

Estudio MMA Consultores
M. Ing. María Antía

Programa de Actuación Integrada - Jardines de Portales

Memoria de Información

Q.F María Antía Bernárdez

C.I. 3.811.581-9 / CJPP N.º 78.881/
DINACEA N.º 5597

Técnico responsable del análisis
ambiental

antiamaria@gmail.com- Cel. 091831175

Piriápolis, Octubre 2025



TABLA DE CONTENIDO

1- INFORMACIÓN DEL PROYECTO	2
1.1 Titular del proyecto, y Propietario del predio	2
1.2 Datos del Establecimiento	2
1.3 Profesional Competente: Técnico responsable del análisis ambiental.....	2
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. Objetivos del Programa de Actuación Integrada	4
3.1 Objetivo general:	4
3.2 Objetivo específico:.....	4
3.3 Justificación del proyecto:.....	4
4. MARCO LEGAL	5
5. LOCALIZACIÓN Y ASPECTOS GENERALES	6
6. DELIMITACIÓN DEL ÁMBITO TERRITORIAL	8
6.1 Unidad de Actuación	8
6.2 Área del Polígono	9
6.2 Descripción preliminar del área	9
7. SITUACIÓN TERRITORIAL: CARACTERIZACIÓN	13
7.1 Estructura Territorial	13
7.1.1 Uso de Superficie:.....	13
7.2 Características del medio receptor	15
7.2.1 Medio Antrópico	15
7.2.2 Medio Abiótico	16
Componente: suelo	16
Componente: atmósfera (clima)	19
Componente: agua	19
7.2.3 Medio Biótico	22
7.2.4 Antecedentes arqueológicos.....	23



1- INFORMACIÓN DEL PROYECTO

1.1 Titular del proyecto, y Propietario del predio

Nombre del proyecto	PAI Jardines de Portales
Nº de expediente	2023-88-01-12980
Titular del Proyecto	INTEUS S.A.S.
Nº R.U.T	219314280018
Apoderado	Diego Fernández García
Cedula de Identidad	4.004.275-1
Celular	099189599

1.2 Datos del Establecimiento

Padrón	Nº 32.395/ 32.396 / 32.397 / 32.398
Localidad	Piriápolis
Departamento	Maldonado
Sección Catastral	3ª Sección Catastral del Departamento de Maldonado

1.3 Profesional Competente: Técnico responsable del análisis ambiental

Nombre	María Antía Bernárdez
Profesión	Química Farmacéutica
Cédula de Identidad	3.811.581-9
Dirección	Sucre y Tailandia. Ch" Uyuni". CP 20.100. Punta del Este
Teléfono- Fax	4222 6812
Celular	091831175
Mail	antiamaria@gmail.com
Caja profesionales Nº	78.881



2. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde a la “Memoria de Información” del “Programa de Actuación Integrada JARDINES DE PORTALES” (en adelante PAI JARDINES DE PORTALES) localizado en la 3ª sección catastral y la 5ª Sección Judicial, Piriápolis, del Departamento de Maldonado.

Se procura en dicha transformación, aplicar en el padrón rural N° 32.395, las ordenanzas de construcción aplicables para suelo urbano del balneario de Piriápolis y sobre los padrones rurales N° 32.396, 32.397 y 32.398 las correspondientes a suelo rural natural.

Se pretende la transformación de un área de suelo rural a urbana para iniciar el proceso de urbanización, cumpliendo con lo establecido en la **Ley N° 18.308**, que establece como requisito para la modificación de un suelo la elaboración de un PAI que establezca que dicho suelo es Potencialmente Transformable. La citada Ley establece que el estudio deberá delimitar el ámbito de actuación sobre el suelo, a efectos de su ordenamiento y actuación en base a las normas de regulación y protección existentes, presentando una planificación pormenorizada y justificando la viabilidad de la actuación sobre determinada unidad territorial (Artículo 21°).

Se ha analizado la categorización de suelos en Maldonado dentro de las Directrices de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible del Gobierno Departamental, quién tiene la competencia para la recategorización de suelos, protección y contralor del buen uso del mismo dentro de su jurisdicción departamental (Ley 18.308, Artículo 14°).

La reglamentación para la elaboración y aprobación de un PAI en el Departamento de Maldonado se estableció en la Resolución Núm. 08322/2011, donde se incorpora la Fase Preliminar y Fase Específica al procedimiento de elaboración y aprobación de los PAI.

Se establece que deberá definirse el área comprendida en los estudios para la transformación de la categoría del suelo (“polígono”), y el área específica a transformar mediante el proyecto (“unidad de actuación”). El presente estudio se inscribe dentro de la Fase Específica.

La unidad de actuación territorial comprende:

- a) el padrón rural 32.395 en el cual se pretende su transformación de rural potencialmente transformable a urbano. Este padrón se proyecta fraccionar en 449 lotes todos de mayor superficie a 300m² y
- b) los padrones rurales 32.396, 32.397 y 32.398 cuya transformación implica un cambio de atributo de suelo de rural potencialmente transformable a suelo rural natural.



3. OBJETIVOS DEL PROGRAMA DE ACTUACIÓN INTEGRADA

3.1 Objetivo general:

- Apostar a la conciliación del desarrollo económico, la sustentabilidad ambiental, y la equidad social como principios rectores del ordenamiento territorial y su EAE.
- Lograr un crecimiento sostenible en el balneario de Piriápolis. Promover una mejor calidad de vida para los habitantes locales y potenciales inversores nacionales y extranjeros, enmarcados en las nuevas oportunidades que se plantean en un Maldonado en continuo crecimiento, como destino turístico y como residencia permanente o de segunda elección.

3.2 Objetivo específico:

- Modificar suelo rural potenciamente transformable (SRT) del padrón 32.395 ubicado sobre Calles Eduardo Mondello y Lázaro Gadea, y a 30 metros de intersección con Avenida Misiones, a suelo urbano (SU), siguiendo las ordenanzas de construcción aplicables para suelo urbano de balneario de Piriápolis.
- Modificar suelo rural potencialmente transformable (SRT) de los padrones 32.396, 32.397 y 32.398 a suelo rural natural

3.3 Justificación del proyecto:

En JARDINES DEL PORTALES, se aplican criterios de "integración" a la zona balnearia, se integra un terreno rural y sin actividad, a la ciudad, de forma ordenada y sostenible, y respetando las unidades ambientales presentes en el terreno.

El proyecto a futuro, permitirá la generación de actividades anexas de interés socioeconómico relativas al turismo y residencia, con interesantes impactos positivos en el área del proyecto. Generará trabajo en la etapa de construcción de las viviendas así como fuentes laborales permanentes para la prestación de servicios y abastecimiento desde las zonas cercanas.

El presente PAI garantiza un impacto menor al entorno, apostando por la sostenibilidad ambiental con un ordenamiento territorial holístico, ya que contempla las condiciones naturales y el paisaje preexistente, pero también la accesibilidad y las comunicaciones del lugar.

El Gobierno Departamental en 2010 avizoraba que esta microrregión tendría para 2025 una marcada tendencia hacia un estilo de vida natural, tanto por parte de su población visitante como permanente (artículo citado). Precisamente, estos son también los fundamentos matrices de JARDINES DE PORTALES.

El objetivo propuesto, se alinea con el objetivo planteado para el "Plan Local Región Piriápolis- Solis Grande", instrumento en proceso de elaboración.



4. MARCO LEGAL

El presente PAI sigue las Directrices Nacionales a través de la Ley N° 18.308, para el Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible Marco Regulador General, especialmente en su artículo 21° y 34°. Esta Ley define las competencias e instrumentos de la planificación, participación y actuación en la materia, orienta el ordenamiento territorial y diseña instrumentos de ejecución de los planes y actuación territorial.

Su Artículo 21° (Programas de Actuación Integrada).- define al PAI como el instrumento para la transformación de suelos con categoría urbana, suburbana, con el atributo de potencialmente transformable. Cada PAI deberá presentarse ante la Intendencia correspondiente, la que podrá autorizar su elaboración posterior y ejecución por gestión pública, privada o mixta, según los criterios establecidos en su propia Ordenanza. El artículo establece también que la elaboración por iniciativa privada se autorizará solamente cuando se cuente con la conformidad de la mayoría de los propietarios del suelo, y se ofrezcan garantías suficientes de su ejecución.

En el Artículo 34° (Atributo de potencialmente transformable), se establece que solo podrán ser recategorizados aquellos suelos que sean potencialmente transformables, siendo la única forma de recategorizarlos a urbano o suburbano a través de su correspondiente Plan de Acción Integrada.

Respecto a las directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible, a través del Decreto Departamental N° 3.866 (Decreto reglamentario de implementación de la Ley 18.308 para Maldonado), se siguen sus artículos 2°, 18°, 19°, 20°, 21°, 22°, 23° y 70°.

El Artículo 2° establece las 8 microrregiones a contemplar dentro del Departamento de Maldonado, correspondiendo en este caso la microrregión N° 2 PIRIAPOLIS. Se detallan las directrices para la misma en los artículos 18° a 23°.

En líneas generales, los mismos establecen como objetivos el mantener un alto nivel de vida cultural y natural como parte del atractivo turístico de la zona, preservando y enriqueciendo sus peculiares condiciones ambientales urbanas, costeras y serranas, mejorar la calidad de vida de su población, pero propendiendo al impulso permanente a la actividad turística. Fija por ejemplo como líneas de acción la gestión y conservación de laderas y cumbres (Artículo 22°), y la adecuación del marco de ordenamiento y normativo vigente, trazando como líneas de acción la revisión tanto para la ciudad de Piriápolis como su entorno, para contemplar las "nuevas realidades y la particularidad de la serranía y faja costera" (Artículo 23°).

A través de su Artículo 70° Transformación de Categoría, se prevén consideraciones para que un suelo rural se transforme a urbano. Por ejemplo, las superficies mínimas a lotear en suelos de categorías urbana establecidas en el Literal "i", en zonas de prioridad social o adyacentes a éstas, el mínimo será de 300 metros cuadrados.



Por último, aplica el Decreto Departamental 3867/2010, donde en su artículo 71º Régimen de gestión, se definen las zonas en las cuales la la Intendencia deberá extremar los cuidados en las autorizaciones y en las actuaciones en vía de proteger los bienes sociales y ambientales cautelados y promover la elaboración de instrumentos particulares de ordenamiento territorial para su desarrollo sostenible. El PAI JARDINES DE PORTALES se enmarca como en "Zonas de Prioridad Social" (artículo 71º inciso "a") por ser barrio perteneciente al centro urbano de Piriápolis.

5. LOCALIZACIÓN Y ASPECTOS GENERALES

El área en cuestión, se ubica en pleno barrio de playa grande de la ciudad de Piriápolis

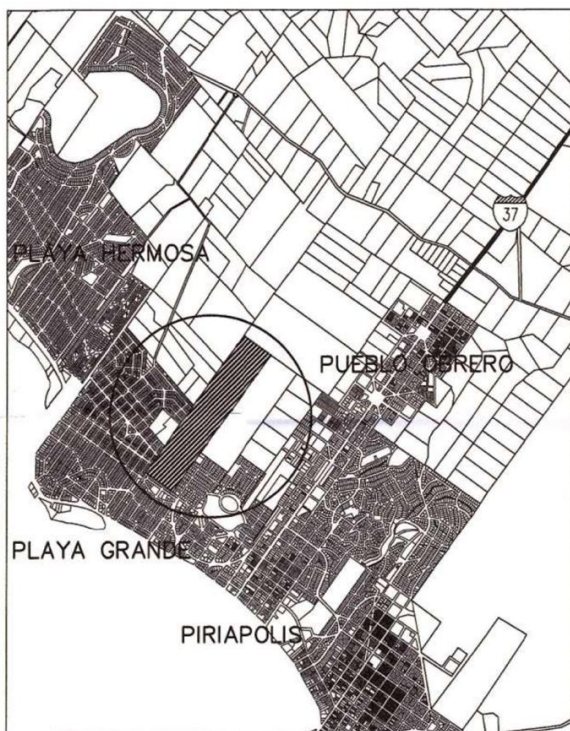
Se plantea desarrollar un emprendimiento de fraccionamiento de un padrón potencialmente transformable en 449 lotes urbanos, de 400 m² promedio, para uso del suelo del tipo urbano residencial para viviendas unifamiliares mayoritariamente.

El fraccionamiento se dividirá en 29 manzanas. El sector de manzanas A, B y C se prevén lotes de mayor tamaño, de forma de integrar con el paisaje y zonas libres del fraccionamiento. Las manzanas restantes (lotes), serán en total 445 lotes de 420 m² aprox.

El terreno donde se plantea el proyecto posee una localización inserta en áreas urbanas, con excelente conectividad con el territorio, posibilidad de conexión con las infraestructuras ya existentes, proximidad con servicios, equipamientos y disponibilidad de área..



Figura 1. Ubicación del PAI





6. DELIMITACIÓN DEL ÁMBITO TERRITORIAL

6.1 Unidad de Actuación

Área total del AMBITO DE ACTUACIÓN: 470 Hás

UNIDAD DE ACTUACIÓN: Se define una Unidad de Actuación, conformada por los padrones N° 32.395, 32.396, 32.397 y 32.398, tercera sección catastral, departamento de Maldonado.

