesen la subcuenca de estudio.

6.4.3. Cálculo de caudales

En tercer lugar, se hace un tratamiento estadístico de la serie histórica de datos de lluvia de la estación meteorológica más cercana, extrayendo así un evento de precipitación o tormenta de proyecto. Los datos de partida utilizados han sido los de la estación meteorológica de Engombe, que son las lluvias máximas diarias en cada mes de cada uno de los años y a partir de ellos se hace el tratamiento estadístico para obtener la tormenta de proyecto.

En un estudio hidrológico no solo es necesario conocer la cantidad de lluvia asociada a una tormenta de frecuencia y duración determinados, sino que también es necesario saber la distribución en el tiempo de la intensidad de lluvia en el transcurso de la tormenta. El tratamiento estadístico utilizado para obtener la tormenta de proyecto ha sido el método probabilístico de valores extremos de Gumbel, obteniendo las intensidades de lluvia en función del período de retorno y del tiempo de concentración con lo que se pueden construir las curvas IDF. Una vez que se han obtenido las intensidades máximas diarias asociadas a un cierto período de retorno, hemos introducido estos valores en el software HEC-HMS para

períodos de retorno de 10 y 25 años, simulando la transformación de lluvia en caudal de escorrentía.

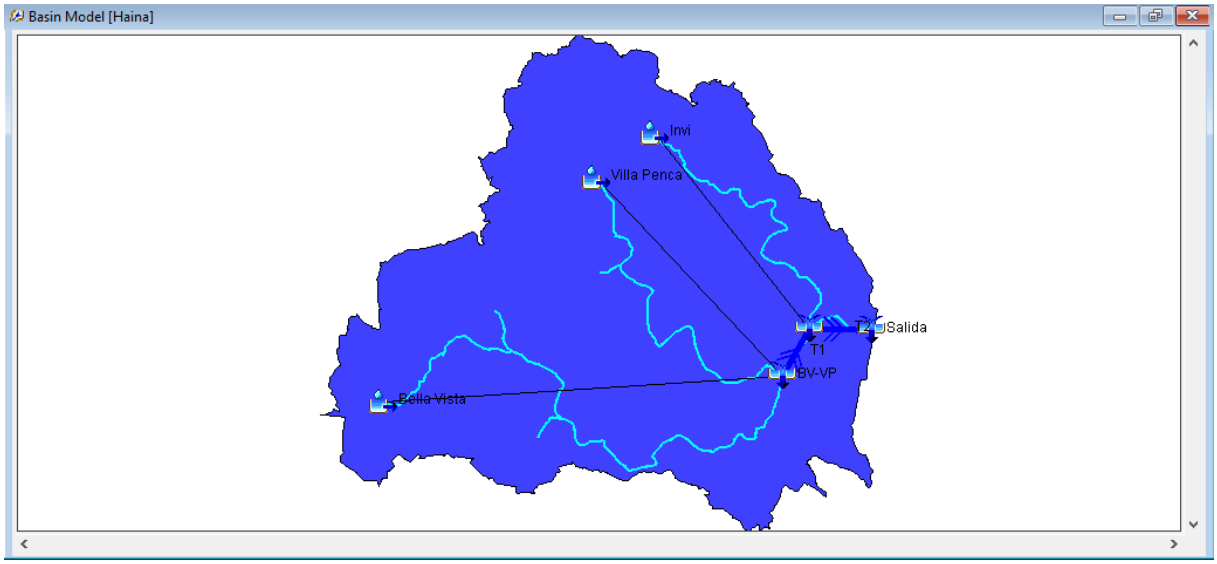


Ilustración 58 – Simulación de la transformación lluvia-caudal a partir de la tormenta de proyecto – Fuente: Elaboración propia

Para dicha simulación es necesario definir un modelo de pérdidas, es decir, un procedimiento por el cual se mida el agua que se pierde por infiltración, evaporación, etc. En este caso, se ha elegido el modelo SCS-CN. Este método tiene en cuenta, entre otras cosas, la permeabilidad de la superficie mediante un parámetro denominado CN que va de 0 (totalmente permeable) a 100 (totalmente impermeable). Los cálculos de este modelo de pérdidas se han explicado con anterioridad en el apartado 6.2.3.Usos del suelo.

Introduciendo la tormenta de proyecto calculada, un modelo de pérdidas con los parámetros necesarios y teniendo en cuenta las características de la superficie de la zona, es posible obtener el hidrograma de salida en cada una de las cañadas y en sus confluencias.

El objetivo de la simulación es calcular la parte de lluvia que se transforma en caudal de escorrentía y cómo se distribuye en el tiempo, es decir, la obtención del hidrograma en cada una de las secciones de estudio. Los resultados que se obtienen de la simulación son los siguientes:

Global Summary Results for Run "Sim_TR=10"

Project: prueba2 Simulation Run: Sim_TR=10

Start of Run: 11sep1985, 00:00 Basin Model: Haina
End of Run: 12sep1985, 00:10 Meteorologic Model: Met 1_TR=10
Compute Time: 24oct2017, 22:47:00 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Bella Vista	1.302086	43.7	11sep1985, 12:20	207.02
Villa Penca	0.948057	41.3	11sep1985, 12:10	209.31
BV-VP	2.250143	83.1	11sep1985, 12:10	207.98
T1	2.250143	79.7	11sep1985, 12:20	207.70
Invi	0.606147	24.6	11sep1985, 12:10	194.90
BV-VP-IV	2.856290	97.5	11sep1985, 12:20	204.98
T2	2.856290	96.3	11sep1985, 12:20	204.86
Salida	2.856290	96.3	11sep1985, 12:20	204.86

Ilustración 59 – Tabla resumen para cada período de retorno de los caudales pico en cada sección de la subcuenca – Fuente: Elaboración propia

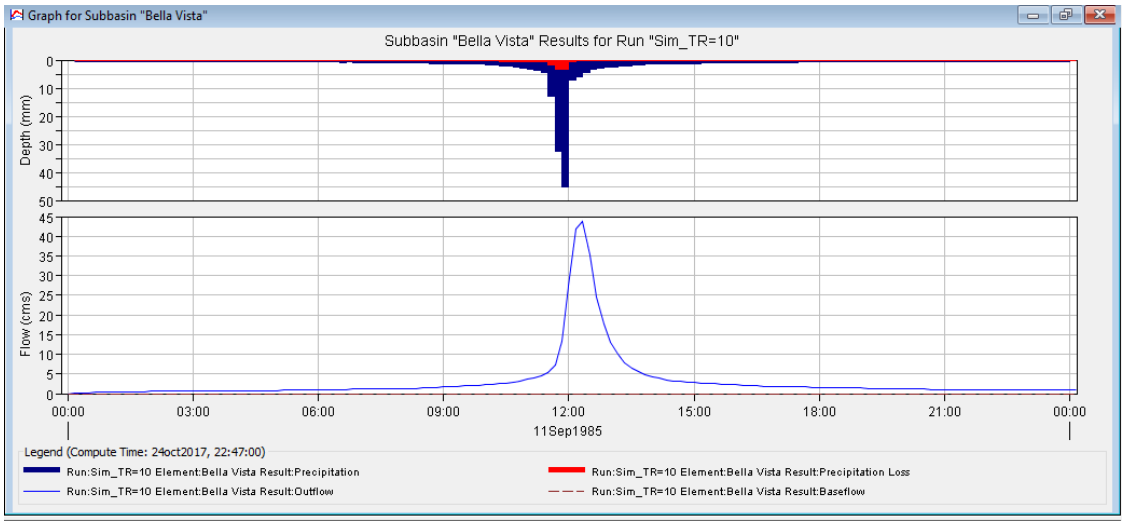


Ilustración 60 – Gráficos donde se distingue el agua que transcurre por superficie y la parte que se infiltra en cada microcuenca para cada período de retorno de estudio – Fuente: Elaboración propia

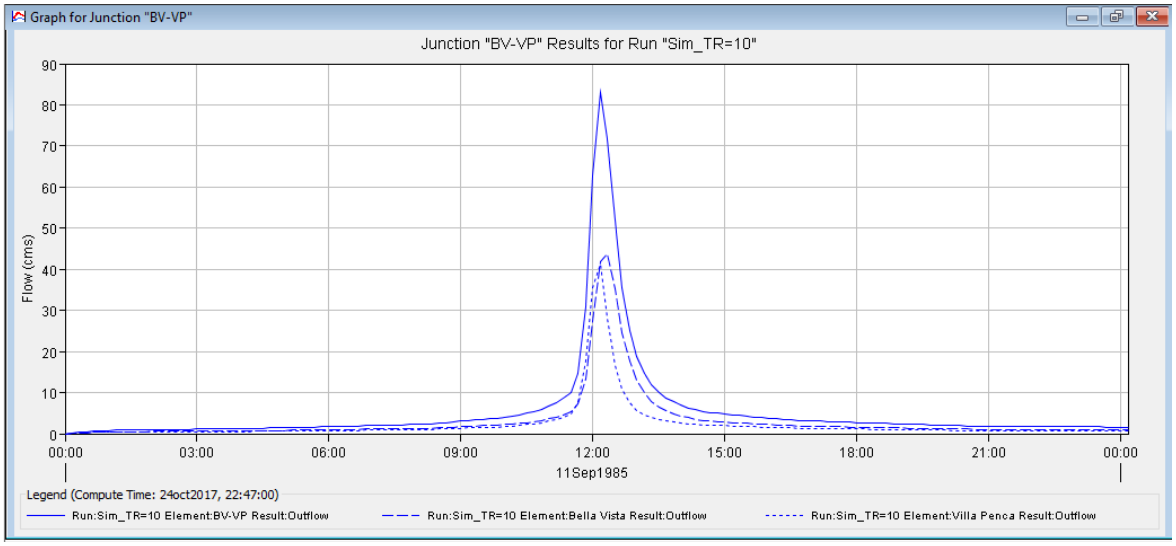


Ilustración 61 – Gráficos de la variación de caudales en las confluencias de los cauces – Fuente: Elaboración propia

De esta forma, es posible identificar el caudal punta en las secciones de control de los cursos de agua que se estudian y, en un proceso posterior, saber si los ríos se desbordan y si se producen inundaciones. Esto último, se desarrolla en el apartado siguiente mediante el modelo de inundación.

6.4.4. Modelo de inundación

A partir de los caudales de avenida obtenidos con el software HEC-HMS en cada una de las secciones de nuestro modelo, se ha llevado a cabo un modelo de inundación mediante el software HEC-RAS 5.0.1. Primero se ha definido la geometría de los cauces y gracias al DEM del dron se han obtenido las secciones transversales cada 20 metros y con una amplitud de 200-500 metros a cada lado de la sección. Para definir la geometría de los cauces se ha utilizado un subprograma de ArcGis llamado HEC-GeoRas y se ha importado esta al HEC-RAS.

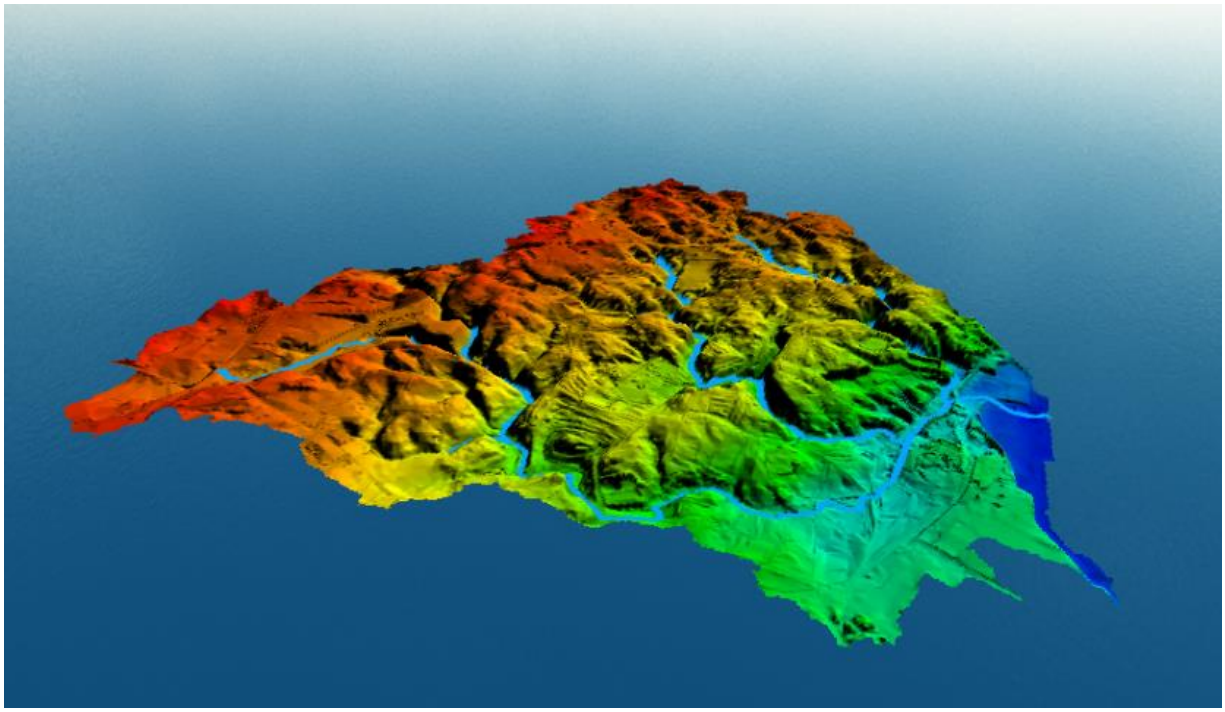


Ilustración 62 – Vista en 3D del DEM y los 3 cauces de estudio – Global Mapper – Fuente: Elaboración propia

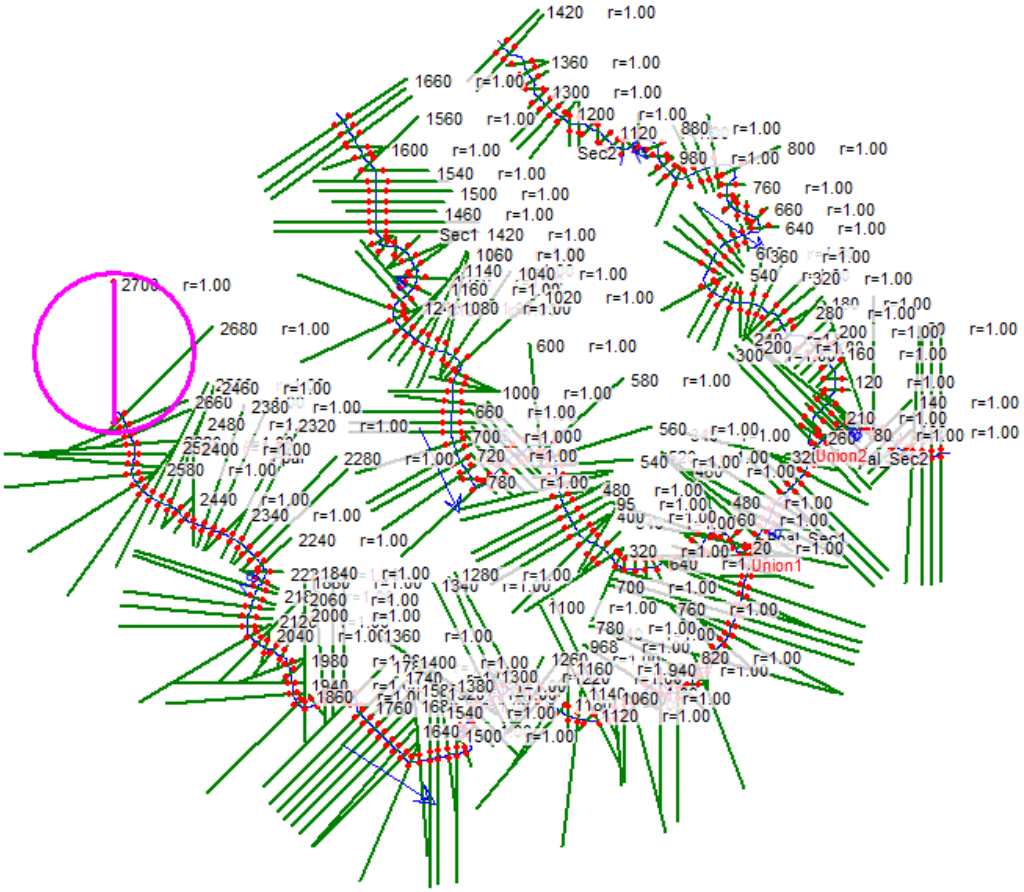


Ilustración 63 – Importación de geometría de los 3 cauces de estudio a HEC-RAS 5.0.1 – Fuente: Elaboración propia

En cada una de las secciones se tiene que definir el n de Manning para cada zona del cauce. A mayor n de Manning mayor caudal discurrirá por superficie, es decir, el software considerará más impermeable la superficie. Se ha tenido en cuenta la siguiente tabla:

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
D. Corrientes naturales			
D-1. Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)			
a. Corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	**0.030**	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.050
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.040	0.048	0.055
6. Igual al 4, pero con más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150

Tabla 17 – n de Manning para diferentes tipos de corrientes naturales

A partir de esta tabla, se ha designado para el cauce principal un número de Manning de 0.045 y para los laterales del cauce 0.04.