Padrones propiedad del gestionante:

Número	Superficie	Categoría de suelo vigente	Sección judicial o catastral
32.395	34 Hás 399 m ²	Rural (Potencialmente transformable)	Tercera
32.396	3 Hás 3417 m ²	Rural (Potencialmente transformable)	Tercera
32.397	3 Hás 2732 m ²	Rural (Potencialmente transformable)	Tercera
32.398	3 Hás 6868 m ²	Rural (Potencialmente transformable)	Tercera

Tabla 1: Datos de padrones involucrados

Cabe destacar que se realizó recientemente una subdivisión del padrón Rural N° 16.788, en los cuatro padrones rurales que formar parte de este PAI: N° 32.395, 32.396, 32.397, 32.398.



6.2 Área del Polígono

Los padrones del área de influencia (área del polígono) se encuentran categorizados como urbanos, suburbanos, y rurales potencialmente transformables. El polígono de estudio abarca aproximadamente 470 Há. constituyendo una unidad territorial a los efectos de su ordenamiento y actuación.

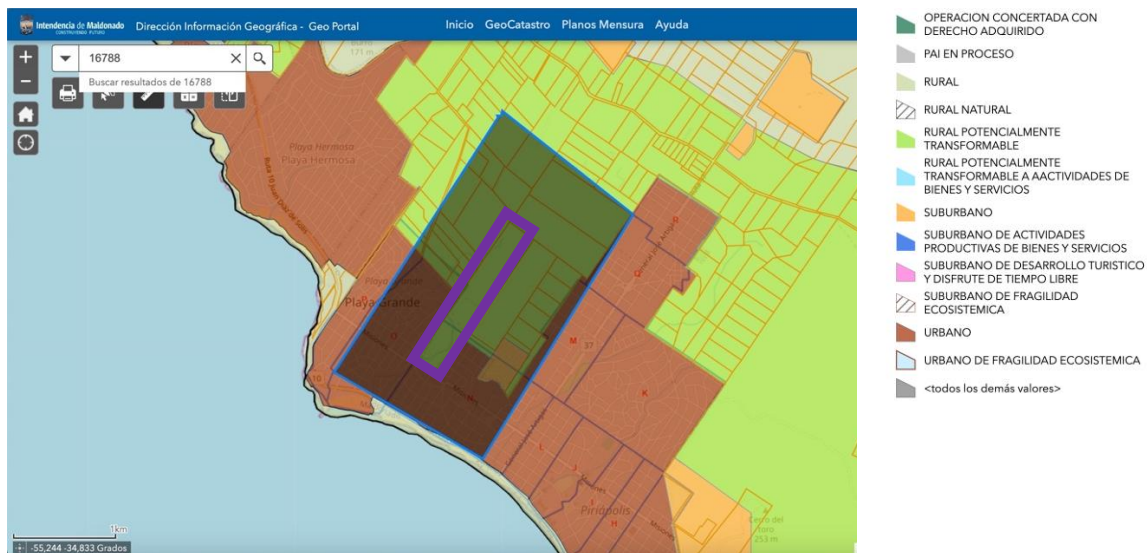


Figura 2. Ámbito de Aplicación (Fuente: DIG Geoportal IDM)

Unidad de actuación:



Polígono de Estudio:



El área del polígono se encuentra en la Microrregión 2, Piriápolis.

6.2 Descripción preliminar del área

Localización y accesos:

El ámbito geográfico está delimitado de la siguiente forma:

-Al Este, padrones urbanos N° 7888, 7896, 7891, 7897, 3637, 3645, 3640, 3649, 3646 y 3992; padrones rurales potencialmente transformables N° 30.084.

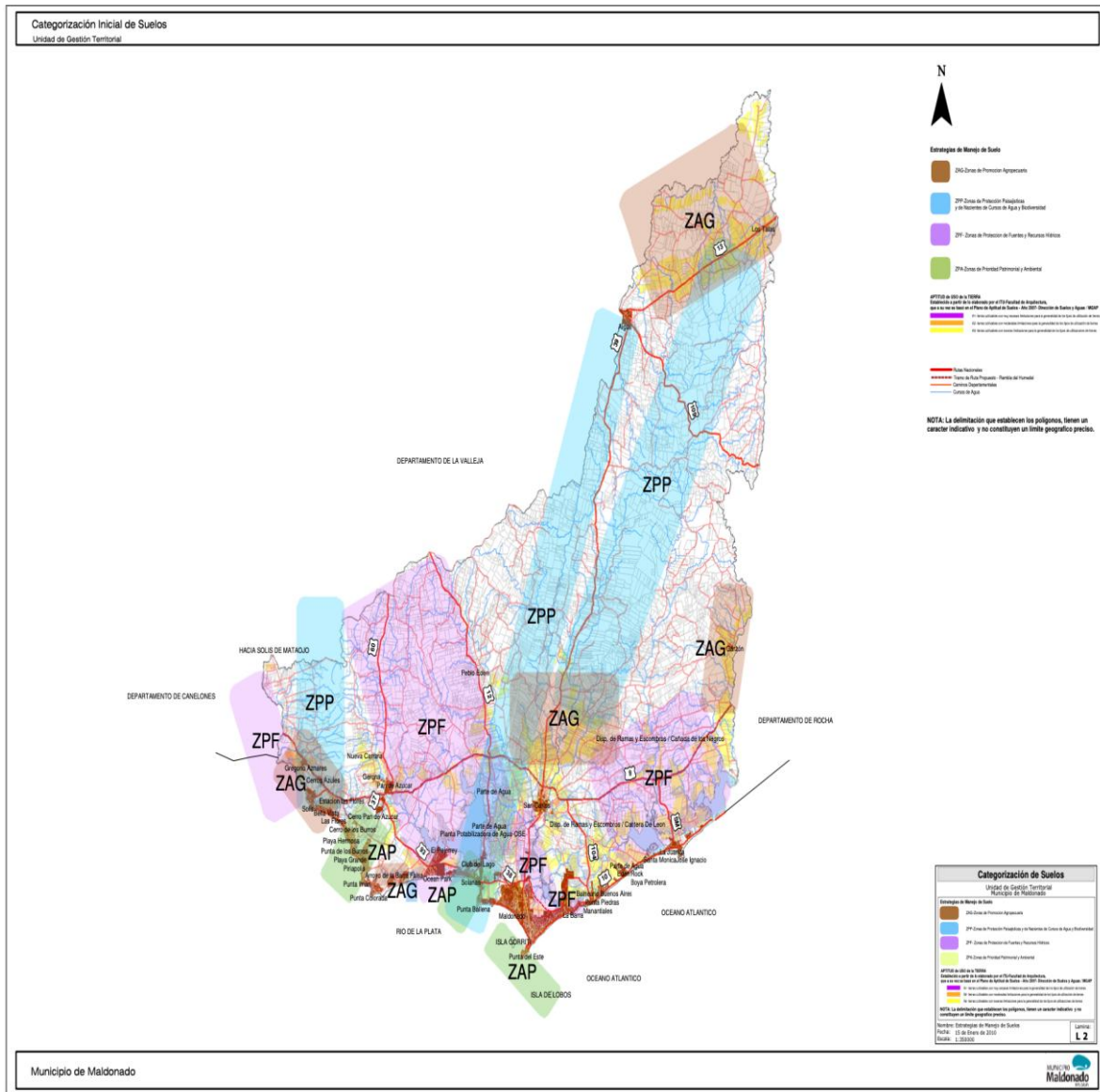
-Al Norte padrón rural potencialmente transformables N° 16.781.

-Al Oeste padrones urbanos N° 996 al 1003, 1006 al 1018, 1629, 6348, 1646, 1638 al 1639 y 1693; y padrones rurales potencialmente transformables N° 7247, 31.009, 7190 y 4282.



-Al Sur padrones urbanos N° 6213 al 6218, 6222 al 6230 y 6232

Los padrones que conforman el área de actuación cuentan con excelente ubicación, encontrándose a 25 metros de calle Misiones, con entradas por calles Eduardo Mondello, y Lázaro Gadea.



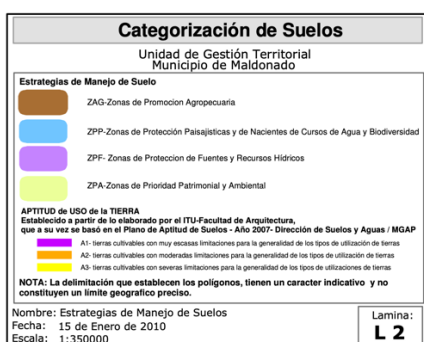


Figura 3 y 4. Relación con unidades de gestión según Decreto N° 3867 (lámina L2)

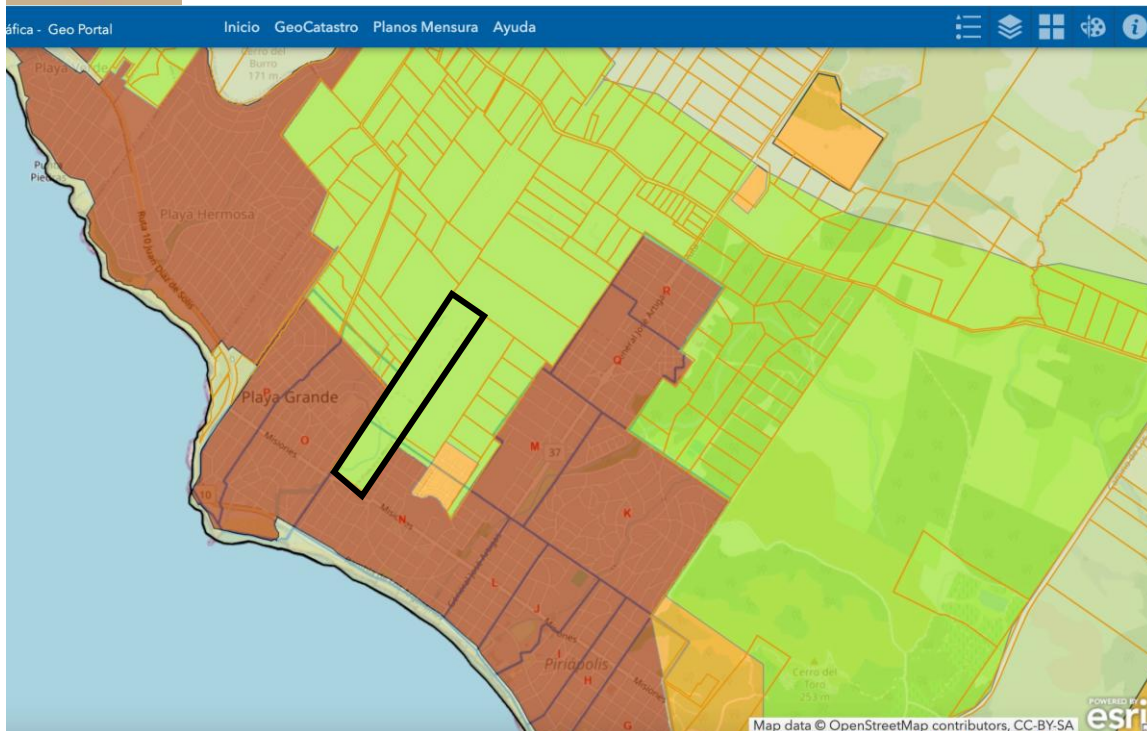


Figura 5. PAI JARDINES DE PORTALES categorización actual de suelos. (Fuente: <https://maldonado.maps.arcgis.com/>)



7. SITUACIÓN TERRITORIAL: CARACTERIZACIÓN

7.1 Estructura Territorial

El área en cuestión, se ubica en pleno barrio de playa grande de la ciudad de Piriápolis.

El terreno donde se plantea el proyecto posee una localización próxima a la costa y rodeado de áreas urbanas, con excelente conectividad con el territorio, posibilidad de conexión con las infraestructuras ya existentes, conectividad con servicios, equipamientos y disponibilidad de área.

Es de gran importancia para el desarrollador, además de un diferencial en este tipo de proyecto, que se preserve tanto del ecosistema incambiado como sea posible, respetando los microambientes y paisajes presentes en el lugar.

Se plantea por lo tanto un fraccionamiento tipo urbano, con lotes individuales de mínimo 300 m², previendo un área destinada a espacio libre mayor al 10% de la superficie total del predio. Estas áreas verdes preservarán las zonas de mayor importancia ecosistémica, ubicadas en las zonas mas bajas del terreno.

El fraccionamiento aportará como es común en estos emprendimientos, todos los servicios que se requieren (luz, alumbrado público, agua potable, saneamiento, telefonía e internet), previendo espacios comunes y recreativos verdes, naturales y parquizados, integrados al paisaje.

7.1.2 Uso de Superficie Futuro:

A continuación, en Tabla 2 se detallan características del proyecto de fraccionamiento:

Padrón a fraccionar	Nº 32.395
Padrón Área Total	34 Hás 399 m ²
Espacio Libre Cedido a IDM	4 Hás 3294 m ²
Área para lotes	20 Hás 944 m ²
Calles	9 Hás 6211 m ²
Cantidad de Lotes	449
Superficies de lotes	Desde 300 a 4495 m ²

Tabla 2: Detalles uso de superficie

El proyecto a futuro, permitirá la generación de actividades anexas de interés socioeconómico relativas al turismo, con interesantes impactos positivos en el área del proyecto. Generará trabajo en la etapa de construcción de la infraestructura urbana primeramente y luego construcción de las



viviendas; así como fuentes laborales permanentes para la prestación de servicios y abastecimiento desde las zonas cercanas.

7.1.3 Infraestructura existente

El padrón 32.395, y los padrones 32396, 32397 y 32398, se sitúan en la 3ª Sección Catastral del departamento de Maldonado, dentro del ejido urbano de Piriápolis, entre las Rutas Nacionales 10 y 37. Linealmente, se encuentra 0.5 km al norte de la costa de Piriápolis, entre el Barrio Los Ángeles y Playa Grande, en una zona de transición entre el área balnearia, el tejido suburbano y la franja rural periurbana.

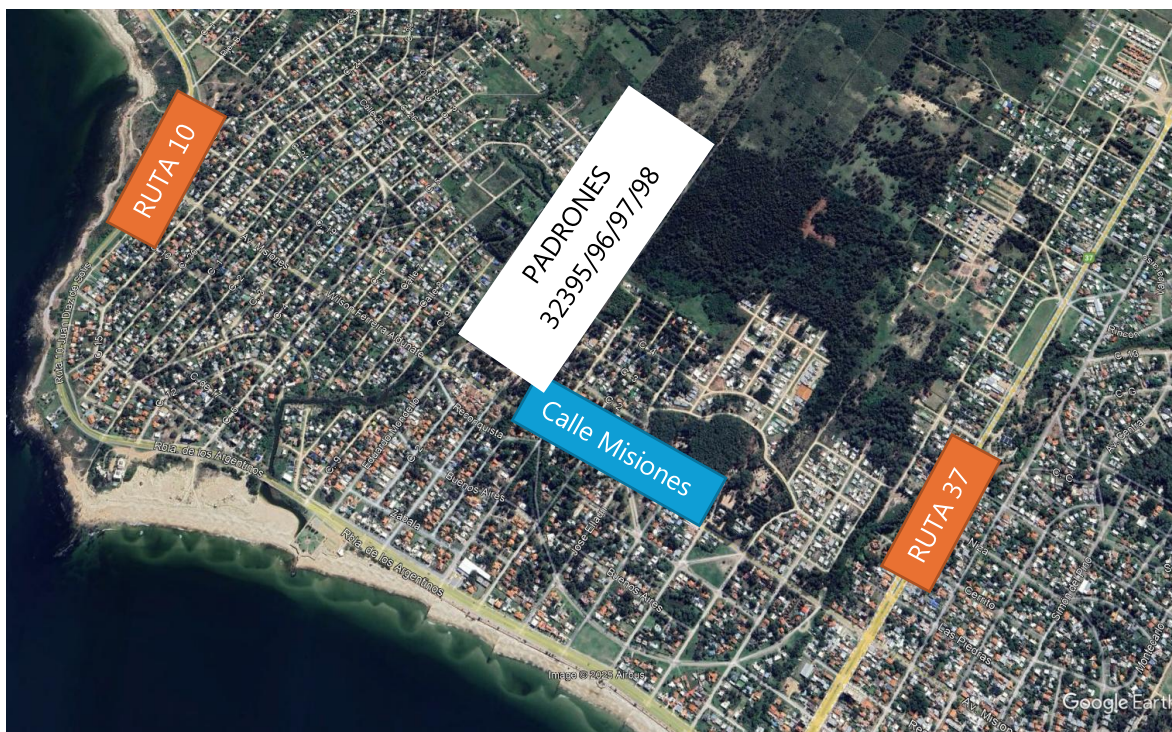


Figura 5. Ubicación en GoogleEarth de Padrones 32395 al 32398

Al padrón 32395, se accede específicamente por calle Misiones (al norte) y esquina continuación Lázaro Gadea (su ubicación queda comprendida entre Misiones, Lázaro Gadea y calle Eduardo Mordello y al norte es limítrofe con el padrón rural 16781).

Los padrones 32396 y 32397 se ubican al norte de calle Misiones y están conectado vialmente por la trama de calle 18 y calle 19, según surge del visualizador GeoPortal de la IDMaldonado.

La calle Misiones conecta la Ruta Juan Díaz de Solís (Ruta 10); con la Ruta 37 y es vía principal de servicios e infraestructura urbana.

En el área de actuación del proyecto, se cuenta con todos los servicios urbanos disponibles: energía de UTE, AGUA POTABLE, SANEAMIENTO, GESTIÓN DE RESIDUOS y se planifica extender dichos servicios a la zona urbana proyectada.



En la actualidad, los padrones se encuentran alambrados con malla electrosoldada de forma de preservar la propiedad privada.

No se realiza actualmente ninguna actividad en el padrón rural.

7.2 Características del medio receptor

El medio receptor describe las condiciones abióticas, bióticas y antrópicas, limitado por el alcance potencial de los principales aspectos ambientales estratégicos (área de influencia directa).

Los Componentes del Medio Receptor son unidades discretas con posibilidades de ser impactadas por los aspectos ambientales estratégicos y se definen teniendo en cuenta:

Sus características físicas

El grado de interacción entre sus elementos bióticos

La percepción de su importancia desde el punto de vista antrópico

Cada componente del medio receptor comparte características comunes de impactos posibles y capacidades de recuperación, remediación y/o restauración.

A continuación, se describen cada uno de los componentes del medio receptor:

7.2.1 Medio Antrópico

El terreno forma parte de la denominada, Microrregión Piriápolis "La Comarca de los Cerros y el Mar", la cual se corresponde a una zona muy amplia del departamento, con gran diversidad territorial. Abarca la 5ª Sección Judicial (Piriápolis).

Se trata de un sistema territorial con zona urbana, suburbana, balnearia y rural relacionado por una estructura de ejes viales que la conectan con el resto del Departamento (contando como eje principal a la ruta interbalnearia). Los estructuradores corresponden a las Rutas 73, 37 y Camino de los Arrayanes, complementados por una amplia red de caminos vecinales conexos.

El padrón rural N° 32.395 se ubica en la 3ª Sección Catastral del Departamento de Maldonado, sobre calles Eduardo Mordello y Lázaro Gadea, a pocos metros de la Avenida Misiones, en Playa Grande, Piriápolis.

La zona balnearia está estructurada a lo largo de la costa, sobre el Río de la Plata. Se cuenta con todos los servicios básicos necesarios, para un buen desarrollo de calidad de vida (policía, salud, educación, locales comerciales, transporte público, recolección de residuos, entre otros).



Considerando el crecimiento sostenido de la población de Maldonado, y por ende de zonas urbanas, el proyecto está ubicado en lugar estratégico. Se enmarca como un barrio integrado dentro de la propia ciudad de Piriápolis.



Figura 6. LOCALIZACIÓN EN MAPA (FUENTE: GOGLE EARTH)

7.2.2 Medio Abiótico

Componente: suelo

COBERTURA DE SUELO

En cuanto a la cobertura del suelo, se clasifican en "Áreas terrestres cultivadas y manejadas (A11)", "Vegetación natural y Semi-natural (A12)" y "Superficies Artificiales y Áreas Asociadas (B15)" según metodología de clasificación "Land Cover Clasification System" (LCCS) (7 tipos) del 2011.



Figura 7. Mapa cobertura del suelo (Fuente: <https://sit.mvotma.gub.uy/>)

Los suelos de la zona se caracterizan por un índice de productividad de 95, perteneciente al grupo CONEAT 2.21, característicos por relieves en colinas, con interfluvios convexos y pendientes de entre 6 y 12%. Los suelos son Brunosoles Lúvicos (Praderas Pardas máximas), francos y Argisoles Subéutricos Melánicos Abrúpticos, francos a veces moderadamente profundos (Praderas Planosólicas). Los Brunosoles se dan en las laderas convexas o planas, en tanto que los Argisoles se relacionan a la zona alta más suave de los interfluvios.

Además en el lado sur del padrón, hay suelos caracterizados como 07.1 típicos de áreas litorales marítimas o continentales recubiertas con espesores variables de arenas, fijadas por vegetación psamófila. En las proximidades de la costa, la vegetación es psamófila mientras que en el interior, normalmente existe vegetación de pradera estival, de tapiz ordinario y algo abierto. En estas áreas están localizados la mayoría de los balnearios, existiendo plantaciones forestales mayormente de pino marítimo y algún uso pastoril muy limitado.

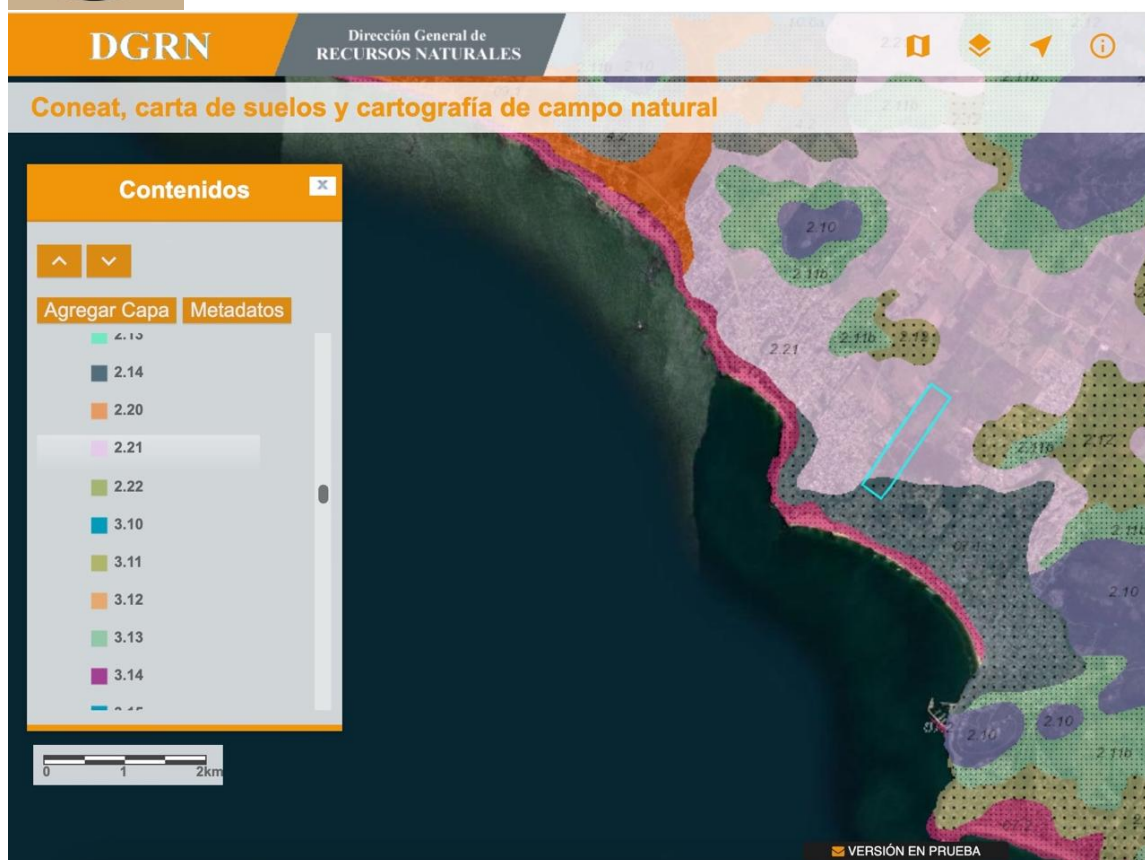


Figura 8. Índice de CONEAT (Fuente: <http://dgrn.mgap.gub.uy/js/visores/dgrn/#>)

UNIDADES DE SUELO

Se reconocen suelos de **baja productividad agrícola**, principalmente arenosos y franco-arcillosos, pertenecientes a las unidades José Pedro Varela (GH C) y Angostura (GH A/D)

Los primeros, en la zona alta y media, tienen infiltración moderada, mientras que los segundos, en la zona baja próxima al arroyo, presentan menor capacidad de infiltración y alto potencial de escorrentía. Estos suelos son sensibles a procesos de erosión cuando son sometidos a remoción de cobertura vegetal.

GEOMORFOLOGÍA

No se encuentran diferencias grandes en relieves en el padrón en estudio. La altura promedio se encuentra entre 0 y 20 m sobre el nivel del mar.



Figura 9. Mapa topográfico del terreno (Fuente: <https://es-uy.topographic-map.com/map-v5b1h/Maldonado/>)

Componente: atmósfera (clima)

La temperatura media anual para la zona costera del Departamento de Maldonado se encuentra entre 16 y 16.5 °C. El rango de humedad relativa anual es entre 79% y 81% mientras que las precipitaciones anuales oscilan entre 1000 y 1100 mm. La presión atmosférica muestra valores promedios de 1016.5 hPa y los vientos predominantes son desde el NE al E, con intensidades anuales entre 5 y 6 m/s.

Componente: agua

HIDROLOGÍA – AGUAS SUPERFICIALES

El Polígono de estudio se encuentra en la "Cuenca del Río de la plata" (Nivel 1), cuenca nivel 2 denominada "Río de la Plata entre Arroyo Solís y Punta del Este y nivel 3 "Río de la Plata entre Arroyo de las Tarariras y Arroyo de la Barra Falsa".

El terreno de 34 Hás "JARDINES DE PORTALES" en su mínima distancia, se encuentra a 650m de la costa del Río de la Plata.