Se han introducido en cada uno de los cauces y en las confluencias los caudales pico obtenidos mediante el software HEC-HMS para cada período de retorno, TR=10 años y TR=25 años y se ha llevado a cabo la simulación suponiendo que el flujo estuviera en régimen permanente. El resultado nos proporciona la altura de inundación a lo largo de los cauces, la mancha de inundación y el rango de velocidades a lo largo del recorrido para cada uno de los períodos de retorno.

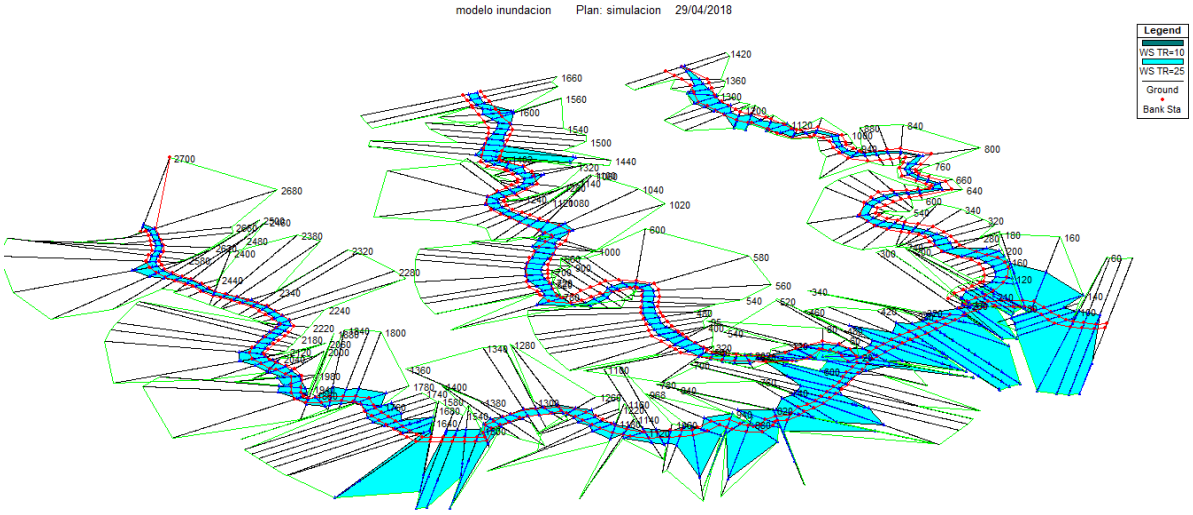


Ilustración 64 – Resultados del modelo de inundación en 3D – Fuente: Elaboración propia

Por último, se han exportado los resultados del modelo desde HEC-RAS a ArcGis y se han superpuesto los modelos de inundación a la ortofoto obtenido mediante el vuelo de dron durante los trabajos de campo.

Los resultados de la altura del agua en cada enclave de la zona se pueden ver con más detalle en el ***Plano Nº6 de Modelo de inundación de la subcuenca – Altura del agua con caudal asociado a un período de retorno de 10 años*** y en el ***Plano Nº7 de Modelo de inundación de la subcuenca – Altura del agua con caudal asociado a un período de retorno de 25 años***. Y los resultados del rango de velocidades a lo largo de los cauces se pueden ver en datalle en el ***Plano Nº8 de Modelo de inundación de la subcuenca – Velocidad del agua con caudal asociado a un período de retorno de 10 años*** y en el ***Plano Nº9 de Modelo de inundación de la subcuenca – Velocidad del agua con caudal asociado a un período de retorno de 10 años***.

6.5. Áreas protegidas

Según la Ley N°64-00 que crea la Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, específicamente en el artículo 110 del Título III de la protección y calidad del medio ambiente, capítulo VII, de los asentamientos humanos y contaminación sónica, se establece que los asentamientos humanos no podrán autorizarse:

1) En lechos, cauces de ríos o zonas de deyección, zona expuesta a variaciones marinas, terrenos inundables, pantanosos o de relleno, cerca de zonas industriales, bases militares, basureros, vertederos municipales, depósitos o instalaciones de sustancias peligrosas.

2) En lugares donde existan probabilidades ciertas de la ocurrencia de desbordamiento de vaguadas, deslizamientos de tierra y cualquier condición que constituya peligro para la vida y la propiedad de las personas.

Y en el artículo 129 del Título IV de los recursos naturales, en su capítulo II de los suelos y en el capítulo III de las aguas se establece que el Plan Nacional de Ordenamiento Territorial establecerá la zonificación hidrológica, priorizando las áreas para producción de agua, conservación y aprovechamiento forestal, entre otros, y garantizando una **franja de protección obligatoria de treinta metros en ambas márgenes de las corrientes fluviales**, así como alrededor de los lagos, lagunas y embalses.

6.6. Gestión de las aguas superficiales y pluviales

A pesar del *Plan Maestro de Alcantarillado propuesto por la CAASD* a nivel nacional, no existen ningún sistema de drenaje para aliviar el agua superficial y pluvial. En el país, y en particular en los 3 barrios considerados en este estudio, el drenaje urbano es prácticamente inexistente, existiendo pozos filtrantes y pozos sin fondo que generan un efecto nocivo en las aguas subterráneas debido al arrastre de sólidos.

La inexistencia de una red de pluviales convencional con imbornales para retener el arrastre de sólidos y materia flotante procedentes de los residuos domésticos o del arrastre del agua de lluvia de diversos residuos que van por la superficie hace que el nivel de contaminación de las aguas que discurren sea muy alto, ya que dichas aguas se descargan directamente en el río Haina o el Mar Caribe. Además, a este problema se une el vertido de residuos desde las cañadas debido a malas prácticas ciudadanas. Esta situación está provocando una gran contaminación de los ríos, del acuífero y del litoral.

Ilustración 65 – Residuos sólidos depositados en los cauces – Fuente: Ilustración propia

El ayuntamiento realiza la limpieza de contenes y cañadas con frecuencia, pero en la mayoría de ocasiones no es suficiente y cuando se producen fuertes lluvias se producen inundaciones, destruyéndose muchas viviendas.

Ilustración 66 – Limpieza de cañadas por parte del Ayuntamiento de Bajos de Haina – Fuente: Ilustración propia

El Plan Director propuesto por el CAASD trata de proponer soluciones integrales viables para la propia colección, tratamiento y disposición final de las aguas, compatible con aspectos urbanísticos, ambientales, técnicos, económicos y financieros y focaliza sus esfuerzos en la recuperación de los ríos Haina, Isabela y Ozama y del litoral de Santo Domingo. Por tanto, las

instituciones no deberían dar la espalda a Bella Vista, Villa Penca e Invicea, porque los cauces que transcurren por ellos son uno de los principales focos de contaminación del río Haina y del mar Caribe.

6.7. Gestión de las aguas residuales

A pesar de la *Estrategia Nacional de Saneamiento (ENS)* y las recomendaciones de prioridades para la formulación de un Plan General de Inversiones que propone el INAPA, Bajos de Haina, y en particular los barrios de Bella Vista, Villa Penca e Invicea, no poseen ningún sistema convencional de recogida y tratamiento de aguas residuales. La inexistencia de dicho sistema afecta de forma determinante a la salud de la población, los ríos, las aguas subterráneas y la costa.

En la mayoría de los casos, como ya hemos podido ver con anterioridad en el apartado del estudio social y perfil sociológico, la población de la zona de estudio descarga las aguas negras en hoyos en el suelo o en un sistema consistente en un pozo séptico en el mejor de los casos.

Ilustración 67 – Pozo séptico en vivienda para la descarga de aguas negras – Fuente: Ilustración propia

Por tanto, sería importante que se implementara el objetivo principal de la ENS en esta zona. Dicho objetivo se plasma en tres líneas estratégicas:

- Gestión integral de los recursos hídricos.

- Acceso al agua y al saneamiento.
- Gobernanza y derecho humano al agua.

La Estrategia Nacional de Saneamiento pretende generar herramientas estratégicas que permitan orientar y controlar el desarrollo del sector y disponer de una Estrategia Nacional de Saneamiento que brinde una atención integral a la problemática del saneamiento en el país, en estrecha vinculación con la Estrategia Nacional de Desarrollo (END) vigente.

6.8. Gestión de los residuos sólidos urbanos

A pesar de la normativa citada en el apartado 5, y en particular, de la relativa a la gestión de los residuos sólidos urbanos con la *Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM)* redactada en 2014 por el Ministerio de Medio ambiente y Recursos naturales, en los barrios de estudio no está establecida prácticamente ninguna medida en materia de gestión de residuos. Es cierto que el camión municipal pasa 2-3 días en semana para recoger la basura, pero las calles de los barrios están llenas de basura. Las cañadas que recorren los barrios de Bella Vista, Villa Penca e Invicea están contaminadas por una infinidad de plásticos y deshechos de todo tipo, y a esto se une el hecho de la existencia del vertedero aguas arriba de los cauces. Además, se produce en muchas ocasiones la quema de la basura en el cauce, siendo extremadamente contaminante.

Ilustración 68 – Quema de basura en los cauces – Fuente: Ilustraciones propias

Ilustración 69 – Acumulación de basura en la cañada de Bella Vista – Fuente: Ilustración propia

La población que habita en las zonas aguas arriba de los barrios de estudio deposita la basura en los cauces de las cañadas y cuando llueve, estos desechos son arrastrados hacia aguas abajo culminando en la laguna de Invicea o en la unión de los cauces de las tres cañadas, formándose grandes montañas de residuos.

Además, la población de Bella Vista, Villa Penca e Invicea también contribuyen a la contaminación de las calles y cañadas, depositando los residuos en cualquier parte sin ser conscientes del grave problema que eso supone para su salud y el medio ambiente. A esto hay que añadir el hecho de que, debido a la acumulación de basura en las cañadas, se producen inundaciones con mucha más frecuencia.

Ilustración 70 – Acumulación de basura aguas debajo de la cañada de Invicea – Fuente: Ilustraciones propias

Es evidente la falta de compromiso por parte de la población en este sentido, siendo necesario un cambio radical de mentalidad para conseguir unos barrios limpios y sostenibles. Cuando se llevó a cabo la realización de las encuestas se intentó concienciar a la población entregándole unos folletos para intentar hacer entender a la población que si tiran basura en las calles o cañadas los principales perjudicados son ellos. La basura tirada en la calle y las cañadas obstruye las corrientes de agua de lluvia provocando inundaciones y aguas estancadas. Esto genera un foco de infección, y a su vez, un peligro para la salud. Por este motivo, se plantean en el folleto una serie de buenas prácticas: mantener los contenes limpios para evitar que la basura los obstruya, depositar los residuos en contenedores y papeleras para no ensuciar los espacios públicos, revisar las obstrucciones de sumideros y otras estructuras que impidan el correcto desagüe del agua de lluvia, recoger las ramas de los árboles cuando se realice su poda para que no se obstruya el paso del agua y denunciar a las personas que tiren basura a las calles o las cañadas.

Ilustración 71 – Folleto de concienciación ciudadana en materia de gestión de residuos sólidos – Fuente: Lucía Navarro de Corcuera

7. Soluciones frente a los problemas de drenaje existentes

Debido a las recurrentes inundaciones que se producen en los barrios de Bella Vista, Villa Penca e Invicea, se va a desarrollar un catálogo de soluciones de drenaje para intentar mitigarlas. Las soluciones pueden ser de sistemas de drenaje de tipo convencional o sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS).

7.1. Soluciones convencionales

En la zona de estudio no existe una red convencional de aguas pluviales ni de aguas residuales, como en tantos lugares de la República Dominicana. Debido a la falta de recursos, se han implantado en algunos puntos de los cauces soluciones de drenaje convencionales alternativas y más económicas como pueden ser las canalizaciones, con el objetivo de guiar al agua en su recorrido y así evitar su impacto en viviendas y otras infraestructuras públicas. Entre este tipo de soluciones se pueden distinguir la red convencional de aguas superficiales y pluviales, las canalizaciones a cielo abierto y las canalizaciones con sección cubierta.

7.1.1. Red convencional de aguas superficiales y pluviales

Las redes de drenaje convencional mediante grandes colectores e imbornales son el sistema utilizado en la mayoría de ciudades europeas. Son grandes redes de tuberías subterráneas que transportan las aguas pluviales que se filtran en la superficie a través de los imbornales a unas instalaciones de tratamiento centralizado usando gravedad (y bombas donde es necesario). Si la red es separativa, también se transportarán las aguas negras y grises por otros tubos alternativos y anexos a ellos. Principalmente, existen dos tipos de redes colectoras:

- **Unitarias**

Ventajas

• Su construcción es más económica, ya que sólo es necesario construir una red. Las dimensiones son equivalentes a las de la red de pluviales, pues el caudal de residuales tiene poca incidencia en el caudal total.

• El mantenimiento de la red es más económico. Las aguas pluviales tienen un efecto de auto-limpieza importante, pues arrastran gran parte de la suciedad acumulada en las alcantarillas.

• El “efecto corona” (corrosión por la acción del sulfhídrico) es menor, debido a las mayores dimensiones de los conductos que favorecen la ventilación y la auto-limpieza.

Inconvenientes

• Las depuradoras no pueden asumir los caudales de aguas pluviales, por lo que es necesario prever sistemas de separación de las aguas pluviales antes de llegar a la planta de tratamiento mediante aliviaderos. Dichos aliviaderos funcionan a partir de un determinado coeficiente de dilución, por lo que es inevitable que llegue a la planta depuradora un caudal muy alto en casos de lluvia, y esto altera el desarrollo de la depuración.

• El vertido de los aliviaderos es contaminante, especialmente los que se producen en los minutos iniciales. Se puede minimizar sus efectos construyendo tanques de tormenta anti-DSU (Dilución de Sólidos Urbanos), pero es inevitable causar cierta contaminación en el medio receptor y en el medio ambiente.

• Las plantas depuradoras han de prever un sobredimensionamiento en el Pretratamiento para poder tratar el exceso de caudal cuando hay lluvias o disponer de algún depósito de regulación. En todos los casos se incrementa el coste de depuración.

• La ventaja económica de la menor inversión inicial disminuye notoriamente si consideramos los costes de las instalaciones necesarias para minimizar el efecto de los vertidos (depósitos anti-DSU) y el sobrecoste de depuración.

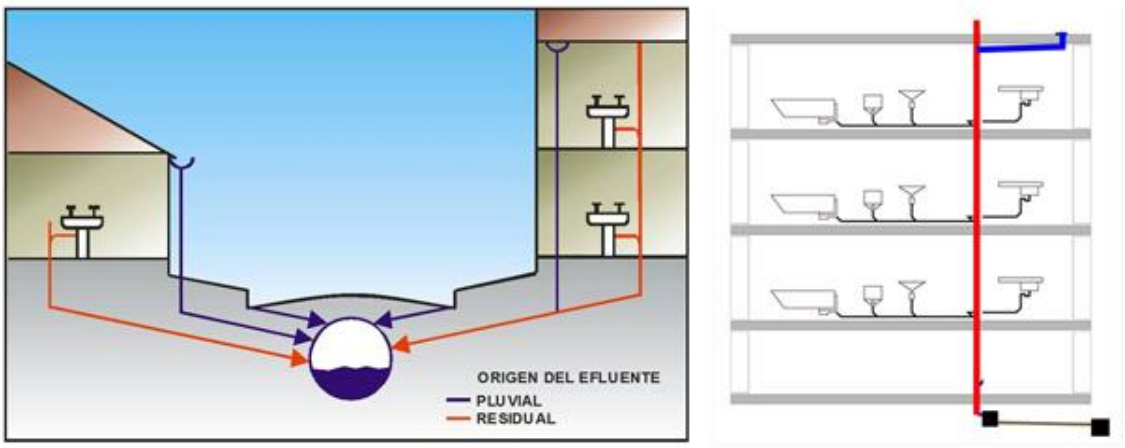


Ilustración 72 – Red convencional de pluviales y residuales unitaria – Fuente: Blogplastics

- **Separativas**

Ventajas

• El régimen de depuración es mucho más regular, ya que no se altera por las lluvias.

• No hay vertidos de aguas contaminadas al no mezclarse aguas residuales y aguas pluviales.

• Los costes de depuración son menores.

• No necesita depósitos anti-DSU.

• Cuando el colector concentrador de llegada a la depuración es muy largo, la diferencia de costes con el colector unitario es considerable y podría compensar el exceso de inversión por doble red.

Inconvenientes

• Mayor inversión inicial.

• Mayor coste de limpieza y mantenimiento de la red

• Si no se limpia adecuadamente la red de residuales, el efecto corona es muy intenso.

• Aunque no hay mezcla de aguas pluviales y residuales, las pluviales de zonas urbanas son aguas sucias y necesitan un tratamiento mínimo.

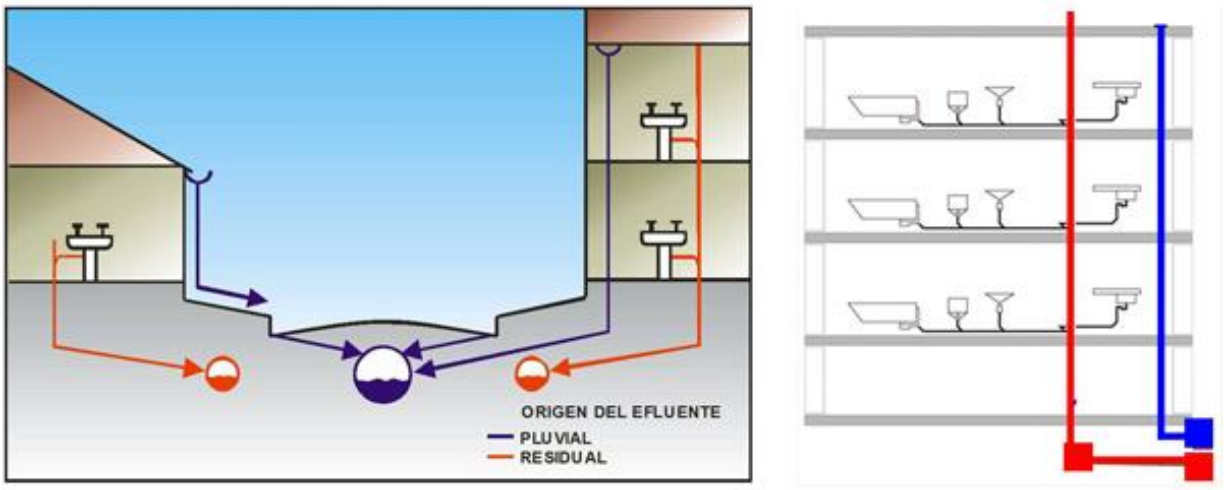


Ilustración 73 – Red convencional de pluviales y residuales separativa – Fuente: Blogplastics

El sistema de drenaje convencional se diseña con muchos ramales, es decir, se subdivide la red en red primaria, que son las líneas principales de alcantarillado a lo largo de las avenidas principales o calles de mayor magnitud, secundaria y terciaria (a nivel de vivienda). No se requiere pretatamiento previo y como los desechos que entran en la red no son tratados antes de ser descargados el alcantarillado debe mantener una velocidad de autolimpieza (0.6 a 0.75 m/s). Cuando no es posible mantener ese rango de velocidades, habrá que utilizar bombeos.

La profundidad de los ramales suele ser de unos 1.5 a 3 metros para que no se causen daños por las cargas de tráfico. Además, se colocan pozos de registro en diferentes puntos de la red como intersecciones y cambios de dirección.

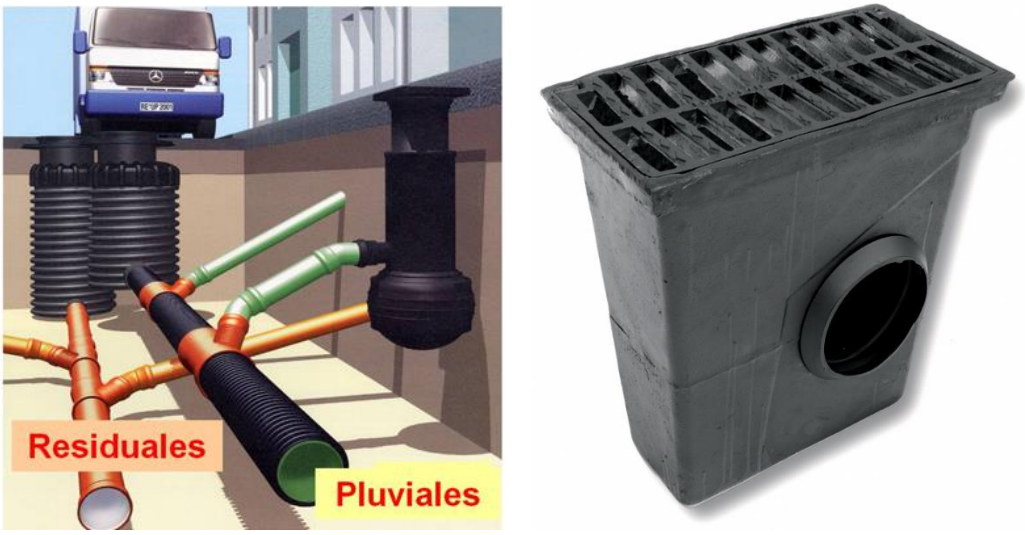


Ilustración 74 – Sistema de drenaje convencional separativo e imbornal – Fuente:

7.1.2. Canalizaciones a cielo abierto

- Sección trapecial encachada.

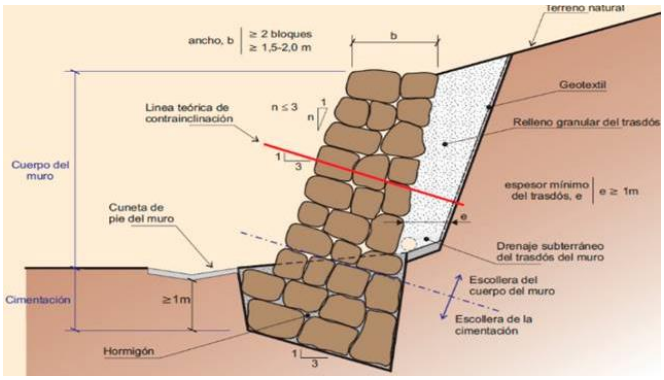


Ilustración 75 – Canalización a cielo abierto con sección trapecial – Fuente: P.A.Muñoz Burgos

- Sección rectangular de hormigón armado.

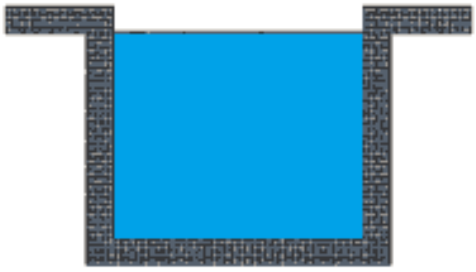


Ilustración 76 – Canalización a cielo abierto con sección rectangular de hormigón armado – Fuente: Pedro Antonio Muñoz Burgos

Ventajas

- Disminuye el riesgo de inundación de calles y viviendas cercanas al cauce.
- Recoge el agua de lluvia en cualquier punto del cauce.
- Facilidad de mantenimiento y limpieza.
- Facilidad de construcción.

Inconvenientes

- Vertido descontrolado de aguas grises y residuos al cauce.
- Generación de malos olores y plagas por acumulación de basura.
- No puede acondicionarse como zona peatonal.
- Alta frecuencia de limpieza y mantenimiento.

7.1.3. Canalizaciones con sección cubierta

- Cajón prefabricado de hormigón armado.

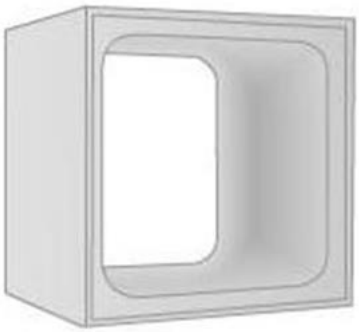


Ilustración 77 – Canalización con sección cubierta de hormigón armado – Fuente: Imágenes Google

- Sección rectangular o trapecial de HA o encachada con losa de HA.

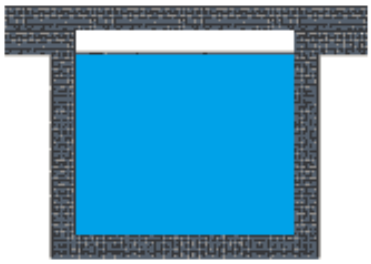


Ilustración 78 – Canalización rectangular de HA con losa – Fuente: Pedro Antonio Muñoz Burgos

- Tubería de HA con relleno natural.

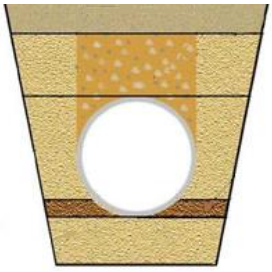


Ilustración 79 – Tubería de HA con relleno natural – Fuente: Blogplastics

- Tubería de HA, relleno natural y losa de HA.

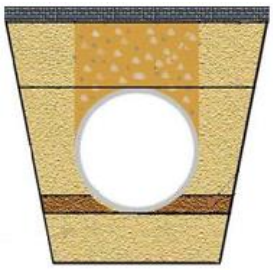


Ilustración 80 – Tubería de HA con relleno natural y losa de HA – Fuente: Blogplastics

Ventajas

- Disminuye el riesgo de inundación de calles y viviendas cercanas al cauce.
- Disminuye el riesgo de vertido descontrolado de aguas grises y residuos a las cañadas.
- Baja frecuencia de mantenimiento y limpieza.
- Acondicionamiento como zona peatonal.

Inconvenientes

- El agua no es recogida en todos los puntos del cauce, sólo en los imbornales.
- Riesgo de obstrucción de imbornales por acumulación de basura, que provocarían inundaciones.
- Riesgo de construcción sobre la estructura de la cañada.
- Dificultad de limpieza y mantenimiento.

7.2. Soluciones sostenibles: Sistemas urbanos de drenaje sostenible

7.2.1. ¿En qué consisten los SUDS?

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (también conocidos como TDUS, Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible) son elementos constructivos capaces de retener, infiltrar, almacenar y/o pretratar la escorrentía superficial urbana.

Los SUDS son un elemento mitigador frente a inundaciones, ya que evitan y reducen los daños materiales y urbanos. También actúan frente a catástrofes medioambientales, al disminuir la cantidad de vertidos descontrolados al medio receptor, favoreciendo la estabilidad de los sistemas acuáticos saludables.

Son nuevas soluciones complementarias a la red de drenaje convencional que busca reducir y tratar en origen las aguas pluviales captadas en un entorno urbano, aportando, además, beneficios económicos, sociales, medioambientales y paisajísticos a la ciudad.

En la zona de estudio, al no existir red convencional de aguas pluviales y superficiales ni red de saneamiento, puede surgir una pregunta: si los SUDS son soluciones complementarias a las soluciones convencionales de alcantarillado, ¿tendría sentido en este caso proponer la implantación de SUDS? La respuesta no es inmediata. La realidad es que para que la mayoría de los SUDS sean completamente efectivos deberían estar unidos a una red de alcantarillado convencional. Sin embargo, en Latino América, y en especial en nuestra zona de estudio, debido a la escasez de recursos no existe una red convencional de recogida de aguas pluviales, por lo que solo serían de aplicación algunos SUDS como los water butts o cubiertas vegetales. La idea es que, en un futuro próximo, se consiga en la zona de estudio la instalación de este tipo de redes convencionales, por tanto, ya tendría sentido hablar de todos los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), como elemento complementario a éstas.

7.2.2. ¿Qué problema se busca solucionar con este tipo de sistemas?

Durante las últimas décadas, se ha producido una impermeabilización masiva en la zona de estudio, rompiéndose, por tanto, el ciclo hidrológico natural y provocando inundaciones cada vez más recurrentes (al no haber infiltración ni evapotranspiración), con un agua de escorrentía más contaminada (lavado de calles y viales, precipitación de contaminantes atmosféricos, …) y, por la misma razón, una mayor velocidad del agua de escorrentía dado que los coeficientes de rugosidad se han disminuido notablemente.

Durante periodos de lluvia, el agua de escorrentía recolectada en diferentes áreas se arrastra hasta alcanzar nuestra zona de estudio, es decir, los barrios de Bella Vista, Villa Penca e Invicea. Por este motivo, el agua llega totalmente contaminada, debido a que ha ido arrastrando los contaminantes que ha ido encontrando el flujo en superficie.

Los efectos del cambio climático en el entorno urbano cada vez son más visibles: largos periodos sin lluvia, o incluso sequía, que favorece la acumulación de partículas contaminantes en la superficie, que se alternan con periodos de lluvia extrema (con altos valores de la intensidad máxima) que incrementan el impacto de las inundaciones, efecto isla de calor, periodos cálidos que favorecen la contaminación del aire, olas de calor y otros efectos indeseables.

El problema de las inundaciones en entorno urbano es especialmente importante porque, dado que aumenta el volumen que circula por la superficie, los daños materiales y humanos aumentan también de la misma forma. Asimismo, la capacidad de transporte de la red de alcantarillado se ve comprometida puesto que tiene que trabajar con puntas del hietograma especialmente altas, lo que genera que en ocasiones se vierta el exceso de agua contaminada al ecosistema acuático sin una depuración previa por los aliviaderos, provocando un daño ecológico de lenta recuperación.

Para mitigar, al menos parcialmente, los problemas asociados a esta impermeabilización de las ciudades y núcleos urbanos, se proponen diferentes actuaciones genéricamente llamadas “infraestructuras verdes”, dentro de las que se encuentran los SUDS.

Esta idea de infraestructuras verdes entronca con los modernos enfoques en la gestión de la red de drenaje, donde se ha pasado de considerar el diseño y mantenimiento de la red, basado únicamente en criterios de cantidad de agua transportada y vertida, a valorar y tomar decisiones en cuanto a la calidad de la misma, dado que el daño al medio receptor por un

vertido en tiempo de lluvia no está marcado solamente por la cantidad total de agua vertida sino, fundamentalmente, por la concentración de contaminantes que presenta ese vertido.

La tendencia actual de gestión sostenible del drenaje urbano es la que combina la red de infraestructuras convencionales con una red de infraestructuras verdes. El objetivo de las infraestructuras verdes es reducir y tratar en origen las aguas pluviales captadas por la cuenca, a la vez que aportan beneficios económicos, sociales, medioambientales y paisajísticos. Esta solución no implica modificar la red de drenaje convencional, sino más bien optimizar su funcionamiento, ya que aguas arriba se retiene el flujo para liberarlo lentamente a la vez que se reduce su carga contaminante. En este nuevo enfoque destaca la importancia de un diseño más global en el que se haga partícipe a todos los elementos de la ciudad que de alguna manera interaccionan con las aguas pluviales previo a ser captado por la red de drenaje.

7.2.3. Objetivos de los SUDS

Los SUDS son elementos constructivos capaces de retener, infiltrar, almacenar y/o pretratar la escorrentía superficial urbana, en origen, de forma que se consigan los siguientes objetivos en la red de alcantarillado convencional:

• Menor número de contaminantes en el agua recogida. Garantizando, por tanto, el correcto funcionamiento de las estaciones de depuración de destino, disminuyendo la acumulación de sedimentos en la red de transporte, y reduciendo el daño ecológico que generan los vertidos en tiempo de lluvia.

• Menor volumen de escorrentía, dado que parte del agua se infiltra y/o evapora con anterioridad a su entrada en los elementos de captación de escorrentía (imbornales).

• Hidrogramas más favorables. Al laminar y retrasar la llegada de escorrentía a los imbornales, aumenta la capacidad de transporte real de la red de alcantarillado, dado que se minimiza la punta de los hidrogramas trasegados.

• Almacenamiento de agua pluvial para su uso en origen. El agua captada contiene una carga contaminante baja puesto que el almacenamiento se produce en la zona de origen y muchas veces no ha entrado en contacto con el suelo urbano, de esta forma es posible emplearla en riego de las plantas, limpieza de calles, vehículos, patios, viviendas y otros usos asimilados, sin necesidad de someterla a procesos de depuración más específicos. Además, esto

ahorraría el coste que actualmente supone el transporte del agua para estos usos o el consumo de agua potable.