Figura 10. Cuencas Hidrográficas Nivel 3 (Fuente: <https://sit.mvotma.gub.uy/js/sit/>)

En materia de Hidrología se destaca la presencia del **Arroyo Zanja Honda**.

El **Arroyo Zanja Honda** constituye el principal curso de agua en el área de influencia del proyecto. Nace en las sierras del entorno de Piriápolis y recorre aproximadamente **7,4 km** en dirección norte-sur, hasta desembocar en el **Río de la Plata**, próximo al extremo este de la Rambla de los Argentinos.

La cuenca total del arroyo abarca unas **1.250 hectáreas**, con un desnivel de 56 m y pendiente media de 0,75 %. Su régimen es pluvial, con variaciones estacionales ligadas a la intensidad de las precipitaciones. Presenta planicies de inundación y humedales asociados, que cumplen un papel esencial en la **laminación de caudales, recarga de acuíferos y hábitat de biodiversidad**.

En el sector que atraviesa el padrón objeto del PAI Jardines de Portales, el arroyo conserva **bosques ribereños con especies nativas** (arueras, guayabo colorado, ceibo, arrayán, sombra de toro) y sectores alterados por presencia de exóticas. Estos ambientes generan corredores biológicos de alto valor ecológico y paisajístico

En el informe técnico presentado en el Anexo A, elaborado por Linacqua Ingeniería, se presenta el estudio hidrológico e hidráulico del arroyo Zanja Honda. El análisis incluye la modelación hidrodinámica del curso de agua, el relevamiento de datos topográficos de campo y el desarrollo estadístico necesario para determinar curvas de inundación asociadas a eventos extremos, particularmente el de 100 años de período de retorno. Este estudio aporta información clave para comprender el comportamiento del arroyo y evaluar la vulnerabilidad hídrica de su entorno inmediato.



Cabe destacar que estos estudios fueron realizados previo al cambio del padrón rural, pero corresponden a la misma área de intervención: originalmente padrón 16788, actualmente padrón 32395.

Los estudios hidrológicos e hidráulicos determinaron que bajo un evento de **período de retorno de 100 años (TR=100)** se producen áreas de inundación que afectan especialmente las planicies bajas, confirmando la necesidad de mantener y reforzar las zonas libres de ocupación como **espacios de laminación natural** (Ver referencia al Informe Técnico: *Modelacion_Ao_ZanjaHonda_TR100, LINACQUA*).

En términos ambientales, el Zanja Honda constituye un eje articulador de la hidrografía, el paisaje y los servicios ecosistémicos de Piriápolis, cuya preservación es fundamental para garantizar la sostenibilidad de los desarrollos urbanísticos en su cuenca.



Figura 11. Fotografías del arroyo Zanja Honda en las nacientes al norte y recorrido en el sur (padrones linderos al proyecto)

HIDROGEOLOGÍA

En la zona se encuentran acuíferos prácticamente improductivos (productividad menor a $0,5\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$), en rocas ígneas, metamórficas, y sedimentarias pelíticas, según la Carta Hidrogeológica del Uruguay



a escala 1:1.000.000 del año 2003. La capacidad de estos acuíferos va a estar sujeta al grado de fracturación de la roca, al espesor del nivel fracturado y a la presencia o no de materiales arcillosos impermeables, que puedan afectar la circulación de agua por las mismas.

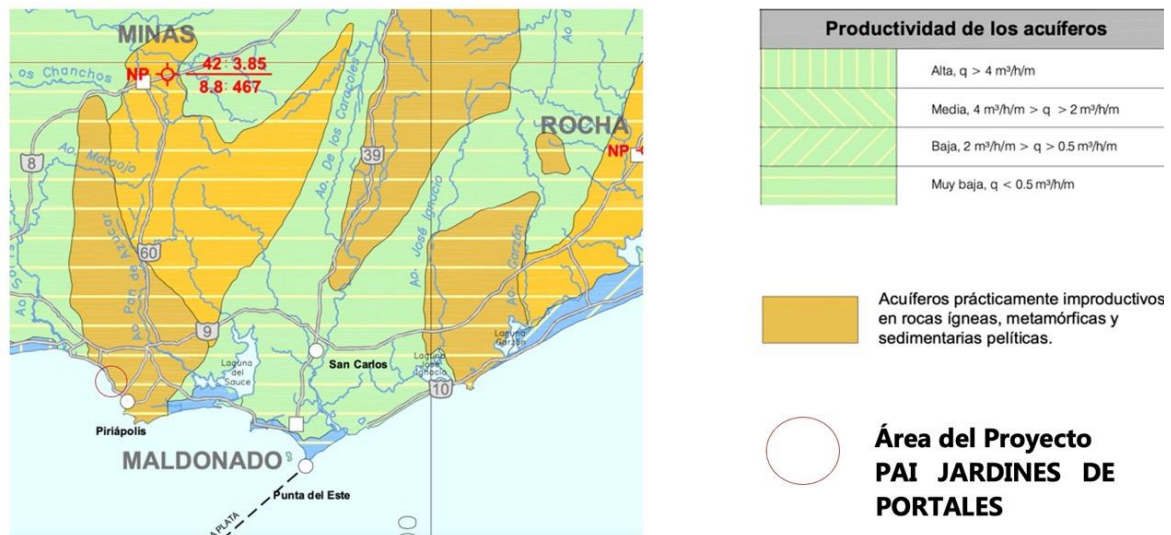


Figura 12. Hidrogeología en el área del polígono de estudio en el contexto del Mapa Hidrogeológico del Uruguay Escala 1/1.000.000.

7.2.3 Medio Biótico

A continuación, se presentan de forma resumida las unidades ambientales identificadas y su flora y fauna predominante y en Anexo B se presenta el **Informe de identificación de ambientes y descripción del medio biótico**.

Unidad Ambiental	Descripción general	Flora predominante	Fauna observada o potencial
Aguada	Zona con presencia permanente o estacional de agua, suelos anegados y vegetación hidrófila	Typha domingensis; Eryngium horridum; Caraguatá (Baccharis spp.)	Aves acuáticas (Egretta thula, etc.); anfibios; pequeños reptiles
Islas de bosque mixto sobre herbazal	Parches arbustivo-arbóreos aislados en matriz de herbazal natural	Acanthostyles buniifolius; Baccharis dracunculifolia; Eucalyptus globulus; Eugenia uniflora	Colaptes campestris; Parula pitiayumi; aves de sotobosque
Ao. Zanja Honda y bosque ribereño asociado	Cauce permanente con ribera de vegetación densa nativa y exótica	Lithraea brasiliensis; Myrcianthes cisplatensis; Schinus engleri; Ligustrum lucidum	Carpincho (Hydrochoerus hydrochaeris); Guazubirá (Mazama gouazoubira); aves migratorias



Planicie de inundación y vegetación asociada	Sector bajo del terreno con inundación intermitente y especies tolerantes a anegamiento	Senecio brasiliensis; Iris pseudacorus; Cortaderia selloana; Juncus spp.	Anfibios; aves limícolas; insectos acuáticos
Bosque de Eucalyptus sobre suelo arenoso	Formación arbórea homogénea sobre sustrato arenoso, escasa matriz herbácea	Eucalyptus globulus; Pinus pinaster; gramíneas nativas (Panicum, Cynodon)	Aves generalistas; pequeños mamíferos
Humedal alterado	Humedal modificado por drenajes y alteraciones previas, con vegetación relictas	Typha spp.; Juncus microcephalus; Baccharis spicata	Avifauna ligadas a humedales estacionales
Bosque mixto	Vegetación secundaria sobre antiguos eucaliptales, con especies colonizadoras	Acacia longifolia; Dodonaea viscosa; Lithraea brasiliensis; Baccharis spp.	Roedores; aves de sotobosque; insectos
Forestación de Eucalyptus	Sectores de plantación de Eucalyptus globulus, suelo degradado y baja biodiversidad	Eucalyptus globulus; Acacia longifolia; relictos de Lithraea brasiliensis	Aves y mamíferos de baja densidad

7.2.4 Antecedentes arqueológicos

En el marco de la prospección arqueológica realizada en el predio se identificaron **cuatro artefactos líticos en superficie**, elaborados en materias primas locales (riolita y cuarzo). Estos vestigios, por su carácter aislado y hallazgo en zona perturbada, **no constituyen un sitio arqueológico formal**.

No obstante, considerando la cercanía con áreas de valor patrimonial como el **Cerro de los Burros** y otros sitios de interés regional, se recomienda la presencia de un **arqueólogo de guardia durante los movimientos de tierra**. Esta medida preventiva permitirá actuar de forma inmediata ante eventuales hallazgos, garantizando la correcta documentación y preservación del patrimonio cultural.

(Referencia tomada del Informe arqueológico Jardines de Portales, Mag. Christopher Duarte, Mayo 2024).

En el informe arqueológico, elaborado en el marco de la normativa vigente (Ley 14.040, Decreto 536/972 y Ley 16.466, Decreto 435/94), y conforme al protocolo de la Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación (CPCN), se presentan los antecedentes históricos y arqueológicos relevantes del área de estudio, así como la actividad de prospección desarrollada sobre el tramo afectado por la futura red vial. El estudio incluye una evaluación del impacto arqueológico potencial, el relevamiento de campo y la identificación de posibles afecciones a vestigios patrimoniales. Cabe destacar que estos estudios fueron realizados sobre el padrón 16788, que ahora se conforma con los padrones 32395, al 32398.

ANEXO A

Informe Técnico Hidrológico e Hidráulico del Arroyo Zanja Honda (TR=100)

INFORME TÉCNICO

MODELACIÓN HIDRODINÁMICA

ARROYO ZANJA HONDA

PADRÓN 32.395

Piriápolis, Maldonado,
URUGUAY

FECHA: 02 DE OCTUBRE DE 2025

REVISION: 01

EQUIPO TÉCNICO:



ANA LAURA PEREYRA
ING. CIVIL HIDRAULICO-AMBIENTAL
RESPONSABLE TECNICO

MICAELA MIRANDA
ING. CIVIL HIDRAULICO-AMBIENTAL



LINACQUA
INGENIERIA

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	ARMADO DEL MODELO	3
2.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MODELACIÓN HEC-RAS.....	3
2.2	DELIMITACIÓN DE CUENCAS.....	3
2.2.1	<i>Cuenca general</i>	<i>3</i>
2.2.2	<i>Subcuencas</i>	<i>4</i>
2.3	DEFINICIÓN DE CAUDALES DE APOORTE.....	14
2.3.1	<i>Método racional.....</i>	<i>14</i>
2.3.2	<i>Método del NRCS</i>	<i>14</i>
2.3.3	<i>Hidrogramas de diseño.....</i>	<i>16</i>
2.4	ESQUEMA GEOMÉTRICO DEL MODELO.....	23
2.4.1	<i>Secciones transversales.....</i>	<i>23</i>
2.4.2	<i>Puentes</i>	<i>24</i>
2.5	COEFICIENTES DE RUGOSIDAD.....	28
3	MODELACIÓN	30
3.1	CARACTERÍSTICAS DE LA MODELACIÓN.....	30
3.1.1	<i>Esquematización del modelo</i>	<i>30</i>
3.1.2	<i>Definición de la condición de borde aguas abajo.....</i>	<i>31</i>
3.2	VALIDACIÓN DEL MODELO	32
3.3	RESULTADOS OBTENIDOS.....	33
3.4	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	38
3.4.1	<i>Niveles-Caudal</i>	<i>38</i>
3.4.2	<i>Influencia del Río de la Plata en los niveles del arroyo</i>	<i>41</i>
3.4.3	<i>Remansos producidos por puentes.....</i>	<i>42</i>
3.5	CURVA DE INUNDACIÓN PARA TR100	44
4	CONCLUSIONES.....	47

Índice de Tablas

TABLA 1 - DATOS DE LA CUENCA GENERAL.....	3
TABLA 2 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS SUBCUENCAS	5
TABLA 3 - TIEMPO DE CONCENTRACIÓN POR SUBCUENCA.....	6
TABLA 4 - COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (EXTRAÍDO DE TABLA 15.1.1, CHOW 1994).....	9
TABLA 5 - ESTIMACIÓN DE COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA EN MANZANA REPRESENTATIVA DE LA ZONA URBANIZADA.....	10
TABLA 6 - COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA DETERMINADOS POR SUBCUENCA	11
TABLA 7 - NÚMERO DE CURVA EN FUNCIÓN DE COBERTURA DEL SUELO Y GH	12
TABLA 8 - NC DETERMINADO POR SUBCUENCA.....	12
TABLA 9 - CAUDALES PICO PARA CUENCA SC00	16
TABLA 10 - CAUDALES PICO PARA CUENCA SC01.....	17
TABLA 11 - CAUDALES PICO PARA CUENCA SC02.....	18
TABLA 12 - CAUDALES PICO PARA CUENCA SC03.....	18
TABLA 13 - CAUDALES PICO PARA CUENCA SC04.....	19
TABLA 14 - CAUDALES PICO PARA CUENCA SC05.....	20
TABLA 15 - CAUDALES PICO PARA CUENCA SC06.....	20
TABLA 16 - CAUDALES PICO PARA CUENCA SC07.....	21
TABLA 17 - CAUDALES PICO PARA CUENCA SC08.....	22
TABLA 18 - PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE TRAMOS DE CURSO MODELADO	23
TABLA 19 - COEFICIENTES DE RUGOSIDAD CONSIDERADOS	28
TABLA 20 - COEFICIENTES DE RUGOSIDAD - VEN TE CHOW.....	29
TABLA 21 - NIVELES EN RÍO DE LA PLATA - PIRIÁPOLIS	31
TABLA 22 - RESUMEN DE DATOS RELEVADOS EN VIVIENDAS	32
TABLA 23 - RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN REALIZADA	32
TABLA 24 - RESULTADOS PELO DE AGUA PARA TR100	33
TABLA 25 - SECCIONES ANALIZADAS CON NIVEL-CAUDAL	38
TABLA 26 - REMANSO MÁXIMO POR TRAMO PARA ESCENARIO CON Y SIN PUENTES	42