Los elementos SUDS, en realidad, ya existen en el entorno urbano, lo que les proporciona el carácter de infraestructura verde es su diseño ingenieril que hace posible el tratamiento del agua pluvial en origen, de forma sistemática y ordenada.

A su vez, las SUDS generan oportunidades para la mejora paisajística del entorno urbano puesto que aumentan la estética de la ciudad e involucran, en gran medida, a la vegetación. Las SUDS se pueden ubicar en edificaciones, patios de viviendas, carreteras, aparcamientos, zonas de transición, carriles-bici, pasarelas peatonales y ciclistas, zonas verdes, y otros que estén a cielo abierto o sean destino de las aguas transportadas, previo a entrar a la red de drenaje.

Sería insensato esperar que las SUDS lleguen a sustituir la red de infraestructuras existente, más bien el objetivo es que se complemente el funcionamiento entre la red de infraestructuras verdes y la red de infraestructuras tradicionales. Así, cada elemento de la red aporta las características de funcionamiento ventajosas para la ciudad, de tal manera que el mantenimiento de la red existente y las soluciones de demanda de capacidad serían menores y con menor frecuencia.

El concepto de gestión sostenible de la red de drenaje urbana ya existe y tiene cierto grado de desarrollo en otros días países, aunque no se conozcan con el mismo nombre. El caso más novedoso y reciente es el de China. Desde el año 2015 el gobierno de este país ha puesto en práctica un ambicioso plan para implementar estas soluciones sostenibles en las grandes urbes del país, donde los índices de contaminación e inundación son elevados. El plan se denomina Sponge Cities.

Asimismo, Estados Unidos está trabajando con el concepto de Low Impact Development (LID) y se guían por el documento de Best Management Practices (BMP).

Por último, los países europeos se están guiando por el documento CIRIA de Reino Unido.

7.2.4. Tipologías de SUDS

Existe un amplio abanico de tipologías SUDS, que se pueden implementar tanto en el entorno urbano público (zonas verdes, instituciones públicas, infraestructuras de carreteras, otros) como en zonas o edificaciones particulares (jardines, terrazas, fachadas, otros).

Asimismo, facilita diversas combinaciones para un mismo espacio. Por tanto, se ha propuesto una clasificación de las distintas tipologías de SUDS en tres bloques principales:

1. Soluciones en las calles más vulnerables frente a inundaciones.

2. Soluciones en las viviendas.

3. Retención de aguas pluviales con áreas verdes.

Soluciones en las calles más vulnerables frente a inundaciones

1. Sumideros filtrantes: pueden ubicarse en bulevares, parques y cunetas de carreteras. Son capaces de filtrar y almacenar la escorrentía en un depósito en el subsuelo, para después recogerla o redirigirla lentamente a la red de drenaje si existiese.

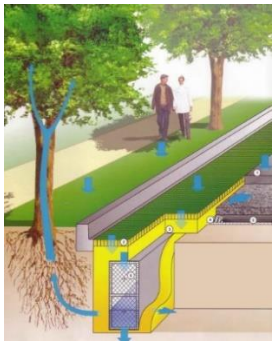


Ilustración 81 – Sumidero filtrante – Fuente: Atlantis

2. Pavimentos permeables: se ubican en áreas peatonales, pasarelas y carreteras. Son capaces de filtrar y retener la escorrentía para después redirigirla lentamente hacia la red de drenaje. No existe en la actualidad ninguna limitación en el empleo de estos pavimentos, pudiendo ubicarse tanto en zonas de baja utilización (aparcamientos, carriles bici, aceras…), como en zonas con tráfico pesado (carreteras y viales).

Ilustración 82 – Pavimento permeable – Fuente: VIX

3. Zanjas filtrantes o drenantes: son excavaciones poco profundas (1 ó 2 metros) rellenas de material no vegetal diseñadas para retener teóricamente la escorrentía de las zonas laterales para posteriormente filtrarlas o infiltrarlas en los suelos laterales o profundos que encuentran a su paso.

Ilustración 83 – Zanjas filtrantes o drenantes – Fuente: Wordpress

4. Pavimento permeable con pozo de absorción: son excavaciones poco profundas rellenas de material arenoso o gravoso que son capaces de retener el agua que discurre por superficie y lo filtran reteniendo parte de los contaminantes que arrastra.

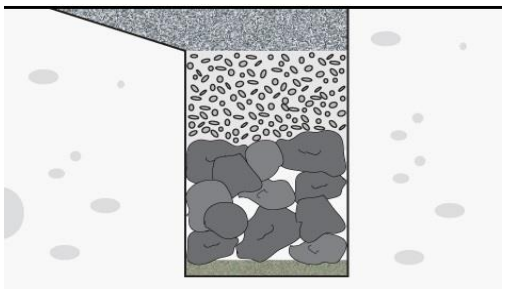


Ilustración 84 – Pavimento permeable con pozo de absorción – Fuente: Sodimac

Soluciones en las viviendas

1. Tejado ecológico o Green roof: son cubiertas vegetales capaces de filtrar y retener la lluvia precipitada en la superficie, dando únicamente salida a los excedentes que la vegetación no ha usado como riego y fuente de nutrientes. Por lo tanto, solo conducirá a la red de drenaje el volumen excedente y con una mejor calidad. Se debe tener especial cuidado en el peso e impermeabilización de la misma para evitar daños estructurales en el edificio. Estas cubiertas vegetales pueden ser de vegetación intensiva o extensiva, dependiendo del tipo de elementos

plantados y, dependiendo de la tipología propuesta, el mantenimiento se deberá realizar de forma diferenciada.

Ilustración 85 – Green roof – Fuente: Ecologismos

2. Depósito superficial o enterrado de retención / reciclado o wáter butts: son elementos que almacenan el agua de lluvia antes de que entre en contacto con el suelo y por lo tanto puede ser reutilizada en limpieza y riego, sin más tratamiento que la decantación. Su ubicación clásica es junto a las bajantes de las cubiertas de los edificios.

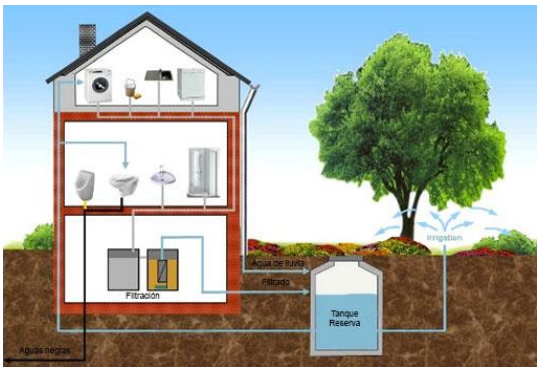


Ilustración 86 – Water butts superficiales y subterráneos – Fuente: icasasecologicas

4. Tanques de tormenta elevados: se utilizan para almacenar agua de lluvia y que en períodos de sequía pueda ser utilizada por la población colindante al depósito para lavar o regar.

Ilustración 87 – Tanque de tormenta elevado – Fuente: Imágenes Google

Retención de aguas pluviales con áreas verdes

1. Parking o parqueo permeable vegetado: se aprovecha el espacio dedicado al aparcamiento para implantar pavimentos drenantes o zonas verdes con materiales filtrantes.

Ilustración 88 – Parking permeable vegetado – Fuente: Vulka

2. Bulevares de infiltración: son capaces de filtrar y almacenar la escorrentía en un depósito en el subsuelo, para después recogerla o redirigirla lentamente a la red de drenaje si existiese.

Ilustración 89 – Bulevar de infiltración – Fuente: SUD Sostenible

3. Jardines de lluvia: son pequeñas depresiones que recogen únicamente agua limpia proveniente de las terrazas. Por lo tanto, éstos están ubicados en puntos que no están en contacto con los suelos urbanos que arrastrarían partículas contaminantes, como sucede con el agua de escorrentía en contacto con los jardines de las casas.

Ilustración 90 – Jardín de lluvia – Fuente: GeoHabitar

4. Estanques de retención: se realiza un estanque artificial en una zona de sacrificio, para conseguir retener el agua en esa zona y evitar que se inunden otras colindantes.

Ilustración 91 – Estanque de retención – Fuente: ResearchGate

5. Cunetas verdes: son unas zanjas en los laterales de los caminos o carreteras que son capaces de retener, infiltrar y transportar el agua para que no discurra todo por la superficie impermeable colindante.

Ilustración 92 – Cuneta verde – Fuente: Circulo Verde

En resumen, las tipologías mencionadas y sus variantes promueven una gestión sostenible de la escorrentía superficial ya que buscan reproducir el ciclo natural del agua dentro de la cuenca urbana: intercepción, transporte lento (escorrentía superficial), infiltración (recarga de acuíferos) y evapotranspiración, para finalmente llevar a los puntos bajos solo una pequeña porción del agua precipitada en la cuenca. Así, el agua que se precipita en la cuenca es tratada en origen y se evita que arrastre y acumule carga contaminante a lo largo de toda la cuenca.

7.2.5. ¿Dónde se usan los SUDS?

El amplio abanico de SUDS, de diversa complejidad en el diseño y variada tipología en la construcción, permite su aplicación en muy diversos entramados urbanos de las ciudades.

Los SUDS se pueden implementar, por un lado, a pequeña escala, habitualmente con elementos sencillos de desarrollar o que incluso se adquieren en tiendas (caso de los water butts). En este caso, normalmente son implementadas por particulares en espacios privados: tales como viviendas, edificios comerciales, terrazas, fachadas, patios, otros. Así mismo, los green roof o cubiertas vegetales, pueden ser empleadas tanto en pequeños tejados de viviendas privadas, como en grandes áreas (polideportivos, hospitales, etc.) e incluso en marquesinas de autobuses.

Una implementación a mayor escala implicaría el uso de estos elementos en la red de carreteras, aparcamientos, zonas de transición, aceras peatonales y carriles bici.

Es necesario que el uso de estas formas de gestión sostenible se fomente en todos los ámbitos de la ciudad, haciendo partícipe a la ciudadanía e implicando a organismos públicos y privados. La implantación aislada de SUDS aporta menos beneficios que los que se pueden conseguir con una aproximación estructural e integrada que convierta actuaciones aisladas en parte de un sistema general de gestión de las escorrentías y aguas de lluvia en general.

7.2.6. Conclusiones de la utilización de SUDS

Los antecedentes de aplicación de SUDS en otros países inducen a pensar que esta gestión sostenible de las aguas de escorrentía pueda tener buena aceptación y perspectivas de implantación futura. Sin embargo, existen varios aspectos a tener en consideración:

- Cuantificación y verificación de los resultados. El desarrollo del concepto ha hecho aflorar toda una industria dedicada, de forma total o parcialmente, a desarrollar soluciones materiales en este campo. Es recomendable verificar que los productos ofertados, realmente, presten el servicio que se anuncia, para evitar errores en el dimensionamiento y sobrecostes.

- Facilitar una aplicación continua de la metodología, tanto a pequeña como a gran escala. En algunos países, se regula legislativamente, y va acompañado tasas por escorrentía generada.

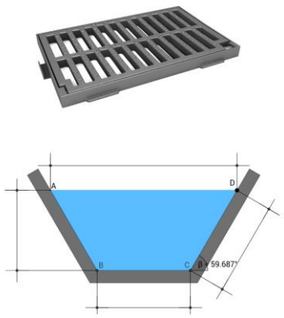
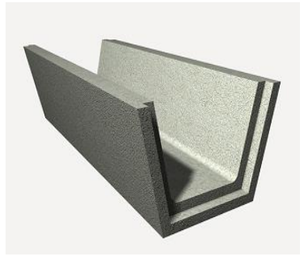
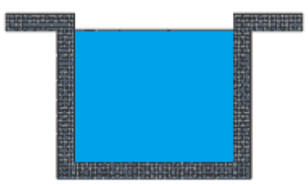
- Favorecer la inclusión de las SUDS en actuaciones relacionadas con el planeamiento urbanístico, diseñando las “soluciones verdes” en la gestión del drenaje desde una visión global y no local.

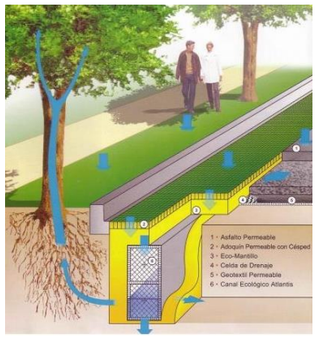
- Promover y fomentar el uso de las SUDS como una alternativa competitiva a las soluciones tradicionales, tanto en los aspectos económicos y técnicos, como medioambientales, teniendo en cuenta que ambos tipos de solución se han de complementar.

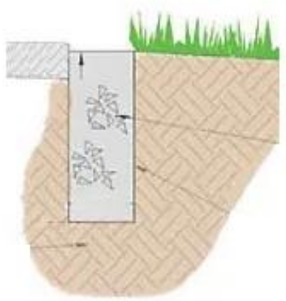
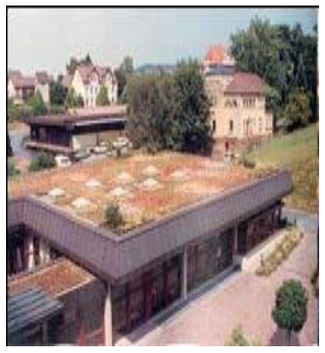
8. Generación de alternativas o soluciones

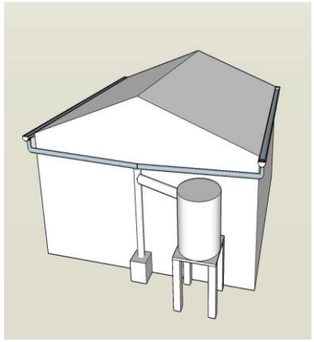
A partir de todas las tipologías de sistemas de drenaje expuestas en el apartado anterior, se ha elaborado una tabla resumen donde se especifican las ventajas e inconvenientes de cada tipo de solución propuesta, que servirá de guía a la hora de seleccionar una acción para mitigar las inundaciones en este ámbito concreto o en otro cualquiera.

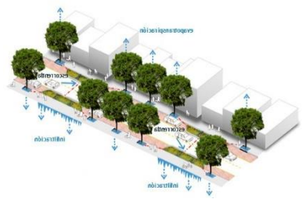
SOLUCIÓN CONVENCIONAL	Descripción	VENTAJAS					INCONVENIENTES				
		Aguas servidas	Aguas pluviales	RSU	Urbanización	Aspectos técnicos	Aguas servidas	Aguas pluviales	RSU	Urbanización	Aspectos técnicos
	Imbornales y tubería de hormigón armado con losa de hormigón armado	· Disminuye el riesgo de vertido de aguas grises (higiene personal, trapear, lavadora…). · Disminuye el riesgo de infiltración de aguas grises en el terreno, evitando contaminación del terreno y de aguas subterráneas.	· Disminuye el riesgo de arrastre de residuos.	· Disminuye el riesgo de vertido de basura.	· Acondicionamiento como zona peatonal. · Disminuye el riesgo de inundación de calles y viviendas cercanas a las cañadas.	· Superficie ocupada. · Baja frecuencia de mantenimiento y limpieza.		· No son recogidas en todos los puntos del cauce.	· Generación de malos olores y plagas por acumulación de basura o estancamiento de agua (eliminación de rejilla). · Inundación por saturación de la rejilla.	· Riesgo de construcción descontrolada sobre la losa de la cañada.	· Riesgo de transición a flujo en presión (tensiones, erosión, fugas…) · Necesidad de construcción de arquetas de mantenimiento y limpieza.
	Imbornales y tubería de hormigón armado con relleno de material natural compactado	· Disminuye el riesgo de vertido de aguas grises (higiene personal, trapear, lavadora…). · Disminuye el riesgo de infiltración de aguas grises en el terreno, evitando contaminación del terreno y de aguas subterráneas.	· Disminuye el riesgo de arrastre de residuos.	· Disminuye el riesgo de vertido de basura.	· Acondicionamiento como zona peatonal. · Disminuye el riesgo de inundación de calles y viviendas cercanas a las cañadas.	· Superficie ocupada. · Baja frecuencia de mantenimiento y limpieza. · Mayor facilidad de construcción.		· No son recogidas en todos los puntos del cauce.	· Generación de malos olores y plagas por acumulación de basura o estancamiento de agua (eliminación de rejilla). · Inundación por saturación de la rejilla.	· Riesgo de construcción descontrolada sobre el material de relleno.	· Riesgo de transición a flujo en presión (tensiones, erosión, fugas…) · Construcción de arquetas de mantenimiento y limpieza. · Material de relleno seleccionado.
	Imbornales y sección rectangular de hormigón armado con losa de hormigón armado	· Disminuye el riesgo de vertido de aguas grises (higiene personal, trapear, lavadora…). · Disminuye el riesgo de infiltración de aguas grises en el terreno, evitando contaminación del terreno y de aguas subterráneas.	· Disminuye el riesgo de arrastre de residuos.	· Disminuye el riesgo de vertido de basura.	· Acondicionamiento como zona peatonal. · Disminuye el riesgo de inundación de calles y viviendas cercanas a las cañadas.	· Menor superficie ocupada. · Baja frecuencia de mantenimiento y limpieza.		· No son recogidas en todos los puntos del cauce.	· Generación de malos olores y plagas por acumulación de basura o estancamiento de agua (eliminación de rejilla). · Inundación por saturación de la rejilla.	· Riesgo de construcción descontrolada sobre la losa de la cañada.	· Taludes verticales, mayor empuje del terreno a los taludes. · Mayor velocidad del agua y posibilidad de erosión del hormigón. · Necesidad de construcción de arquetas de mantenimiento y limpieza.

SOLUCIÓN CONVENCIONAL	Descripción	VENTAJAS					INCONVENIENTES				
		Aguas servidas	Aguas pluviales	RSU	Urbanización	Aspectos técnicos	Aguas servidas	Aguas pluviales	RSU	Urbanización	Aspectos técnicos
	**Imbornales y sección trapecial encachada con losa de hormigón armado**	· Disminuye el riesgo de vertido de aguas grises (higiene personal, trapear, lavadora…). · Disminuye el riesgo de infiltración de aguas grises en el terreno, evitando contaminación del terreno y de aguas subterráneas.	· Disminuye el riesgo de arrastre de residuos.	· Disminuye el riesgo de vertido de basura.	· Acondicionamiento como zona peatonal. · Disminuye el riesgo de inundación de calles y viviendas cercanas a las cañadas.	· Mayor estabilidad de taludes y mejor acoplamiento al terreno. · Alta rugosidad contribuye a disminuir velocidad del agua. · Baja frecuencia de mantenimiento y limpieza. · Protegida frente a erosión.		· No son recogidas en todos los puntos del cauce.	· Generación de malos olores y plagas por acumulación de basura o estancamiento de agua (eliminación de rejilla). · Inundación por saturación de la rejilla.	· Riesgo de construcción descontrolada sobre la losa de la cañada.	· Necesidad de construcción de arquetas de mantenimiento y limpieza. · Mayor superficie ocupada. · Mayor dificultad de construcción.
	**Sección trapecial encachada**	· Disminuye el riesgo de infiltración de aguas grises en el terreno, evitando contaminación del terreno y de aguas subterráneas.	· Son recogidas en cualquier punto de la cañada al ser una sección a cielo abierto en todo su recorrido.		· Disminuye el riesgo de inundación de calles y viviendas cercanas a las cañadas. · No existen rejillas, no hay posibilidad de saturación e inundación.	· Mayor estabilidad de taludes y mejor acoplamiento al terreno. · Facilidad de mantenimiento y limpieza. · Facilidad de construcción. · Alta rugosidad contribuye a disminuir velocidad del agua.	· Vertido descontrolado de aguas grises (higiene personal, trapear, lavadora…).	· Pueden arrastrar residuos hacia las cañadas.	· Vertido descontrolado de basura. · Generación de malos olores y plagas por acumulación de basura o estancamiento de agua.	· No puede acondicionarse como zona peatonal.	· Alta frecuencia de mantenimiento y limpieza. · Desprotegida, alta rugosidad, erosionable. · Mayor superficie ocupada.
	**Sección rectangular de hormigón armado**	· Disminuye el riesgo de infiltración de aguas grises en el terreno, evitando contaminación del terreno y de aguas subterráneas.	· Son recogidas en cualquier punto de la cañada al ser una sección a cielo abierto en todo su recorrido.		· Disminuye el riesgo de inundación de calles y viviendas cercanas a las cañadas. · No existen rejillas, no hay posibilidad de saturación e inundación.	· Menor superficie ocupada. · Facilidad de mantenimiento y limpieza.	· Vertido descontrolado de aguas grises (higiene personal, trapear, lavadora…).	· Pueden arrastrar residuos hacia las cañadas.	· Vertido descontrolado de basura. · Generación de malos olores y plagas por acumulación de basura o estancamiento de agua.	· No puede acondicionarse como zona peatonal.	· Taludes verticales, mayor empuje del terreno a los taludes. · Mayor velocidad del agua y posibilidad de erosión del hormigón. · Alta frecuencia de mantenimiento y limpieza.

SOLUCIÓN SOSTENIBLE	Descripción	VENTAJAS					INCONVENIENTES				
		Aguas servidas	Aguas pluviales	RSU	Urbanización	Aspectos técnicos	Aguas servidas	Aguas pluviales	RSU	Urbanización	Aspectos técnicos
	**Sumidero filtrante (Pavimento permeable + depósito de retención + tubería de PVC)**	-Se infiltran las aguas grises a un depósito subterráneo y éste está unido a una tubería que las dirigirá a una estación de tratamiento, evitando que esas aguas contaminadas discurran más tiempo por la superficie.	-Evita inundaciones. Se colocará el pavimento permeable en lugares estratégicos donde las inundaciones sean recurrentes.	-Impide que el agua que se infiltra arrastre residuos sólidos gruesos.	-Se disminuye el riesgo de inundación en calles y viviendas. -Se podría reciclar esta agua sin ser tratada para acciones como regar, limpieza…	-Resistencia y duración similar a un pavimento convencional. -Integra los procesos de infiltración, captación, almacenamiento y transporte.					-No funcionan bien en pendientes pronunciadas.
	Pavimento permeable (estrato de grava, geotextil y suelo base)	-Se infiltran las aguas grises a estratos del suelo más profundos. -El geotextil reduce parcialmente la contaminación en los estratos más profundos, es decir, reduce la contaminación de las aguas subterráneas.	-Reduce el volumen de escorrentía.	-Impide que el agua que se infiltra arrastre residuos sólidos gruesos.	-Se disminuye el riesgo de inundación en calles y viviendas.	-Rápida y fácil colocación. -Resistencia y duración similar a un pavimento convencional. -Integra los procesos de infiltración, captación y almacenamiento en el subsuelo.	-Contaminación del subsuelo por residuos químicos.				-Si la grava pierde compacidad, hay posibilidad de que aparezcan desprendimientos con fuertes vientos o lluvias. -No funcionan bien en pendientes pronunciadas.
	Pavimento permeable (estrato de hormigón poroso, geotextil y suelo base)	-Se infiltran las aguas grises a estratos del suelo más profundas. -El geotextil reduce parcialmente la contaminación en los estratos más profundos, es decir, reduce la contaminación de las aguas subterráneas.	-Reduce el volumen de escorrentía.	-Impide que el agua que se infiltra arrastre residuos sólidos gruesos.	-Se disminuye el riesgo de inundación en calles y viviendas.	-Rápida y fácil colocación. -Resistencia y duración similar a un pavimento convencional. -Integra los procesos de infiltración, captación y almacenamiento en el subsuelo.	-Contaminación del subsuelo por residuos químicos.				-No funcionan bien en pendientes pronunciadas.

SOLUCIÓN SOSTENIBLE	Descripción	VENTAJAS					INCONVENIENTES				
		Aguas servidas	Aguas pluviales	RSU	Urbanización	Aspectos técnicos	Aguas servidas	Aguas pluviales	RSU	Urbanización	Aspectos técnicos
	**Zanjas filtrantes (Franja de conglomerado, cubierta de un geotextil)**	-Se infiltran las aguas grises a estratos del suelo más profundas. -El geotextil reduce parcialmente la contaminación en los estratos más profundos, es decir, reduce la contaminación de las aguas subterráneas.	-Reduce el volumen de escorrentía.	-Impide que el agua que se infiltra arrastre residuos sólidos gruesos.	-Se disminuye el riesgo de inundación en calles y viviendas.	-Rápida y fácil colocación. -Integra los procesos de infiltración, captación y almacenamiento en el subsuelo.	-Contaminación del subsuelo por residuos químicos.				-Si la grava pierde compacidad, hay posibilidad de que aparezcan desprendimientos con fuertes vientos o lluvias. -No funcionan bien en pendientes pronunciadas.
	Pavimento permeable + pozo de absorción	-Se infiltran las aguas grises a estratos del suelo más profundas.	-Reduce el volumen de escorrentía.	-Impide que el agua que se infiltra arrastre residuos sólidos gruesos.	-Se disminuye el riesgo de inundación en calles y viviendas.	-Rápida y fácil colocación. -Integra los procesos de infiltración, captación y almacenamiento en estratos más profundos del subsuelo.	-Contaminación del subsuelo por residuos químicos.				-No funcionan bien en pendientes pronunciadas. -Mayor dificultad en la construcción al tener que realizar el pozo de absorción.
	**Azotea ecológica o Green roof (Cubierta vegetal, geotextil, capa aislante y capa impermeable)**		- Intercepta y retiene las aguas pluviales, reduciendo el volumen de escorrentía. Además retienen contaminantes		-Actúan como capa de aislante térmico en el edificio y ayudan a compensar el efecto "isla de calor" que se produce en las ciudades.	-Fácil instalación en tejados poco inclinados.					-Necesidad de un tejado con poca pendiente.

SOLUCIÓN SOSTENIBLE	Descripción	VENTAJAS					INCONVENIENTES				
		Aguas servidas	Aguas pluviales	RSU	Urbanización	Aspectos técnicos	Aguas servidas	Aguas pluviales	RSU	Urbanización	Aspectos técnicos
	**Depósito superficial de retención / reciclado o Water butt**		-Almacenar temporalmente los volúmenes de escorrentía. Favorecen la sedimentación y con ello la reducción de la contaminación.		-Permiten el reciclado del agua de lluvia para usos como trapear, lavar, regar…	-Fácil instalación en la vivienda.				-Mayor contaminación visual.	
	Depósitos enterrados de detención		-Almacenar temporalmente los volúmenes de escorrentía. Favorecen la sedimentación y con ello la reducción de la contaminación.		-Permiten el reciclado del agua de lluvia para usos como trapear, lavar, regar… -Menor contaminación visual al estar el depósito de detención enterrado.						-Mayor dificultad en la instalación al estar soterrada.
	Tanque de tormenta elevado		-Almacenar temporalmente los volúmenes de escorrentía. Favorecen la sedimentación y con ello la reducción de la contaminación.		-Permiten el reciclado del agua de lluvia para la limpieza de calles, riego de parques…	-Fácil instalación.				-Mayor contaminación visual en el entorno urbano.	

SOLUCIÓN SOSTENIBLE	Descripción	VENTAJAS					INCONVENIENTES				
		Aguas servidas	Aguas pluviales	RSU	Urbanización	Aspectos técnicos	Aguas servidas	Aguas pluviales	RSU	Urbanización	Aspectos técnicos
	Parqueo permeable vegetado		-Retener de manera más efectiva las aguas pluviales reduciendo el volumen de escorrentía.		-Disminuir el número de vehículos en las calles y frente a las viviendas.	-Fácil instalación.			-Riesgo de acumulación de basura en las zonas verdes del parqueo.	-Se promueve el uso del vehículo privado, habilitando un área para el parqueo.	-Difícil mantenimiento. -No funciona bien si la pendiente es pronunciada.
	**Bulevar de infiltración (bulevar con drenes vegetados laterales)**		-Retener de manera más efectiva las aguas pluviales en el bulevar.		-Ampliación de áreas verdes en la cercanía de las viviendas.				-Riesgo de acumulación de basura en las zonas verdes del bulevar.		-Obra de mayor magnitud. -Difícil mantenimiento. -No funciona bien si la pendiente es pronunciada.
	Cunetas Verdes		-Retener de manera más efectiva las aguas pluviales en las cunetas de las carreteras.			-Fácil construcción.		-En el caso de tormenta muy fuerte, posibilidad de desborde del agua hacia las carreteras.	-Riesgo de acumulación de basura en las cunetas.		-Difícil mantenimiento.

SOLUCIÓN SOSTENIBLE	Descripción	VENTAJAS					INCONVENIENTES				
		Aguas servidas	Aguas pluviales	RSU	Urbanización	Aspectos técnicos	Aguas servidas	Aguas pluviales	RSU	Urbanización	Aspectos técnicos
	Estanques de retención (Lagunas artificiales)		-Retiene un cierto volumen de lluvia, reduciendo el caudal punta de escorrentía.			-Fácil mantenimiento.	-Posible vertido de las aguas servidas que provoque contaminación del estanque.	- Posibilidad de desborde del estanque en el caso de tormenta muy fuerte.	-Riesgo de vertido de basura en el estanque.	-Si se produce una lluvia muy fuerte, puede llegar a desbordarse el estanque y ser perjudicial.	-Complicada construcción.
	Jardines de lluvia (Pequeñas depresiones vegetadas)		-Retener de manera más efectiva las aguas pluviales.		-Ampliación de áreas verdes en la cercanía de las viviendas.	-Fácil construcción y mantenimiento.			-Riesgo de acumulación de basura en la depresión.		

9. Conclusiones: Posibilidades reales frente a la mitigación de inundaciones

A pesar de que la prioridad de este estudio en un inicio era la de proponer Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) para mitigar las recurrentes inundaciones que se producen en los barrios de Bella Vista, Villa Penca e Invicea, el análisis y diagnóstico de la zona de estudio realizado con anterioridad junto con la gama de soluciones posibles, evidencian la necesidad de actuaciones previas a los SUDS.

Los SUDS, como ya se ha indicado con anterioridad, son sistemas que van conectados y son complementarios a una red de drenaje convencional. No se debe caer en el error de pensar que los SUDS podrían llegar a cumplir la función completa de un sistema convencional. Son elementos que captan agua pluvial y superficial, pero que no son capaces de absorber el pico del hidrograma. Las ciudades europeas cuentan con sistemas de drenaje convencionales basados en grandes colectores subterráneos conectados con la superficie mediante imbornales, y en muchas ocasiones vemos como debido a fuertes lluvias se ven desbordados tanto estos sistemas como las estaciones de aguas residuales de destino. Con esta reflexión y siendo conscientes de que en República Dominicana las tormentas tropicales hacen que el pico del hidrograma sea mucho más elevado, es decir, se produce un caudal muy elevado en el mismo o menos tiempo. Por tanto, es evidente que con el uso exclusivo de los SUDS sería imposible absorber todo ese caudal para evitar una inundación.

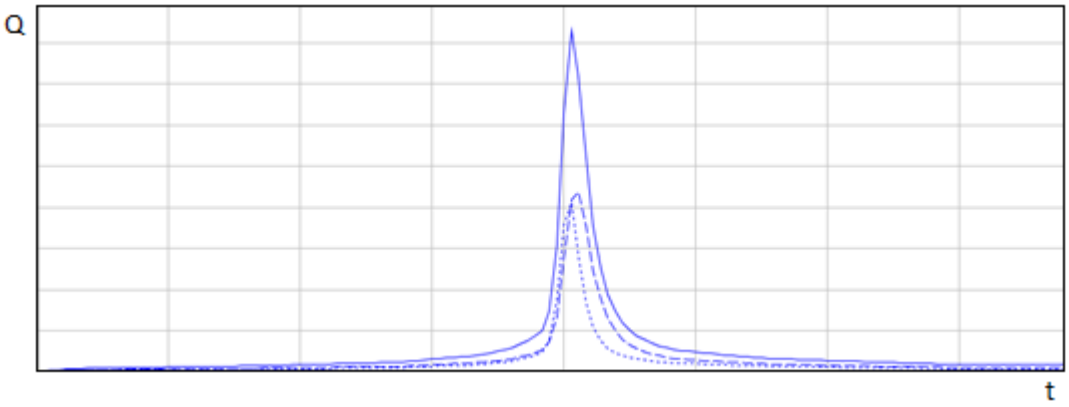


Ilustración 93 – Hidrograma de caudal tipo – Fuente: Propia. Programa HEC-HMS

Partiendo de esta idea y considerando todo el análisis y diagnóstico previo, se definen unas líneas de acción en orden de prioridad:

1) Mejorar la eficiencia de gestión de residuos sólidos y concienciar a la población local y de barrios colindantes para que no arrojen basura a las calles y cauces de los ríos. La zona de proyecto se ve claramente afectada por la contaminación y los residuos sólidos existentes en calles y cañadas, y esto repercute de forma directa en las inundaciones agravándolas. Por ello, es prioridad primordial intentar cambiar este escenario.