Índice de Figuras

FIGURA 1 - CAÑADA MODELADA Y PADRONES INVOLUCRADOS	1
FIGURA 2 - CUENCA DE APOORTE TOTAL	4
FIGURA 3 - SUBCUENCAS DE APOORTE.....	5
FIGURA 4 - UNIDADES DE SUELO PRESENTES EN LA CUENCA	7
FIGURA 5 - CATEGORIZACIÓN DEL SUELO (EN BLANCO LÍMITES DE SUBCUENCAS).....	8
FIGURA 6 - MANZANA REPRESENTATIVA SELECCIONADA	10
FIGURA 7 - MAPA DE ISOYETAS DE LLUVIAS EXTREMAS EN URUGUAY. P3,10	13
FIGURA 8 - HIDROGRAMAS DE CAUDAL PARA SC00	17
FIGURA 9 - HIDROGRAMAS DE CAUDAL PARA SC01.....	17
FIGURA 10 - HIDROGRAMAS DE CAUDAL PARA SC02.....	18
FIGURA 11 - HIDROGRAMAS DE CAUDAL PARA SC03.....	19
FIGURA 12 - HIDROGRAMAS DE CAUDAL PARA SC04.....	19
FIGURA 13 - HIDROGRAMAS DE CAUDAL PARA SC05.....	20
FIGURA 14 - HIDROGRAMAS DE CAUDAL PARA SC06.....	21
FIGURA 15 - HIDROGRAMAS DE CAUDAL PARA SC07.....	21
FIGURA 16 - HIDROGRAMAS DE CAUDAL PARA SC08.....	22
FIGURA 17 - UBICACIÓN DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES INGRESADAS AL MODELO	24
FIGURA 18 - PUENTE SOBRE CALLE 5 - SECCIÓN MODELADA	25
FIGURA 19 - FOTOGRAFÍA DE PUENTE SOBRE CALLE 5.....	25
FIGURA 20 -PUENTE SOBRE CALLE MISIONES - SECCIÓN MODELADA.....	26
FIGURA 21 - FOTOGRAFÍA DE PUENTE SOBRE CALLE MISIONES	26
FIGURA 22 - PUENTE SOBRE CALLE RAMBLA DE LOS ARGENTINOS - SECCIÓN MODELADA.....	27
FIGURA 23 - FOTOGRAFÍA DE PUENTE SOBRE RAMBLA DE LOS ARGENTINOS.....	27
FIGURA 24 - ESQUEMA DEL MODELO IMPLEMENTADO EN HEC-RAS - PLANTA	30
FIGURA 25 - ESQUEMA DEL MODELO IMPLEMENTADO EN HEC-RAS - PERFIL LONGITUDINAL	31
FIGURA 26 - PERFIL LONGITUDINAL DEL ARROYO ZANJA HONDA PARA TR=100 AÑOS	37
FIGURA 27 - NIVEL VS CAUDAL - SECCIÓN 3000 - INICIO MODELACIÓN	38
FIGURA 28 - NIVEL VS CAUDAL - SECCIÓN 2841.55* - INICIO PADRÓN 32.395 SECTOR NORTE	39
FIGURA 29 - NIVEL VS CAUDAL - SECCIÓN 2478.71* - FIN PADRÓN 32.395 SECTOR NORTE.....	39
FIGURA 30 - NIVEL VS CAUDAL - SECCIÓN 1420 - INICIO PADRÓN 32.395 SECTOR SUR	40
FIGURA 31 - NIVEL VS CAUDAL - SECCIÓN 705.13* - FIN PADRÓN 32.395 SECTOR SUR.....	40
FIGURA 32 - ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD NIVELES DEL RÍO DE LA PLATA PARA TR100	41
FIGURA 33 - PERFIL LONGITUDINAL CON NIVELES MÁXIMOS PARA ESCENARIO CON PUENTES (AZUL) Y SIN PUENTES (ROJO) - TR2	42
FIGURA 34 - PERFIL LONGITUDINAL CON NIVELES MÁXIMOS PARA ESCENARIO CON PUENTES (AZUL) Y SIN PUENTES (ROJO) - TR100	43
FIGURA 35 - MANCHA DE INUNDACIÓN PARA TR100	44



FIGURA 36 - ÁREA DE AFECTACIÓN TR100 SOBRE PADRÓN 32.395 Y PADRONES 32.396-32.397 - SECTOR SUR
45

FIGURA 37 - ÁREA DE AFECTACIÓN TR100 SOBRE PADRÓN 32.395 Y PADRÓN 32.398 - SECTOR NORTE46



1 INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge el análisis efectuado sobre la Cañada Zanja Honda, en la localidad de Piriápolis con el objetivo de determinar la curva de inundación asociada un evento de 100 años de período de retorno, en particular se estudian los niveles de afectación sobre el ex padrón rural 16788 (hoy padrones rurales 32.395 al 32.398), ubicados en la localidad de Piriápolis, Maldonado.

La siguiente figura muestra la ubicación de dichos padrones, en relación al curso de agua modelado, así como el Río de la Plata como condición de borde.

Figura 1 - Cañada modelada y padrones involucrados



Este arroyo se ubica entre la zona denominada Playa Grande y el Barrio Los Ángeles de la localidad de Piriápolis, con un recorrido con dirección principal norte-sur, desembocando en el Río de la Plata, cercano al extremo este de la Rambla de Los Argentinos. Tiene una extensión total de 7.44 km y una cuenca de aportes de 1250 ha. En su recorrido atraviesa la zona urbanizada de Piriápolis únicamente en su tramo final de unos 2.00km.

Para realizar el diagnóstico general del comportamiento actual del arroyo se realizó el estudio hidrológico del curso y sus cuencas de aporte, y la modelación hidrodinámica del tramo de arroyo que atraviesa la zona urbanizada utilizando el programa Hydrologic Engineering Centers River Analysis System (en adelante HEC-RAS) desarrollado por el US Army Corps of Engineers, y distribuido en forma libre.

Los estudios hidrológicos se realizaron tomando en cuenta el drenaje pluvial existente de las cuencas de aporte y asumiendo que toda la superficie de las cuencas que se encuentra bajo suelo con atributo de Potencialmente Transformable, es urbanizada. Este análisis permite obtener los hidrogramas de ingreso de caudal al modelo hidrodinámico, calculados para distintos eventos extremos, en un Escenario de Máxima Impermeabilización. En particular, se analizó el evento de 100 años de período de retorno para la determinación de su curva de inundación.

El modelo hidrodinámico del arroyo permitió realizar la simulación hidráulica para diferentes tormentas de diseño y elaborar así el diagnóstico general del comportamiento del curso de agua. Para el evento de 100 años de período de retorno se realizó además la generación del mapa de inundación, de modo de poder determinar el grado de vulnerabilidad de la zona ribereña.

Tanto para el estudio hidrológico como para la generación del modelo hidrodinámico y el análisis de inundación se utilizó la cartografía base pública disponible y relevamiento topográfico complementario con perfiles transversales de la zona a modelar y un relevamiento de detalle en la zona de los padrones.

En los siguientes capítulos se presentan los trabajos realizados y los resultados obtenidos. En lo referente al estudio hidrológico, el informe incluye el plano de ubicación de las cuencas de aporte al arroyo, así como todos los elementos utilizados para los cálculos de los hidrogramas, de modo que puedan ser reproducidos independientemente. En la parte de modelación hidrodinámica, se incluye toda la información sobre la discretización del modelo, y los resultados obtenidos, llegando a un diagnóstico del comportamiento hidráulico actual del arroyo.

Por último, el informe incluye la curva de inundación obtenida ante un evento de 100 años de período de retorno.

Estructuralmente el informe se desarrolla en cuatro capítulos además del presente capítulo introductorio.

En el capítulo 2 se presenta el desarrollo del modelo hidrodinámico, incluyendo el estudio hidrológico para la definición de los hidrogramas de entrada al modelo. En el capítulo 3 se presentan los resultados de la modelación hidrodinámica. Finalmente el capítulo 5 incluye las conclusiones del estudio hidrológico e hidráulico del arroyo Zanja Honda.



2 ARMADO DEL MODELO

2.1 Descripción del sistema de modelación HEC-RAS

El HEC-RAS es un sistema de modelación hidrodinámica diseñado para simular el flujo unidimensional en redes de canales naturales y artificiales a superficie libre. El modelo es desarrollado por el *Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers* y ha sido extensamente testado.

El sistema contiene cuatro componentes principales para el análisis hidráulico de las conducciones:

- ⇒ Cálculo del perfil de la superficie libre para flujo estacionario.
- ⇒ Simulación de flujo no estacionario.
- ⇒ Cálculo de transporte de sedimentos con lecho móvil.
- ⇒ Análisis de calidad de agua.

El elemento clave del sistema de modelación es que los cuatro componentes utilizan el mismo modelo físico y las mismas rutinas para el cálculo hidráulico y geométrico. Además, el sistema contiene varias utilidades para diseño de estructuras hidráulicas, que pueden ser invocadas una vez que los perfiles básicos de la superficie libre hayan sido calculados.

2.2 Delimitación de cuencas

2.2.1 Cuenca general

La cuenca total del Arroyo Zanja Honda con su cierre en la desembocadura del Río de la Plata cuenta con una superficie de 1250 ha, un largo total de curso de 7.44 km y un desnivel de 56m.

En la Tabla 1 se presentan las principales características de la cuenca general y en la Figura 2 se muestra la misma sobre la imagen satelital.

Tabla 1 - Datos de la cuenca general

Datos de la cuenca general		
Area de la cuenca (Hás.)	A =	1250
Longitud del cauce principal (Km.)	L =	7.44
Diferencia de nivel (m)	Δh =	56
Pendiente media (%)	S =	0.75
Tiempo de concentración (hs.)	T _c =	2.09



Figura 2 - Cuenca de aporte total



2.2.2 Subcuencas

El modelo bajo estudio comprende el tramo final del Arroyo Zanja Honda desde unos 3000m aguas arriba de su desembocadura hasta el Río de la Plata.

La cuenca de aporte del arroyo Zanja Honda fue discretizada en 9 subcuencas, habiéndose definido en función de estas los puntos de ingreso de caudales para el estudio hidráulico del arroyo.

En todos los casos, la delimitación de las cuencas se realizó siguiendo la topografía del área, tomando en consideración las curvas de nivel cada 1,0 m del IDE (infraestructura de datos espaciales).

La Figura 3 se muestra el trazado y ubicación de las subcuencas, cuyas características físicas se presentan en la Tabla 2.

Figura 3 - Subcuencas de aporte

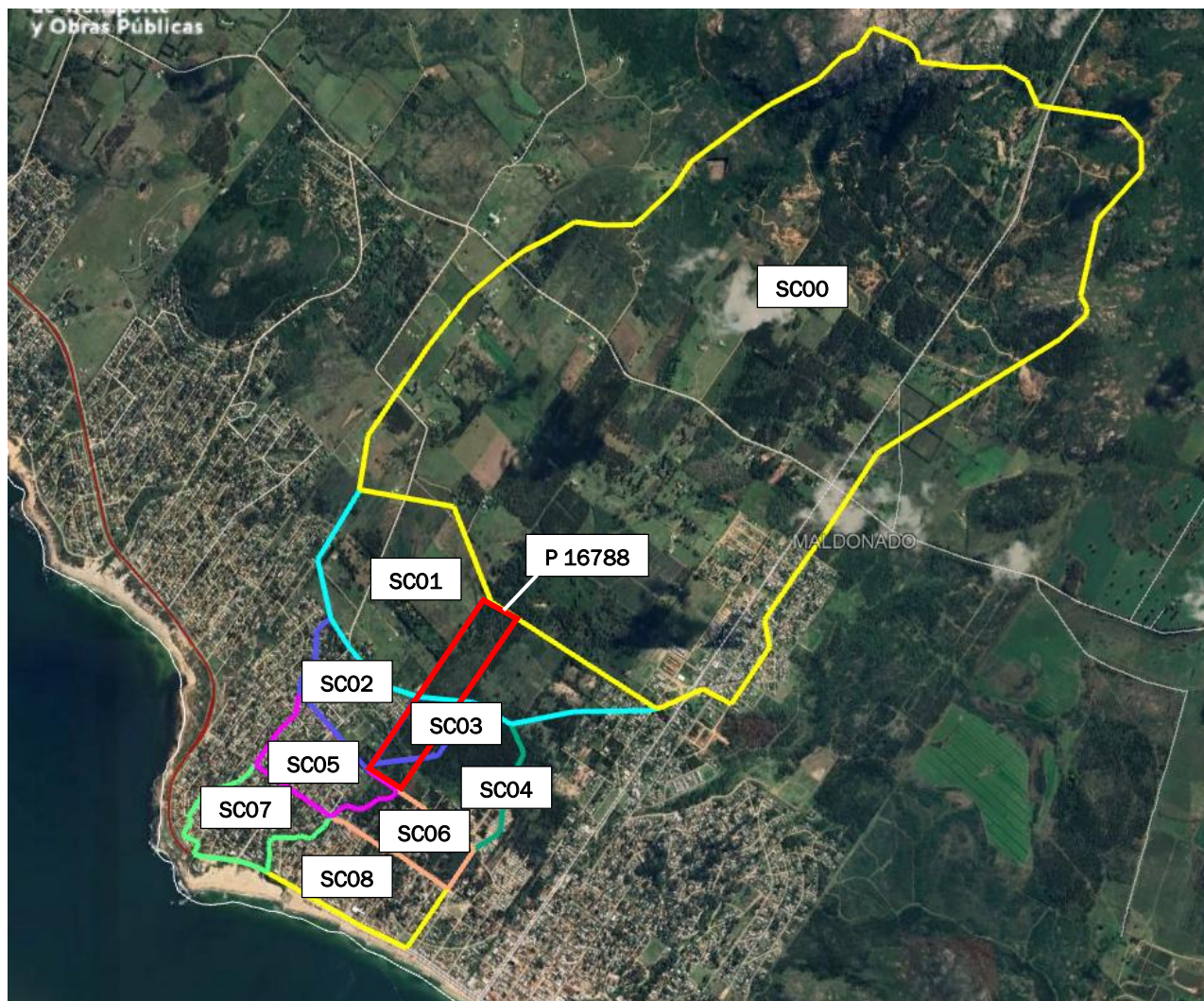


Tabla 2 - Características físicas de las subcuencas

SC	Área (ha)	Lcp (km)	DH (m)	p (%)
00	922	4.62	47	1.02
01	130	0.97	5	0.52
02	28	0.65	15	2.31
03	13	0.52	20	3.85
04	37	0.73	23	3.15
05	27	0.72	8	1.11
06	20	0.80	6	0.75
07	29	0.45	7	1.56
08	45	1.06	4	0.33

2.2.2.1 Tiempo de concentración

Para cada subcuenca de aportes, se determina la línea de flujo principal, y en base a la misma se determina el tiempo de concentración de la cuenca, es decir la duración mínima de lluvia que maximiza el área de aporte en el punto de cierre considerado.

El tiempo de concentración se determinó mediante el Método de Kirpich para todas las subcuencas, excepto las subcuencas 02, 03, 04 y 07 cuyo tiempo de concentración fue estimado mediante el método de la velocidad del SCS.

Tabla 3 - Tiempo de concentración por subcuenca

SC	Tc (hs)
00	1.29
01	0.50
02	0.26
03	0.23
04	0.29
05	0.30
06	0.38
07	0.21
08	0.64

En particular, para la SC00, se ajusta el tiempo de concentración mayorándolo un 30% dado que se asume que la implantación de desarrollos urbanos en su superficie potencialmente transformable (unas 480ha), implicarán la presencia de nuevas infraestructuras que podrán aumentar el tiempo de llegada del caudal pico. Es decir, para el cálculo hidrológico el tiempo de concentración utilizado en la SC00 es de 1.75 hs.

2.2.2.2 Unidades del suelo

Las unidades de suelo presentes en la cuenca quedan definidas a partir de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay, escala 1:1.000.000 (año 1976), disponible en el SIG de RENARE.

Cada unidad cartográfica de suelo tiene asociado un grupo hidrológico (GH), parámetro que permite clasificar el tipo de suelo y resulta de interés a la hora de determinar el potencial de escurrimiento del suelo.

La cuenca bajo estudio queda comprendida por la Unidad de Suelo José Pedro Varela en su zona alta y media cuyo Grupo Hidrológico es definido como C y por la Unidad Angostura en su zona baja urbanizada cuyo Grupo Hidrológico es A/D, según se presenta en la Figura 4.

Figura 4 - Unidades de suelo presentes en la cuenca



La clasificación en GH del SCS agrupa los suelos en cuatro clases denominadas A, B, C y D. Las definiciones de las clases A, C y D, correspondientes al suelo de la cuenca en estudio, conforme a Mockus (1972) y C. Steven Holzhey (com. per.) son las siguientes:

Grupo A. (Bajo potencial de escurrimiento). Suelos con velocidad de infiltración relativamente alta cuando están completamente mojados y que consisten principalmente de arenas o gravas profundas, bien a excesivamente drenadas. Estos suelos poseen una alta velocidad de transmisión del agua.

Grupo B. Suelos con velocidad de infiltración moderada cuando están completamente mojados. Estos suelos son principalmente profundos a moderadamente profundos, de drenaje moderadamente bueno a bueno y de texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas. Estos suelos poseen una velocidad de transmisión del agua moderada.

Grupo D. (Alto potencial de escurrimiento). Suelos con velocidad de infiltración muy lenta cuando están completamente mojados. Son generalmente arcillas con alto potencial de expansión, suelos con una napa freática alta permanente, suelos con una capa de arcilla en o cerca de la superficie o suelos superficiales sobre material casi impermeable. Estos suelos poseen una velocidad de transmisión del agua muy lenta.

Los GH duales, se asignan a suelos muy húmedos que pueden drenarse adecuadamente. La primera letra se aplica a la situación drenada y la segunda a la anterior al drenaje (régimen hídrico natural del suelo).

En función de lo antes expuesto, se asume como hipótesis para la modelación que el suelo de la SC00 presenta un GH C, mientras que para las restantes subcuencas ha determinado un GH D.

2.2.2.3 Cobertura y pendiente media

Para la determinación de la cobertura del suelo, se ha tomado en consideración la categorización del suelo del Plan de Ordenamiento Territorial de la zona según se describe a continuación:

- Suelo Rural – Se discretiza en zonas verdes con **cobertura de pasturas** y zonas verdes con **cobertura de bosques o cerros**
- Suelo Rural Potencialmente Transformable – Se considera que la totalidad de esta zona se encuentra urbanizada con una impermeabilización de tipo residencial
- Suelo Urbano y Suburbano - Se considera que la totalidad de esta zona se encuentra urbanizada con una impermeabilización de tipo residencial

Figura 5 – Categorización del suelo (en blanco límites de subcuencas)



Asimismo, en función de las curvas de nivel disponibles en la zona se estima una **pendiente media de entre 2 y 7%.**

2.2.2.4 Coeficiente de escorrentía C y NC

La estimación del coeficiente de escorrentía y del NC constituye la mayor dificultad e incertidumbre en la aplicación de los métodos de transformación precipitación-caudal, dado que este coeficiente debe tener en cuenta todos los factores que afectan el caudal máximo respecto a la intensidad promedio y tiempo de respuesta de la cuenca.

El coeficiente de escorrentía fue determinado para cada subcuenca ponderando las áreas permeables e impermeables según la cobertura de suelo definida en el apartado anterior.

Los coeficientes de escorrentía utilizados en la ponderación son los indicados en la Tabla 4. En particular, para la zona urbanizada se ha definido una manzana representativa (Figura 6) para la cual se ha estimado el coeficiente de escorrentía también ponderando superficies (Tabla 5).

Los valores obtenidos para las subcuencas en estudio se presentan en la Tabla 6.

Tabla 4 - Coeficiente de escorrentía (extraído de Tabla 15.1.1, Chow 1994)

Características de la superficie		PERÍODO DE RETORNO (años)						
		2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas								
Asfáltico		0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo		0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)								
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50 % del área)								
Plano, 0-2 %		0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7 %		0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente superior a 7 %		0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)								
Plano, 0-2 %		0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7 %		0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7 %		0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)								
Plano, 0-2 %		0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7 %		0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente superior a 7 %		0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas								
Áreas de cultivos								
Plano, 0-2 %		0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7 %		0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente superior a 7 %		0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales								
Plano, 0-2 %		0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7 %		0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7 %		0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques								
Plano, 0-2 %		0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7 %		0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente superior a 7 %		0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58



Tabla 5 - Estimación de coeficiente de escorrentía en manzana representativa de la zona urbanizada

A manzana representativa	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	há
A Calle bitumen	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	há
A Calle tosca	-	-	-	-	-	há
A Vereda	-	-	-	-	-	há
A Solares	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	há
FOT calculado	37%	37%	37%	37%	37%	%
Á impermeable techo	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	há
Á calle bitumen	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	há
Á calle tosca	-	-	-	-	-	há
Á verde	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	há
	TR2	TR5	TR10	TR25	TR100	
C balasto	0.71	0.75	0.79	0.84	0.93	adim
C calle (bitumen, asf)	0.73	0.77	0.81	0.86	0.95	adim
C Techo	0.75	0.80	0.83	0.86	0.97	adim
C natural	0.29	0.32	0.35	0.39	0.46	adim
C ponderado	0.49	0.53	0.56	0.60	0.69	adim

Figura 6 - Manzana representativa seleccionada



Tabla 6 - Coeficientes de escorrentía determinados por subcuenca

SC	Tr 2	Tr 5	Tr 10	Tr25	Tr 100
00	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
01	0.49	0.53	0.56	0.60	0.69
02	0.49	0.53	0.56	0.60	0.69
03	0.49	0.53	0.56	0.60	0.69
04	0.49	0.53	0.56	0.60	0.69
05	0.49	0.53	0.56	0.60	0.69
06	0.49	0.53	0.56	0.60	0.69
07	0.49	0.53	0.56	0.60	0.69
08	0.49	0.53	0.56	0.60	0.69

Se observa que para las subcuencas 01 a 08 el coeficiente de escorrentía es idéntico puesto que en todas ellas se considera que la totalidad de la superficie se encuentra urbanizada. Por su parte, para la subcuenca 00, de las 922 ha que totaliza su superficie, 312 ha corresponden a suelo rural con cobertura de pradera o pastizal, 63 ha son de suelo rural con cubierta de cerros y bosques y 547ha han sido consideradas como suelo urbanizado. De estas últimas, 64ha corresponden a suelo urbano y 483 ha a suelo con atributo de potencialmente transformable a urbano.

Por su parte, el Número de Curva (NC) fue determinado también como una ponderación de las diferentes coberturas del suelo presentes y tomando las hipótesis indicadas en el apartado Cobertura del Suelo. En particular, se ha considerado un NC de 79 para las zonas de pradera y pastizal, un NC de 77 para la zona de bosques o cerros y un NC de 92 para la zona residencial. Todos estos valores extraídos de la Tabla 7.

En la Tabla 8, se presentan los NC ponderados determinados para cada una de las subcuencas.

Tabla 7 - Número de curva en función de cobertura del suelo y GH

NUMERO DE CURVA PARA LAS DIFERENTES COMBINACIONES HIDROLOGICAS DE SUELO - VEGETACION (para la cuenca en condiciones II, y $P_o = 0.2 S$)						
Uso de suelo hidrológico y cubierta	Tratamiento o método	Condición Hidrológica	Grupo hidrológico del suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	SR		77	86	91	94
Cultivos en hileras (maíz, sorgo, soya, tomates, remolacha azucarera)	SR	Mala	72	81	88	91
	SR	Buena	67	78	85	89
	C	Mala	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	CyT	Mala	66	74	80	82
	CyT	Buena	62	71	78	81
Granos pequeños (trigo, avena, lino, cebada)	SR	Mala	65	76	84	88
	SR	Buena	63	75	83	87
	C	Mala	63	74	82	85
	C	Buena	61	73	81	84
	CyT	Mala	61	72	79	82
	CyT	Buena	59	70	78	81
Legumbres tupidas ¹ o rotación de praderas (Alfalfa)	SR	Mala	66	77	85	89
	SR	Buena	58	72	81	85
	C	Mala	64	75	83	85
	C	Buena	55	69	78	83
	CyT	Mala	63	73	80	83
	CyT	Buena	51	67	76	80
Pradera o pastizal (césped, parques ² , campos de golf ³)		Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
	C	Mala	47	67	81	88
	C	Regular	25	59	75	83
	C	Buena	6	35	70	79
Hierba con baja densidad y arbustos.			30	58	74	78
Bosques cubierta pobre ⁴		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
cubierta buena ⁵			59	74	82	86
Cascos de los ranchos			98	98	98	98
Parqueadores pavimentados, techos.						
Calles y carreteras:						
Pavimentadas con cunetas y alcant.			98	98	98	98
Grava			76	95	89	91
Tierra			72	82	87	89
Áreas comerciales (85% impermeable)			89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeable)			81	88	91	93
Residencial:						
< 0.05 Ha 65% impermeable			77	85	90	92
0.1 Ha 38% impermeable			61	75	83	87
0.13 Ha 30% impermeable			57	72	81	86
0.2 Ha 25% impermeable			54	70	80	85
0.4 Ha 20% impermeable			51	68	79	84

Tabla 8 - NC determinado por subcuenca

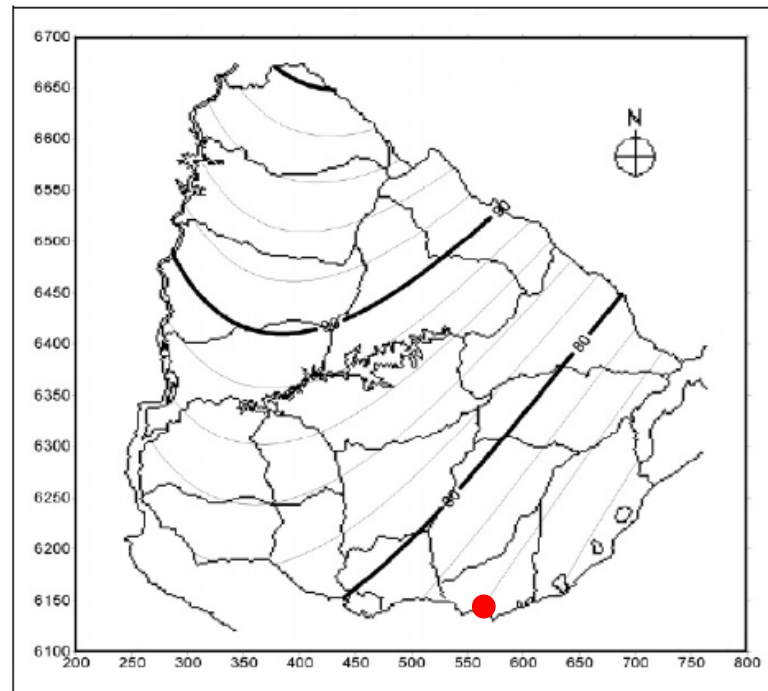
SC	NC
00	86.6
01	92.0
02	92.0
03	92.0
04	92.0
05	92.0
06	92.0
07	92.0
08	92.0



2.2.2.5 *Período de retorno e intensidad de lluvia*

La intensidad de lluvia se determinó como **76 mm** para una lluvia de **3 horas de duración** y **10 años de período de retorno**, según el mapa de isoyetas de lluvias extremas en Uruguay.