Ilustración 94 – Residuos sólidos acumulados en la cañada de Invicea – Fuente: Ilustración propia

2) Construcción de una red convencional de drenaje, que sea capaz de absorber la mayor parte del hidrograma de caudal. Se requiere conocimiento especializado para su planificación, construcción, operación y mantenimiento. Sería una inversión importante y además se requiere personal especializado para su mantenimiento, coordinación entre autoridades, compañías de construcción, vecinos, etc. Sin embargo, este sistema proporcionaría un alto nivel de higiene y comodidad para el usuario, sin olvidarnos de su efecto mitigador frente a las inundaciones.

En este momento, debido a la falta de financiación para llevar a cabo una inversión de esta magnitud es difícil pensar en implementar una solución integral para los tres barrios de estudio, aunque no debemos olvidar que tarde o temprano se deberá implantar este tipo de sistema o uno similar si se quiere solucionar el problema de manera correcta.

Ilustración 95 – Inundaciones en San Cristóbal – Fuente: Listín Diario

3) Planificación territorial y urbana. Habría que intentar movilizar a otros enclaves a la población que posee viviendas muy próximas a los cauces del río para evitar futuros desastres y entrar en sintonía con la normativa, que garantiza una franja de protección obligatoria de 30 metros en ambas márgenes de las corrientes fluviales. Además, se debería de regular la construcción de nuevas viviendas, para evitar seguir fomentando el desorden y el hacinamiento existente hoy día.

Ilustración 96 – Viviendas muy próximas al cauce de la cañada del barrio de Invicea – Fuente: Ilustración propia

4) A partir de este momento, se podría pensar en instalar SUDS que ayudaran al sistema convencional de drenaje a aliviar el agua en períodos de fuertes lluvias. Estos elementos además supondrían un impulso hacia la sostenibilidad y una mejora del entorno, aumentando las zonas verdes que hoy día son bastante escasas.

Ilustración 97 – Zona verde en el barrio cercana al paso de la cañada de Bella Vista que podría utilizarse para implantar un elemento tipo SUDS

Además de todas estas actuaciones, con las que se conseguiría mitigar las inundaciones, no se deben olvidar las condiciones tan precarias que tiene la población en cuanto a saneamiento se refiere. Es necesaria la construcción de una red de saneamiento, ya que la mayoría de viviendas no poseen un baño, teniendo que recurrir a perforar el suelo para depositar sus desechos, o en el mejor de los casos, depositarlos en un pozo séptico. Esto supone una grave contaminación de los acuíferos y el subsuelo, por lo que sería necesario implantar un sistema que ha tenido mucho éxito en otras comunidades de Latinoamérica denominado sistema de saneamiento condominial.

El sistema condominial se suele utilizar para la evacuación y transporte de las aguas residuales, aunque se podría plantear llevar esta red por las aceras y conectarla a los imbornales de la red de drenaje convencional constituyendo una red unitaria. Este tipo de red se compone de unas redes principales tangentes a las manzanas y un conjunto de viviendas se conecta a la red mediante un único punto de conexión, lo que permite un considerable ahorro en tuberías, ramales condominiales que recogen las aguas de un conjunto de viviendas

conectadas a un punto de la red principal, una planta de tratamiento e instalaciones intradomiciliarias.

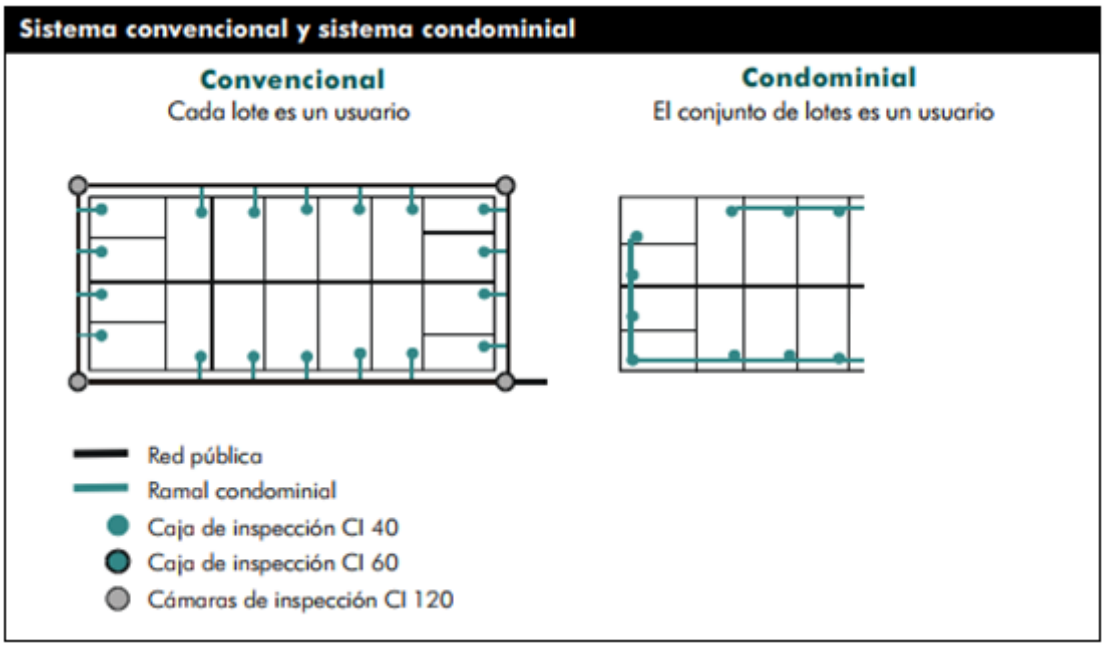


Ilustración 98 – Red condominial – Sistemas condominiales de alcantarillado sanitario. Proyecto piloto El Alto - Bolivia

Las ventajas que presenta un sistema condominial frente a un sistema de saneamiento convencional son:

- **En la construcción**: menor extensión de redes, menores profundidades, menores diámetros de tuberías, menor cantidad de elementos de inspección y reducción de pérdidas para el operador, ya que hay mayor control por parte de los operadores. Es decir, menor coste en la inversión.
- **En la operación y mantenimiento**: independencia de ramales y redes, sistema sectorizado por condominios, mayor facilidad de operación y mantenimiento y utilización de equipos más sencillos para la operación y el mantenimiento.
- **En el ámbito financiero**: es posible recuperar buena parte de la inversión (equivalente al costo de los ramales condominiales) en el corto plazo, mediante el pago del derecho de conexión y no en el largo plazo a través de la tarifa.
- **Otros**: participación ciudadana en la construcción, operación y mantenimiento, solución y decisión participativa y ahorro de los usuarios.

Además, este tipo de sistemas puede tener diferentes alternativas de trazado.

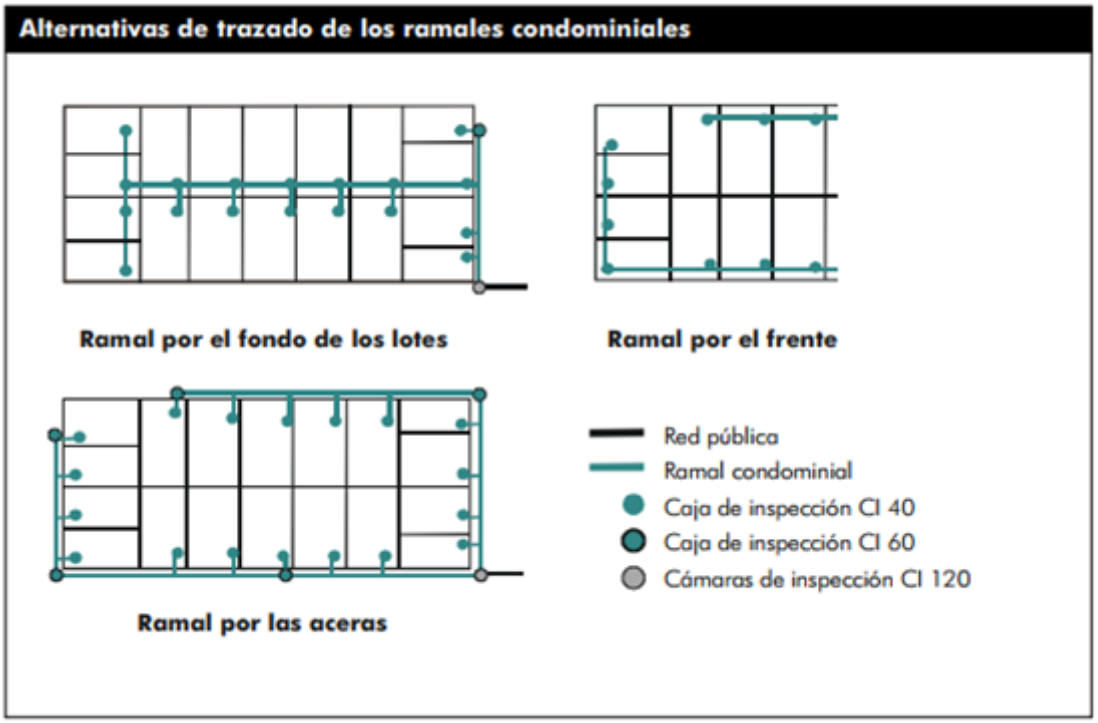


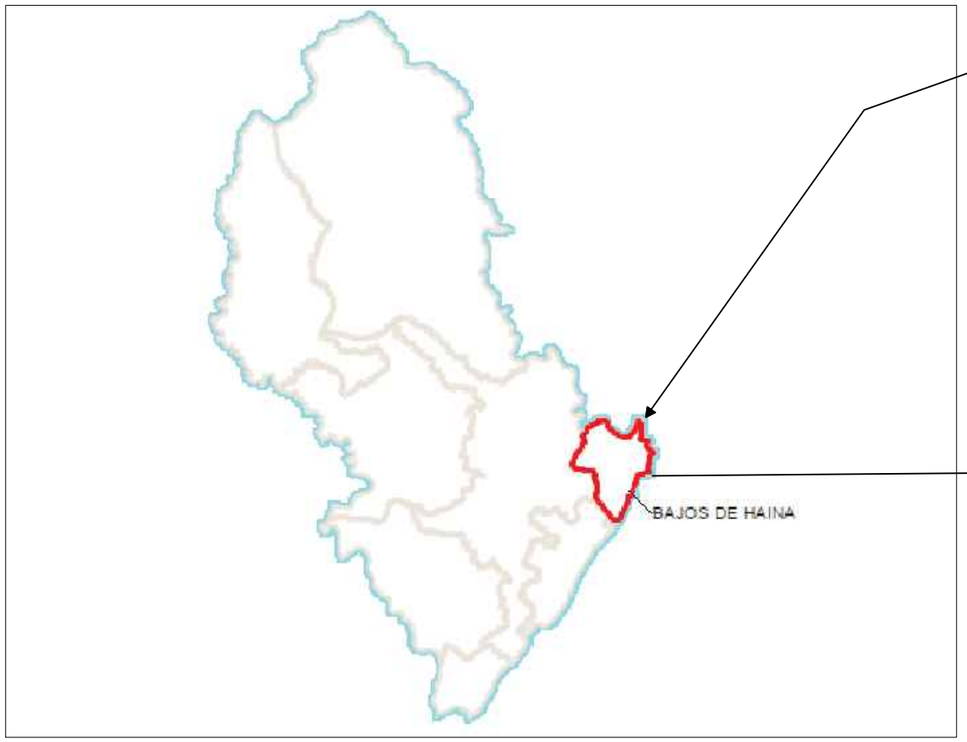
Ilustración 99 – Alternativas de trazado de los ramales condominiales – Sistemas condominiales de alcantarillado sanitario. Proyecto piloto El Alto - Bolivia

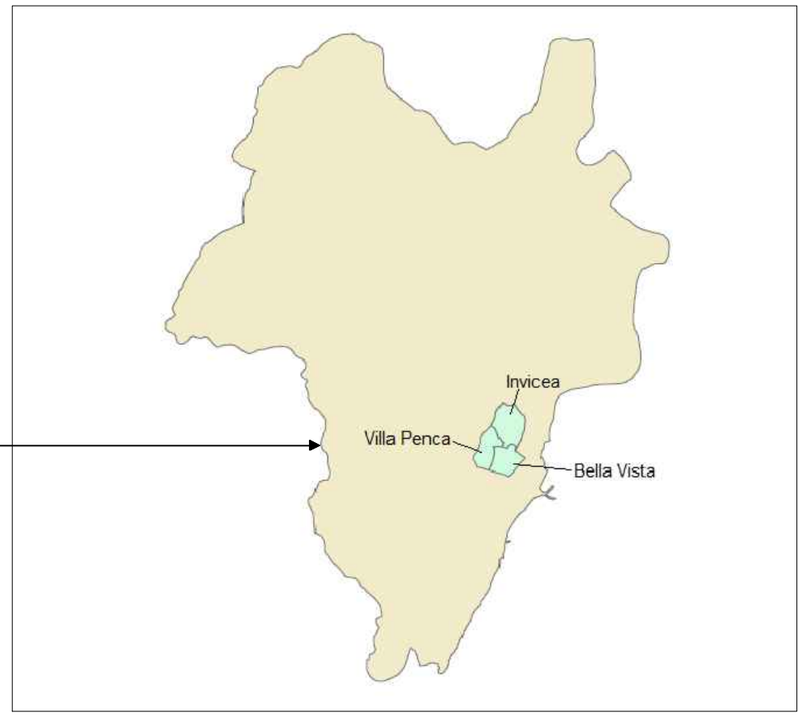
Para lograr todo esto en un futuro, será necesaria la colaboración e implicación de las instituciones públicas y de fuentes de financiación externas como empresas locales. Además, la concienciación de la población también jugará un importante papel.

PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

1. Localización de la zona de estudio
2. Desarrollo urbanístico (2002-2017)
3. Usos del suelo en los barrios de Bella Vista, Villa Penca e Invicea
4. Determinación de cuencas y subcuencas
5. Jerarquización de los cauces en Bella Vista, Villa Penca e Invicea
6. Resultado del modelo de inundación con TR=10 años
7. Resultado del modelo de inundación con TR=25 años
8. Rango de velocidades en los cauces con TR=10 años
9. Rango de velocidades en los cauces con TR=25 años





Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

POLITÉCNICA

Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Trabajo Fin de Máster:
Mitigación de inundaciones en Bajos de Haina (República Dominicana)

N
W
E
S

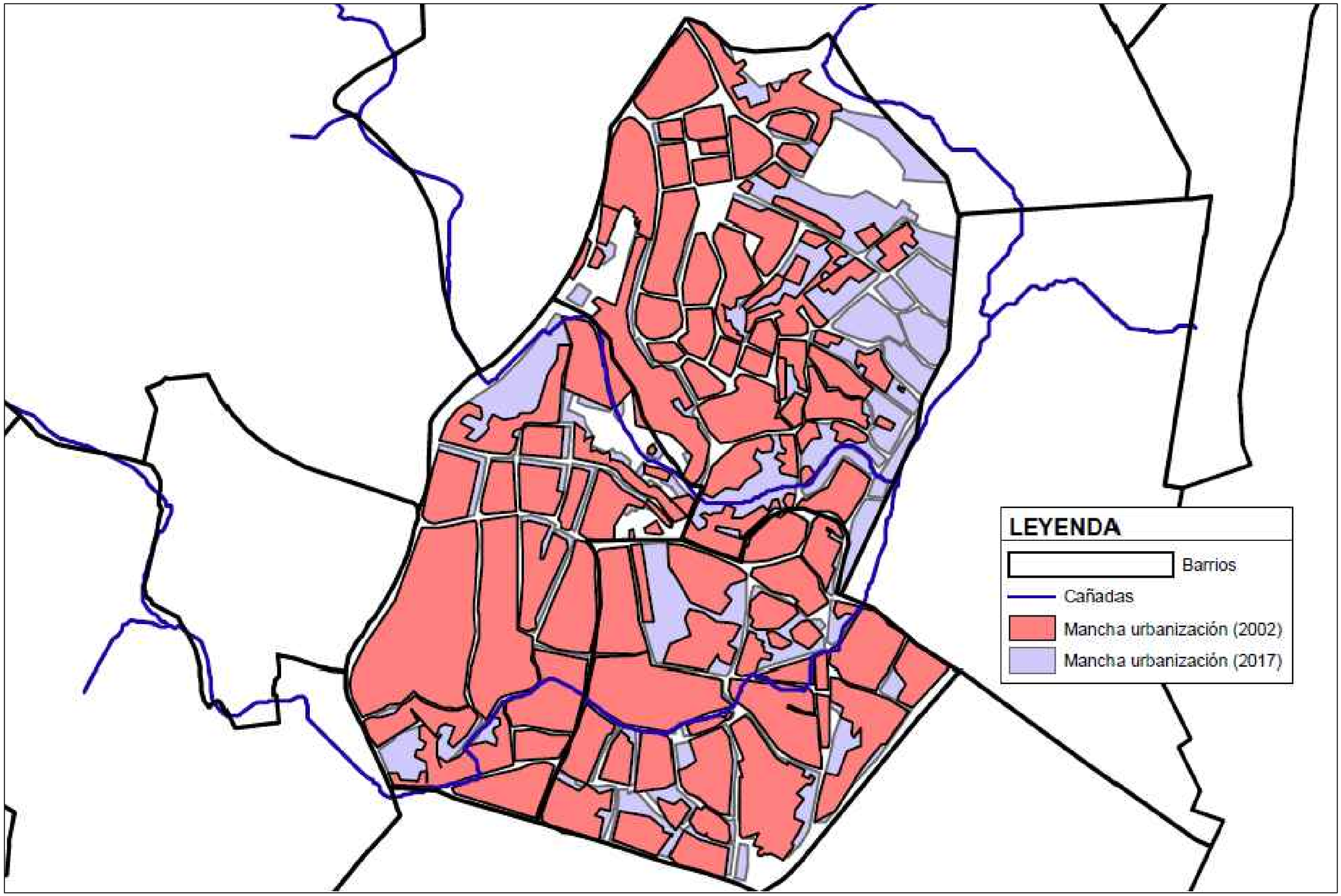
Título: Localización de la zona de estudio