Figura 7 - Mapa de isoyetas de lluvias extremas en Uruguay. P3,10



Fuente: Genta et al, 1998. Congreso Nacional de Vialidad. Montevideo.

Por su parte, dado que el estudio se realizará para un evento de 100 años de período de retorno, se ha determinado la intensidad de lluvia para esta recurrencia, así como para eventos de 2, 5, 10 y 25 años, ajustando la P3,10 con los coeficientes de corrección correspondientes.

2.3 Definición de caudales de aporte

En función de las características antes presentadas de cada una de las subcuencas, se determinan los hidrogramas de caudal de las mismas siguiendo la siguiente metodología:

- Cuencas cuyo tiempo de concentración es menor a 20 minutos y superficie menor a 400 ha se utiliza el Método Racional
- Cuencas cuyo tiempo de concentración es mayor a 20 minutos y superficie mayor a 400 ha se utiliza el Método del SCS
- Para cuencas con tiempo de concentración mayor a 20 min y superficie menor a 400 ha se estiman los caudales de diseño mediante el método racional y mediante el método del SCS y se toma el mayor de ambos.

A continuación, se hace una breve descripción de ambas metodologías y posteriormente se presentan los resultados obtenidos para cada una de las cuencas.

2.3.1 Método racional

El método racional es una metodología de cálculo basada en que la intensidad de la lluvia (i) es constante y que ésta continúa en forma indefinida. Se considera que la escorrentía comienza a generarse en forma instantánea, incrementándose hasta llegar a un valor máximo en un tiempo crítico, igual al tiempo de concentración (t_c), instante a partir del cual toda la cuenca contribuye simultáneamente al caudal en la salida.

La ecuación utilizada para el cálculo del caudal es la siguiente:

$$Q_{\max} = C * i * A / 360$$

Dónde:

- Q_{\max} = caudal máximo (m³/s)
- C = coeficiente de escorrentía
- i = intensidad uniforme en toda la cuenca para una duración igual al tiempo de concentración (mm/h)
- A = área de la cuenca (Ha)

2.3.2 Método del NRCS

El método, desarrollado por Servicio de Conservación de Recursos Naturales de los Estados Unidos (NRCS), permite simular el proceso de transformación precipitación-escorrentía sobre una cuenca y determinar de forma indirecta los caudales e hidrogramas de crecida de eventos extremos, a partir de la precipitación, las características del suelo, cobertura de la cuenca y condiciones antecedentes de humedad.

El modelo hidrológico puede considerarse compuesto por tres grandes módulos. En primer lugar, la construcción de la precipitación incidente o tormenta de diseño, en segundo lugar, la estimación de la precipitación efectiva y por último, la determinación del hidrograma de crecida. Cada uno de estos módulos, así como los parámetros necesarios para su determinación se detalla a continuación.

2.3.2.1 Tormenta de diseño

Para cuencas con tiempos de concentración superior a 20 min se supone razonable, como generadora de un caudal máximo, una tormenta variable en el tiempo. La construcción de esta tormenta de diseño se realiza mediante el Método del Bloque Alterno (Chow et al., 1994), el cual permite calcular la profundidad de precipitación que ocurre en n intervalos de tiempo sucesivos de duración d .



Para la estimación de las precipitaciones e intensidades en cada intervalo de tiempo, se utilizan las curvas

En este caso, se considera una tormenta de duración cercana a 2 veces el tiempo de concentración, la cual se discretiza en 12 intervalos de tiempo de duración igual a 1/12 de la duración total de la tormenta.

2.3.2.2 Precipitación efectiva

La metodología empleada en el Método NRCS para la estimación de la precipitación efectiva se denomina Método del Número de Curva o Método de las abstracciones del NRCS.

El método asume que la infiltración tendrá dos componentes: La primera denominada Abstracción Inicial (Ia) corresponde a un volumen inicial de infiltración en la cuenca, previa ocurrencia del escurrimiento, y propone que sea calculada como un 20% del almacenamiento máximo del suelo en la cuenca (S). La segunda componente se denomina Abstracción Continuada (Fa) y responde a una infiltración a tasa decreciente en el tiempo, conforme el suelo se va saturando como consecuencia de la precipitación incidente.

Bajo la hipótesis de que la relación entre el volumen de escurrimiento y lo máximo que podría escurrir es igual a la relación entre lo que verdaderamente no escurre y el máximo almacenamiento del suelo, y junto a la aplicación de la ecuación de continuidad durante el evento, el método calcula la precipitación efectiva como:

$$Pe = 0 \quad \text{si } P \leq 0.2 S$$

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad \text{si } P \geq 0.2 S$$

Siendo,

- Pe: Precipitación Efectiva (mm) (escorrentía producida en la tormenta)
- P: Precipitación Total (mm)
- S: Almacenamiento máximo del suelo en la cuenca (mm), definido por:

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{NC} - 10 \right)$$

- NC: Número de curva, en condiciones de humedad antecedente media, determinado en apartado 2.6.

2.3.2.3 Hidrograma de crecida

El hidrograma de crecida generado por el evento de precipitación efectiva se deduce a partir del hidrograma triangular unitario (HUT) del NRCS, aplicando las propiedades de linealidad y superposición del mismo.

El hidrograma unitario representa el hidrograma de escorrentía directa resultante de 1 mm de exceso de lluvia generado uniformemente sobre el área de la cuenca a una tasa constante a lo largo de una duración efectiva. En particular, el hidrograma unitario triangular permite relacionar las características del hidrograma con las características de la cuenca al incorporar el tiempo de concentración y el área de la cuenca en los parámetros que lo definen.

$$tp = \frac{D}{2} + 0.6 tc$$

15



$$tb = 2.667 tp$$

$$qp = 0.208 \frac{A}{(0.5 D + 0.6 tc)}$$

Siendo,

- tp: Tiempo pico del HUT (horas)
- D: Intervalo de tiempo de la precipitación efectiva (horas)
- tc: Tiempo de concentración de la cuenca (horas)
- tb: Tiempo base (horas)
- qp: Caudal pico (m³/s/mm)
- A: Área de la cuenca (Km²)

Luego, el hidrograma de crecida correspondiente a una tormenta se obtiene de multiplicar el HUT obtenido por cada incremento de escurrimiento y sumando dichos hidrogramas desfasados en tiempo una cantidad D. El caudal de diseño queda definido por la integral en el tiempo del hidrograma de crecida.

2.3.3 Hidrogramas de diseño

A continuación, se presentan los hidrogramas de diseño obtenidos de la modelación hidrológica para las subcuencas en estudio.

Estos hidrogramas de caudal serán los inputs para el modelo hidrodinámico como caudales de ingreso, tanto de cabecera como laterales, en las secciones correspondientes.

2.3.3.1 Subcuenca SC00

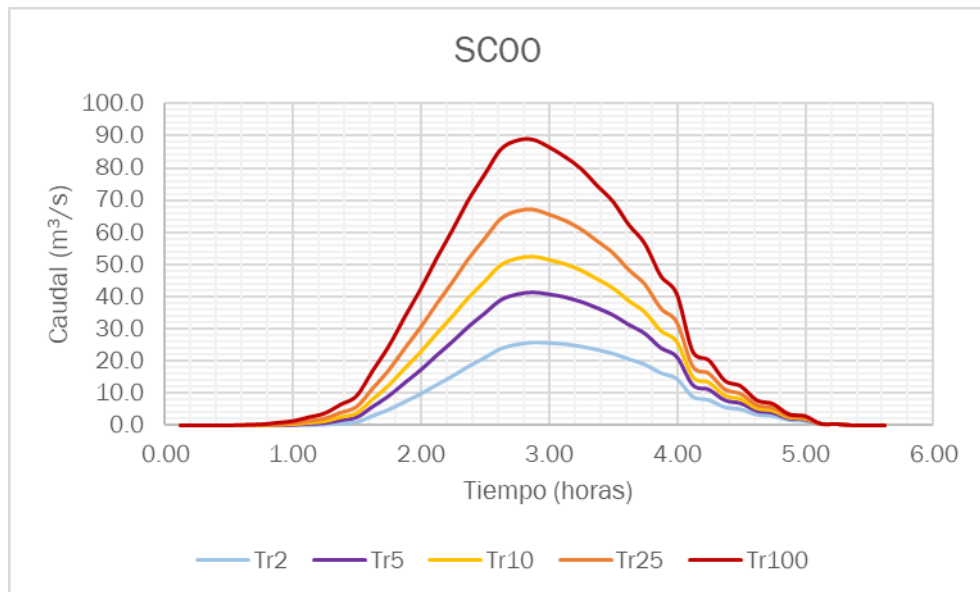
Dadas las características de la SC00 corresponde la aplicación del Método del SCS para la estimación del hidrograma de crecida puesto que la superficie es mayor a 400 ha y el tiempo de concentración mayor a 20 minutos. Se presentan a continuación los resultados obtenidos mediante este método. En particular, para el evento de 100 años de período de retorno se llega a un caudal pico de 88.7 m³/s.

Tabla 9 - Caudales pico para cuenca SC00

Tr (años)	2	5	10	25	100
Q _{máx} (m ³ /s)	25.6	41.5	52.5	66.9	88.7



Figura 8 - Hidrogramas de caudal para SC00



2.3.3.2 Subcuenca SC01

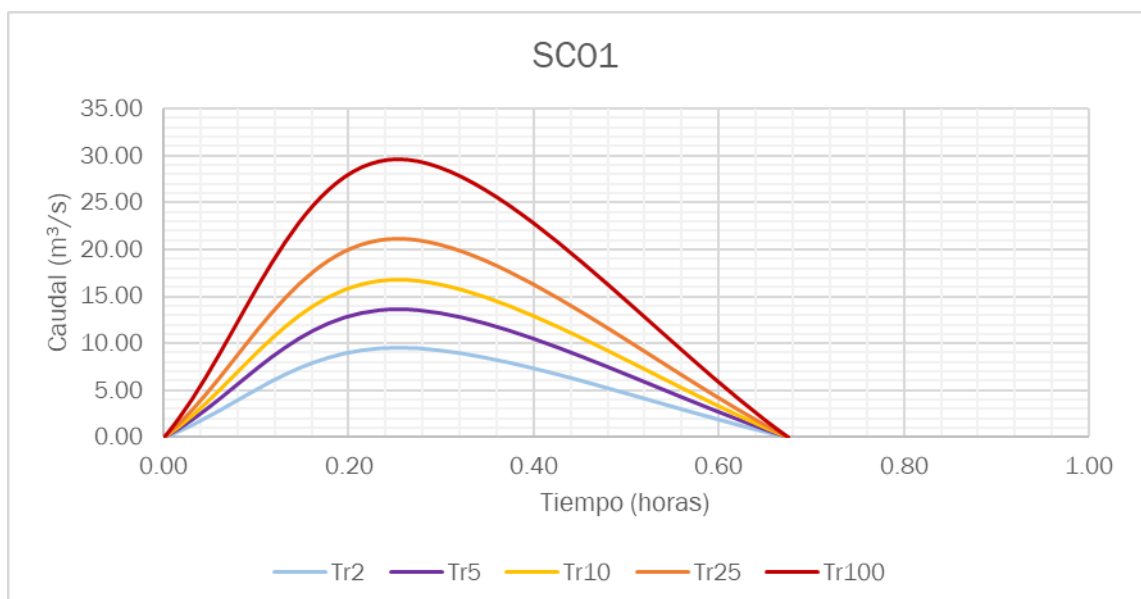
La SC01 presenta una superficie menor a 400 ha y un tiempo de concentración mayor a 20 minutos, por tanto, se han estimado los hidrogramas por el método racional y por el método del SCS utilizándose finalmente el obtenido mediante el método racional por ser el mayor de estos.