Autor: José Antonio Moraleda Mesa

Tutora UPM: Ana Belén Berrocal Menárguez
Tutoras de destino: Ana Moyano Molina
Lucía Navarro de Corcuera

PLANO nº:

1



Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

POLITÉCNICA

Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Trabajo Fin de Máster:
Mitigación de inundaciones en Bajos de Haina (República Dominicana)

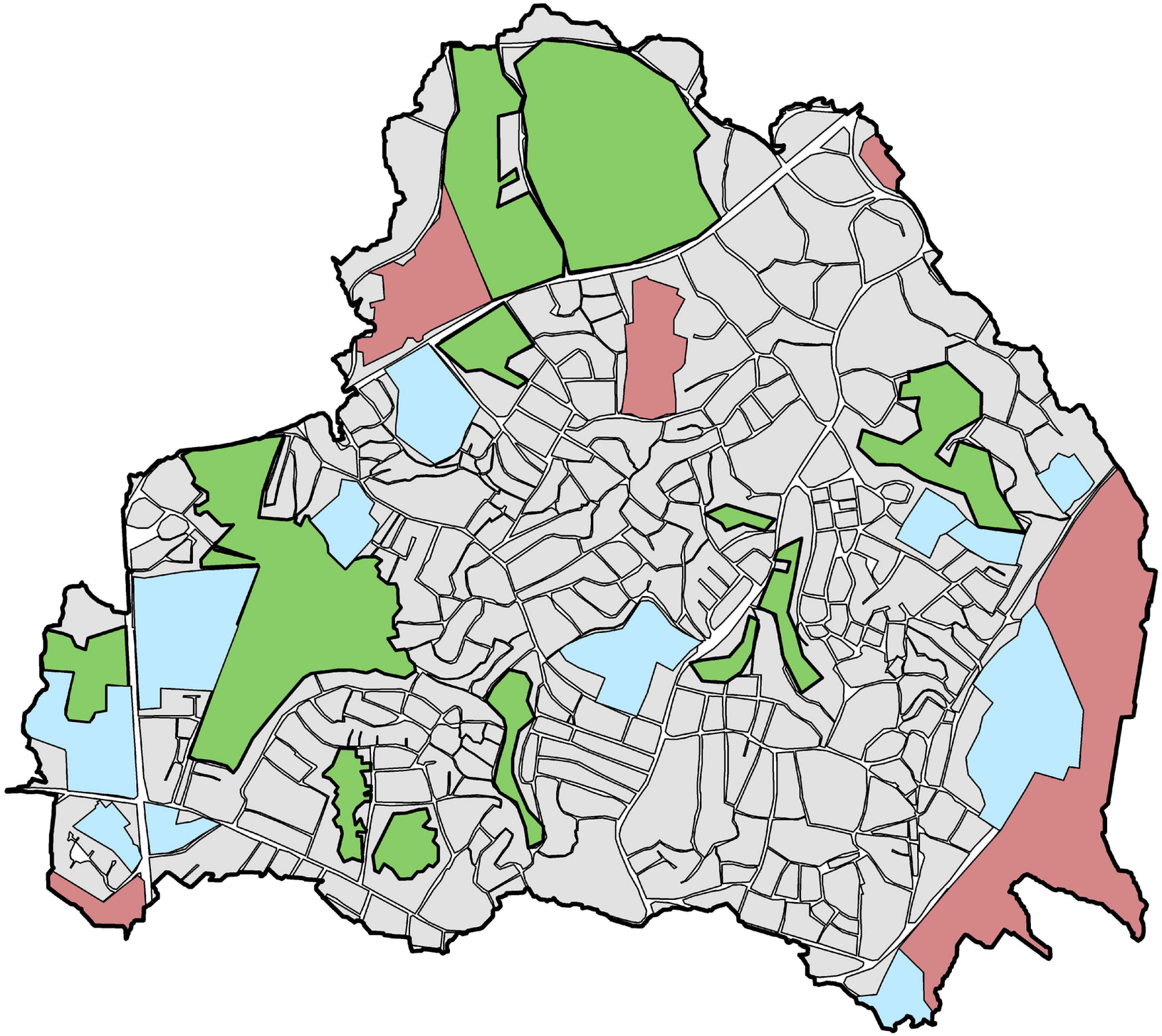
N
W E
S

Título: Desarrollo urbanístico (2002–2017)

Autor: José Antonio Moraleda Mesa

Tutora UPM: Ana Belén Berrocal Menárguez
Tutoras de destino: Ana Moyano Molina
Lucía Navarro de Corcuera

PLANO nº:
2



Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

POLITÉCNICA

Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Trabajo Fin de Máster:
Mitigación de inundaciones en Bajos de Haina (República Dominicana)

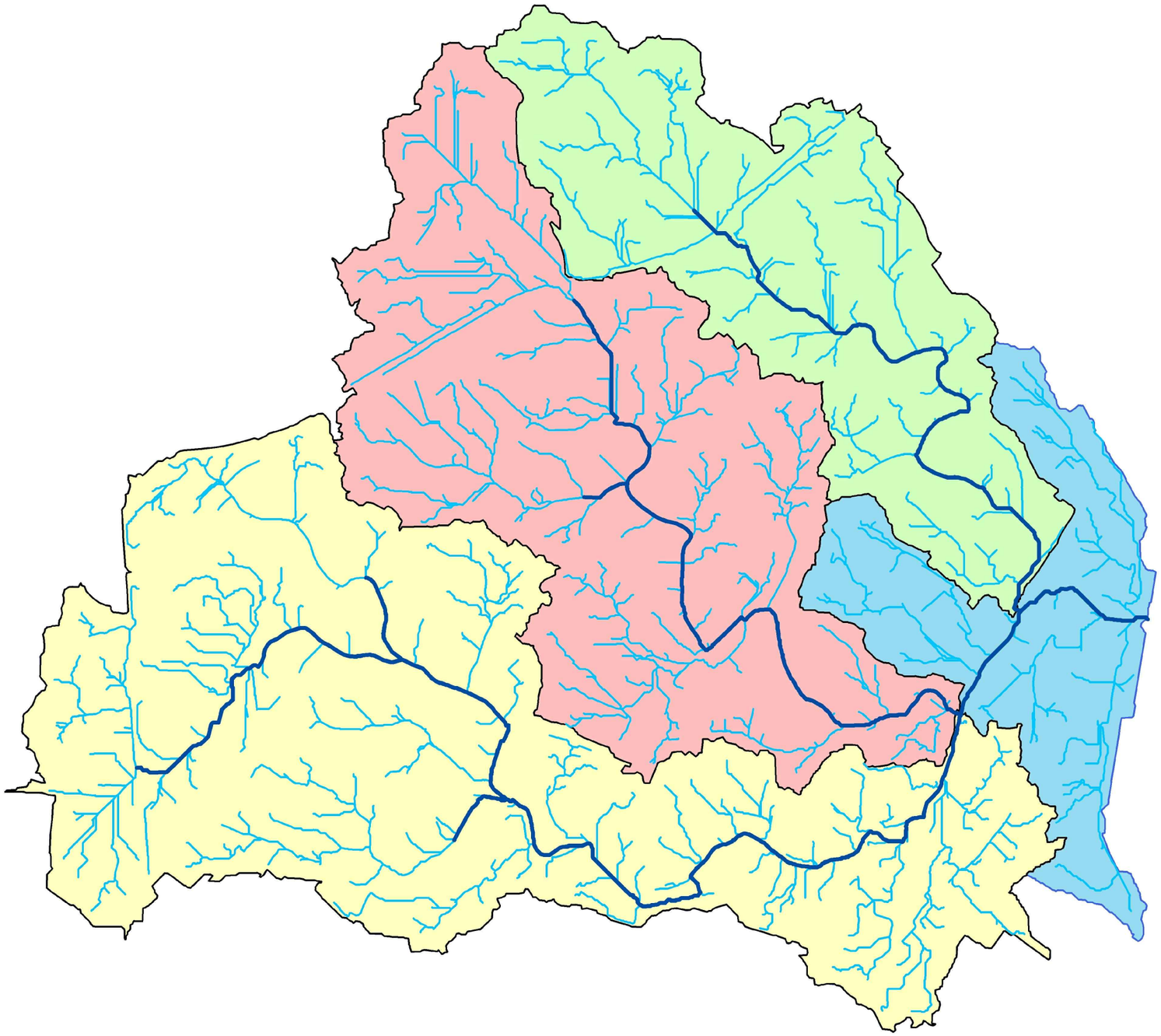
N
W E
S

Título: Usos del suelo en la subcuenca de estudio

Autor: José Antonio Moraleda Mesa

Tutora UPM: Ana Belén Berrocal Menárguez
Tutoras de destino: Ana Moyano Molina
Lucía Navarro de Corcuera

PLANO nº:
3



LEYENDA

- Microcuenca Bella Vista
- Microcuenca Villa Penca
- Microcuenca Invicea
- Cauces principales
- Cauces secundarios

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

POLITÉCNICA

Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Trabajo Fin de Máster:
Mitigación de inundaciones en Bajos de Haina (República Dominicana)

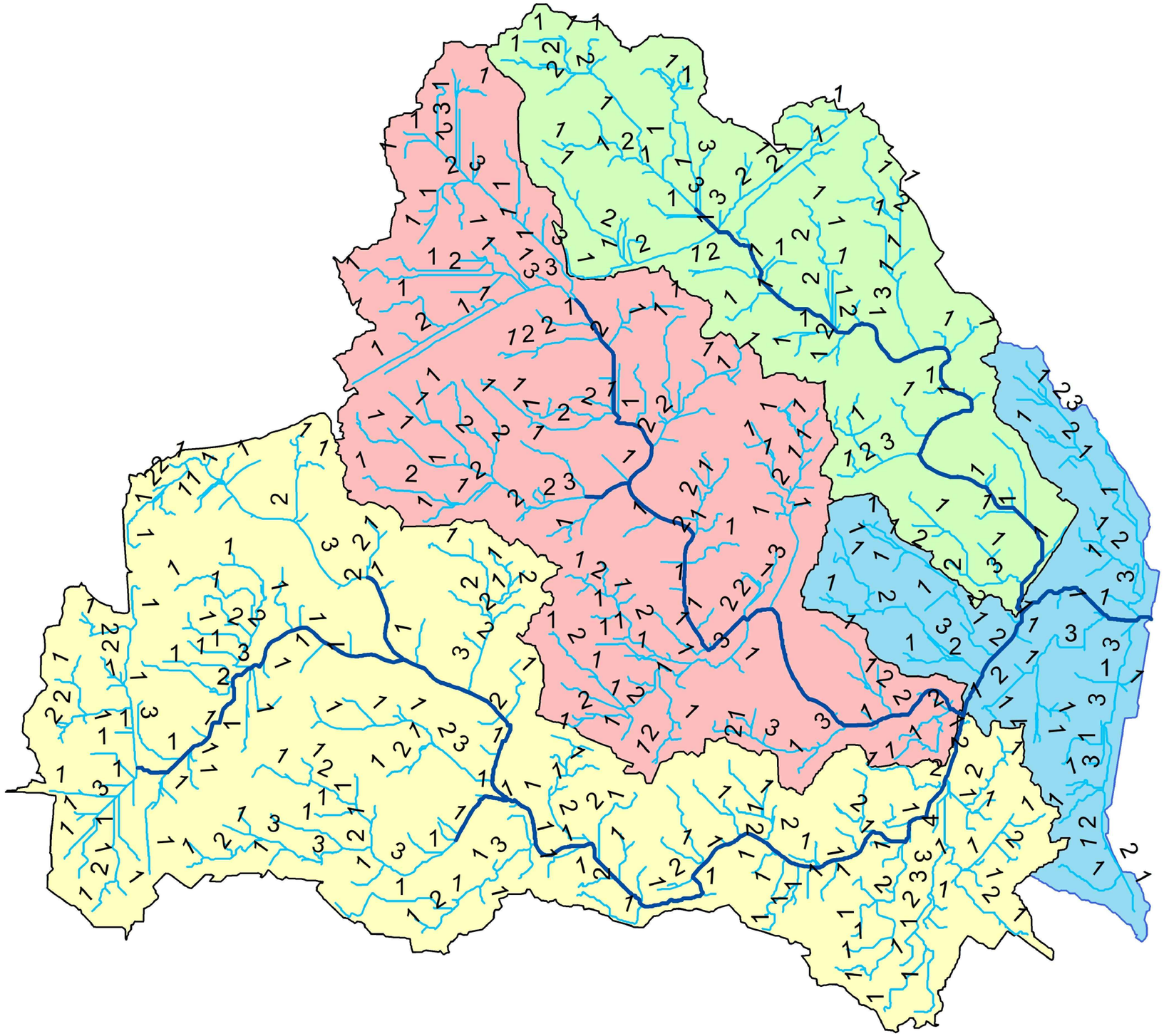
N
W E
S

Título: Determinación de cuenca y subcuencas

Autor: José Antonio Moraleda Mesa

Tutora UPM: Ana Belén Berrocal Menárguez
Tutoras de destino: Ana Moyano Molina
Lucía Navarro de Corcuera

PLANO nº:
4



Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

POLITÉCNICA

Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Trabajo Fin de Máster:
Mitigación de inundaciones en Bajos de Haina (República Dominicana)

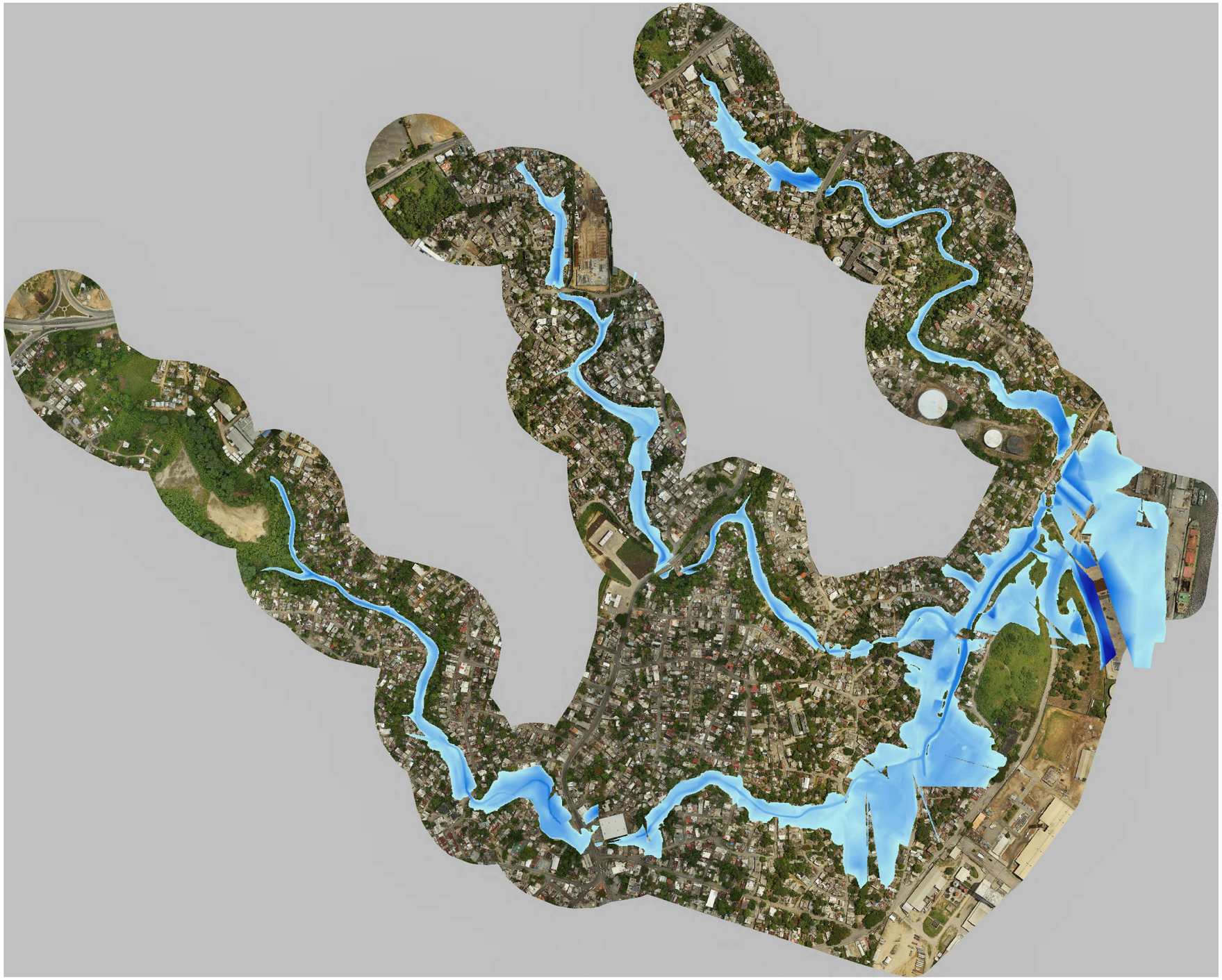
N
W E
S

Título: Jerarquización de cauces

Autor: José Antonio Moraleda Mesa

Tutora UPM: Ana Belén Berrocal Menárguez
Tutoras de destino: Ana Moyano Molina
Lucía Navarro de Corcuera

PLANO nº:
5



LEYENDA

Altura del agua

High: 6.12284

Low: 1.23978e−005

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

POLITÉCNICA

Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Trabajo Fin de Máster:

Mitigación de inundaciones en Bajos de Haina (República Dominicana)

N

W E

S

Título: Resultado del modelo de inundación TR=10 años

Autor: José Antonio Moraleda Mesa

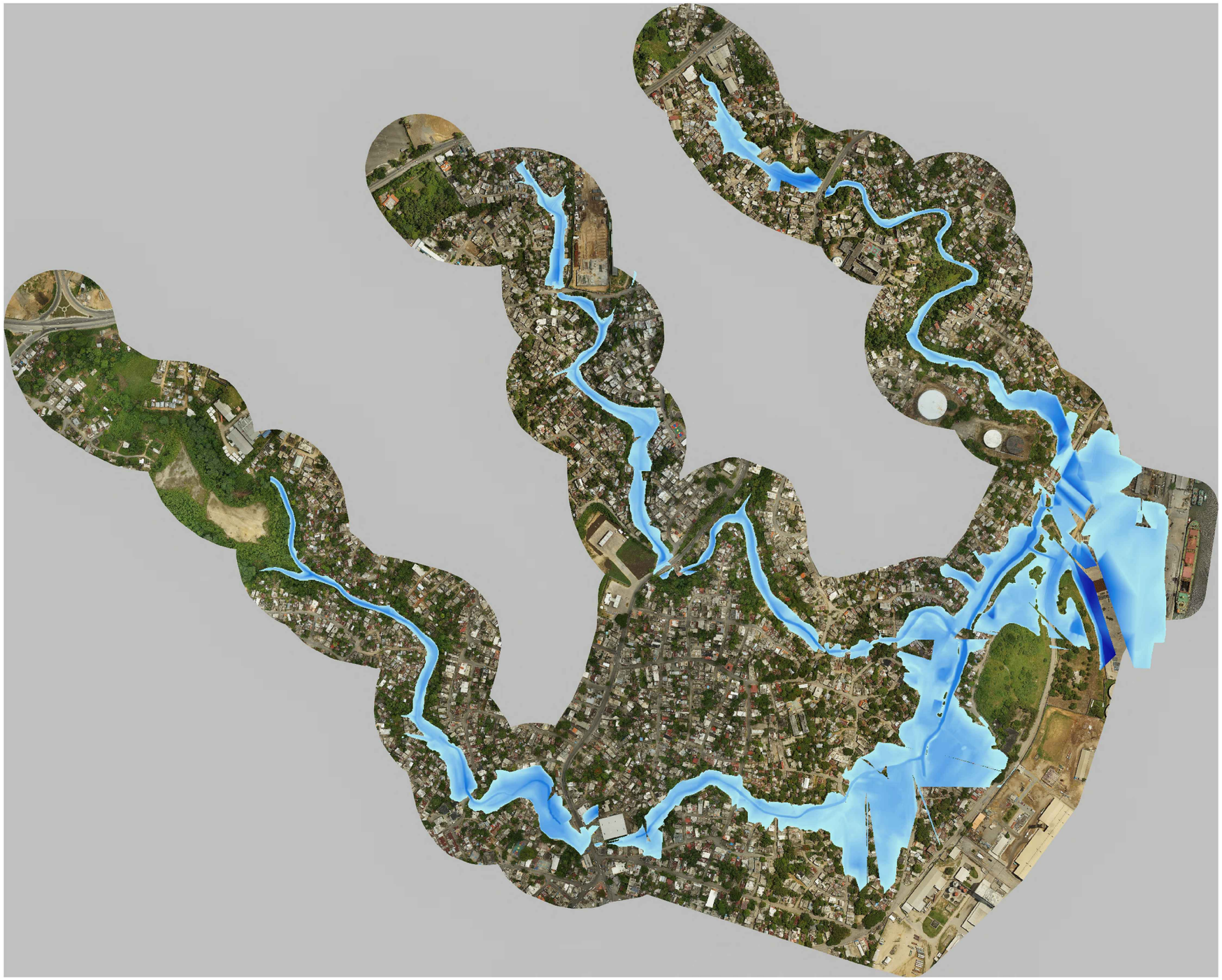
Tutora UPM: Ana Belén Berrocal Menárguez

Tutoras de destino: Ana Moyano Molina

Lucía Navarro de Corcuera

PLANO nº:

6



LEYENDA

Altura del agua

High: 6.31494

Low: 7.62939e−005

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

POLITÉCNICA

Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Trabajo Fin de Máster:
Mitigación de inundaciones en Bajos de Haina (República Dominicana)

N
W E
S

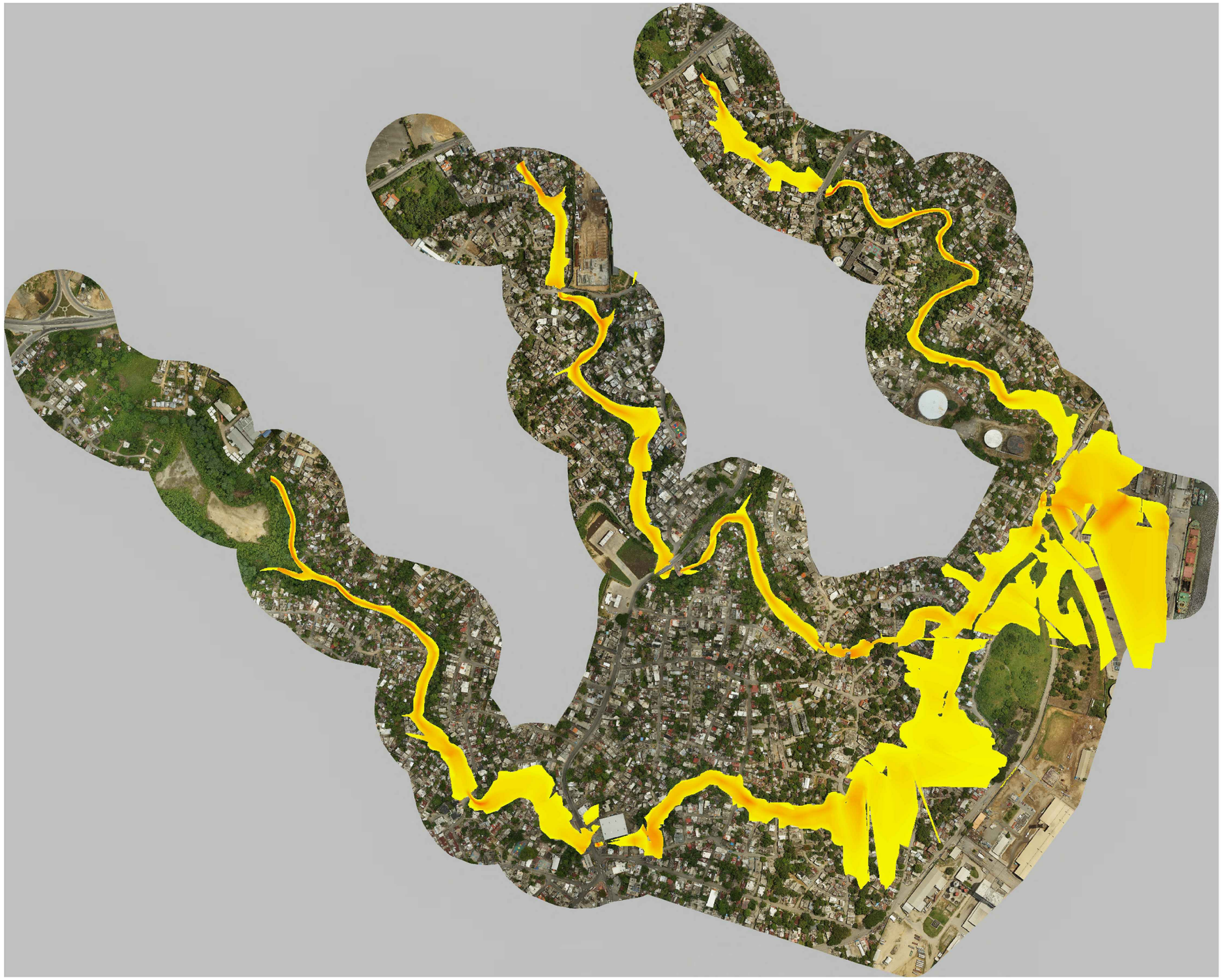
Título: Resultado del modelo de inundación TR=25 años

Autor: José Antonio Moraleda Mesa

Tutora UPM: Ana Belén Berrocal Menárguez
Tutoras de destino: Ana Moyano Molina
Lucía Navarro de Corcuera

PLANO nº:

7



LEYENDA

Velocidades

High: 8.26 m/s

Low: 0 m/s

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

POLITÉCNICA

Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Trabajo Fin de Máster:

Mitigación de inundaciones en Bajos de Haina (República Dominicana)

N

W E

S

Título: Rango de velocidades en los cauces TR=10 años

Autor: José Antonio Moraleda Mesa

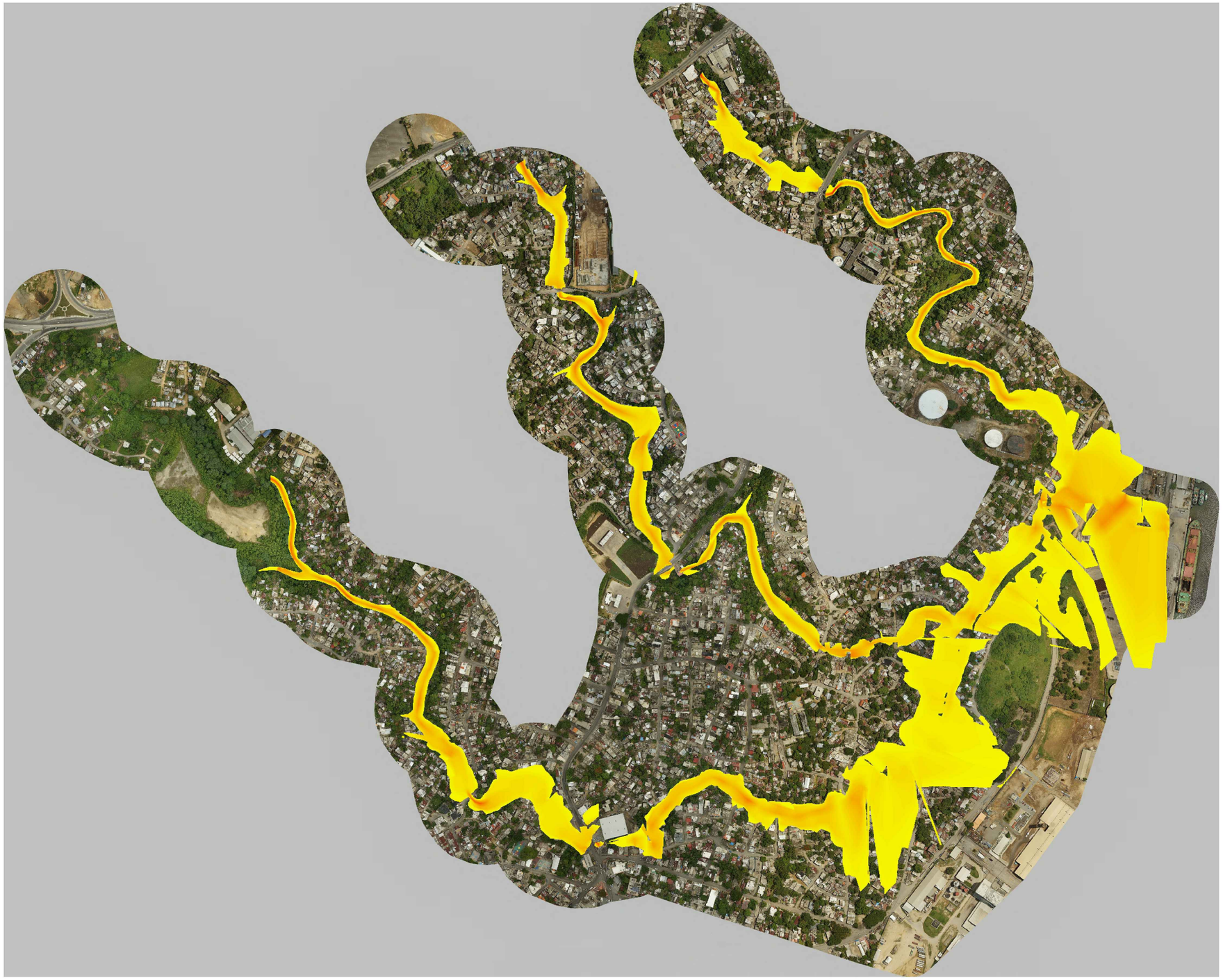
Tutora UPM: Ana Belén Berrocal Menárguez

Tutoras de destino: Ana Moyano Molina

Lucía Navarro de Corcuera

PLANO nº:

8



LEYENDA

Velocidades

High: 8.631 m/s

Low: 0 m/s

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

POLITÉCNICA

Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Trabajo Fin de Máster:
Mitigación de inundaciones en Bajos de Haina (República Dominicana)

N
W E
S

Título: Rango de velocidades en los cauces TR=25 años

Autor: José Antonio Moraleda Mesa

Tutora UPM: Ana Belén Berrocal Menárguez
Tutoras de destino: Ana Moyano Molina
Lucía Navarro de Corcuera

PLANO nº:

9

BIBLIOGRAFÍA

- Arquitectura en tejidos degradados de alta vulnerabilidad: “de la paradoja al paradigma” – Ana Moyano Molina

- Plan Indicativo para la Zona Metropolitana de Santo Domingo (PIZMSD) – Estudio de Bajos de Haina

- Marco normativo e institucional de la reducción del riesgo de desastres - UNISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction)

- Propuesta de Estrategia Nacional de Saneamiento (ENS) – INAPA (Instituto Nacional de Aguas Potable y Alcantarillados)

- Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario en el Gran Santo Domingo – CAASD (Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo)

- Política para la gestión integral de residuos sólidos municipales (RSM) – Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana

- Ingeniería Hidrológica – Leonardo S. Nanía y Manuel Gómez Valentín

- Alianza por el agua – Sistemas convencionales de drenaje: alianzaporelagua.org

- Sistemas condominiales de alcantarillado sanitario. Proyecto piloto El Alto – Bolivia

- Apuntes para la innovación": "Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible" – Mónica Ortega Castro y Antonio Lastra de la Rubia. Canal de Isabel II