A continuación, se presentan los caudales pico obtenidos para cada período de retorno analizado y los hidrogramas de caudal correspondientes.

Tabla 10 - Caudales pico para cuenca SC01

Tr (años)	2	5	10	25	100
Q _{máx} (m^3/s)	9.6	13.7	16.8	21.2	29.6

Figura 9 - Hidrogramas de caudal para SC01



2.3.3.3 Subcuenca SC02

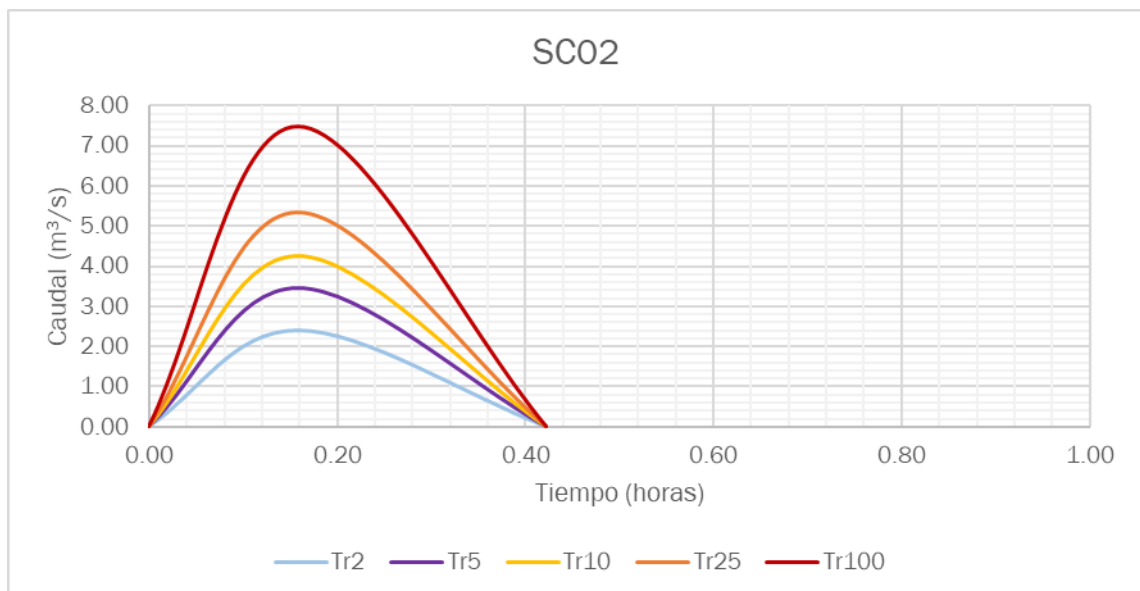
Esta cuenta tiene una superficie menor a 400 ha y un tiempo de concentración menor a 20 minutos por lo que directamente se utiliza el método racional para la estimación de los caudales pico.

A continuación, se presentan los resultados de caudal pico obtenidos para cada período de retorno y el hidrograma asociado.

Tabla 11 - Caudales pico para cuenca SC02

Tr (años)	2	5	10	25	100
Qmáx (m ³ /s)	2.4	3.5	4.3	5.4	7.5

Figura 10 - Hidrogramas de caudal para SC02



2.3.3.4 Subcuenca SC03

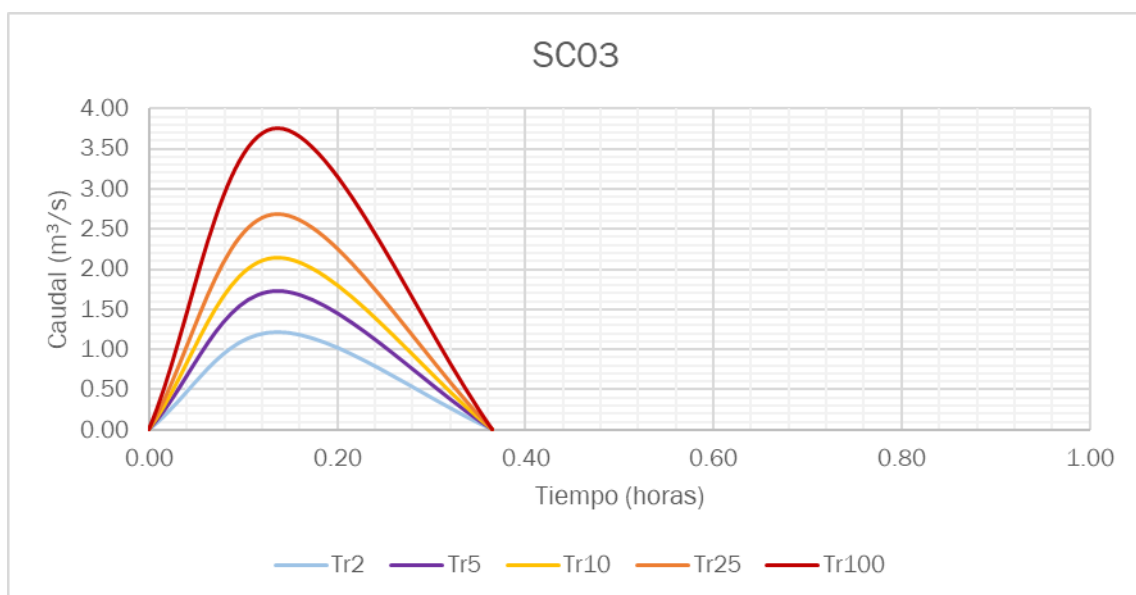
La subcuenca SC03 al igual que la SC02 presenta superficie menor a 400 ha y tiempo de concentración menor a 20 minutos por lo que se utiliza el método racional para la estimación de caudales de diseño.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 12 - Caudales pico para cuenca SC03

Tr (años)	2	5	10	25	100
Qmáx (m ³ /s)	1.2	1.7	2.1	2.7	3.8

Figura 11 - Hidrogramas de caudal para SC03



2.3.3.5 Subcuenca SC04

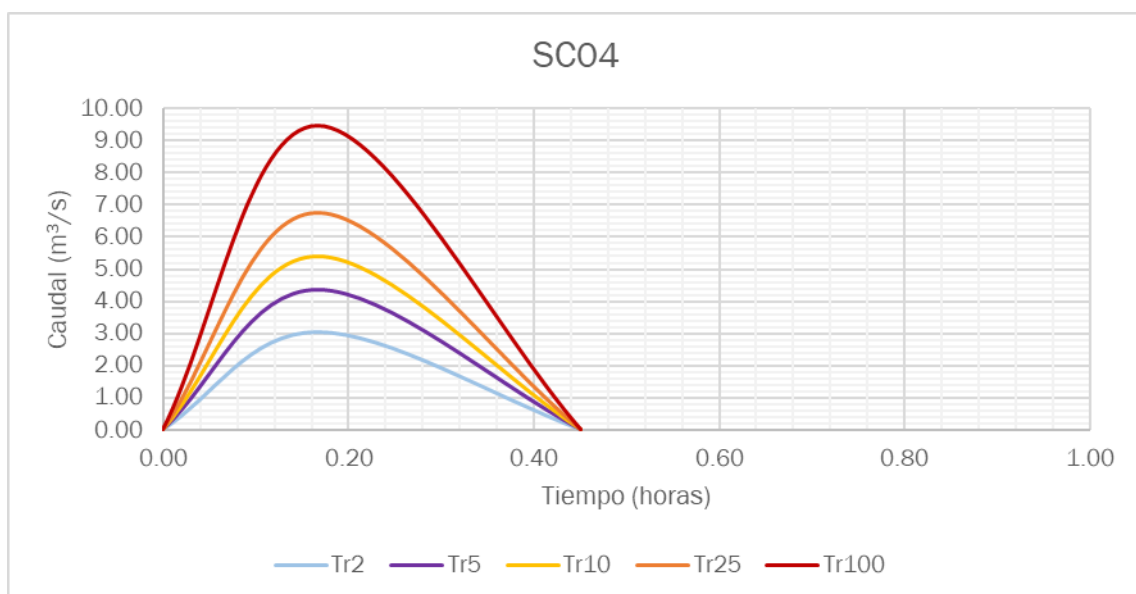
Idéntica situación sucede con la cuenca SC04 donde se utiliza el método racional para la estimación de caudales.

En la tabla y figura a continuación se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 13 - Caudales pico para cuenca SC04

Tr (años)	2	5	10	25	100
Q _{máx} (m³/s)	3.1	4.4	5.4	6.8	9.5

Figura 12 - Hidrogramas de caudal para SC04



2.3.3.6 Subcuenca SC05

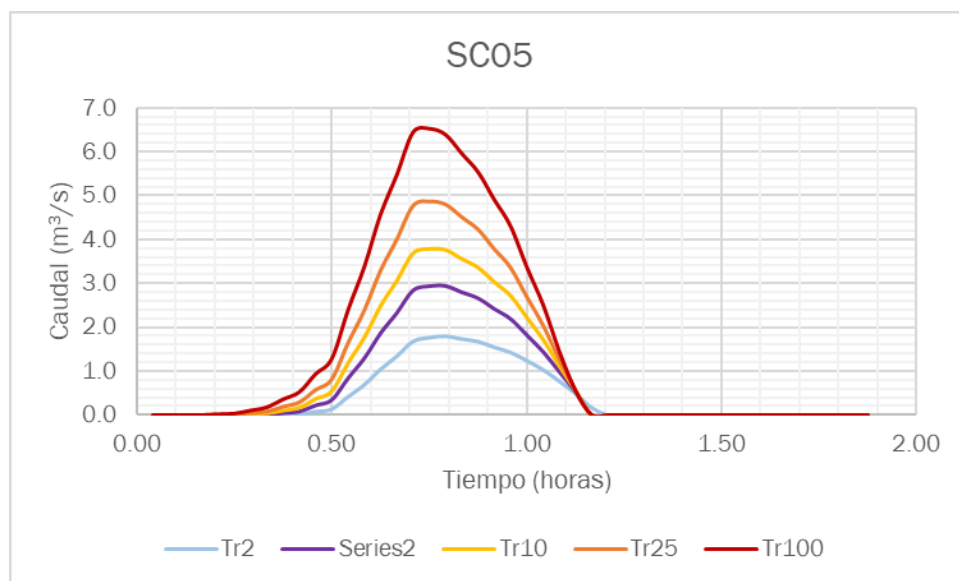
La SC05 por su parte, presenta una superficie menor a 400 ha pero un tiempo de concentración mayor a 20 minutos. Se estima el caudal pico por ambos métodos y se define la utilización del método del SCS por arrojar el mayor valor.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 14 - Caudales pico para cuenca SC05

Tr (años)	2	5	10	25	100
Q _{máx} (m ³ /s)	1.8	2.9	3.8	4.9	6.5

Figura 13 - Hidrogramas de caudal para SC05



2.3.3.7 Subcuenca SC06

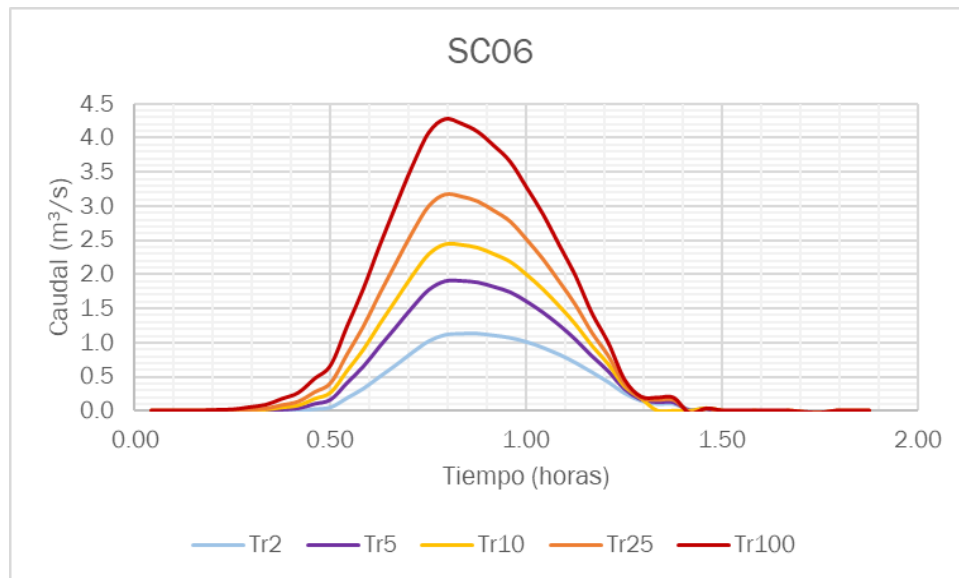
Similar escenario al de la subcuenca SC05 donde finalmente se utiliza el método del SCS para determinar los hidrogramas de caudal asociados a cada período de retorno analizado.

Se presentan a continuación los resultados obtenidos.

Tabla 15 - Caudales pico para cuenca SC06

Tr (años)	2	5	10	25	100
Q _{máx} (m ³ /s)	1.1	1.9	2.4	3.2	4.3

Figura 14 - Hidrogramas de caudal para SC06



2.3.3.8 Subcuenca SC07

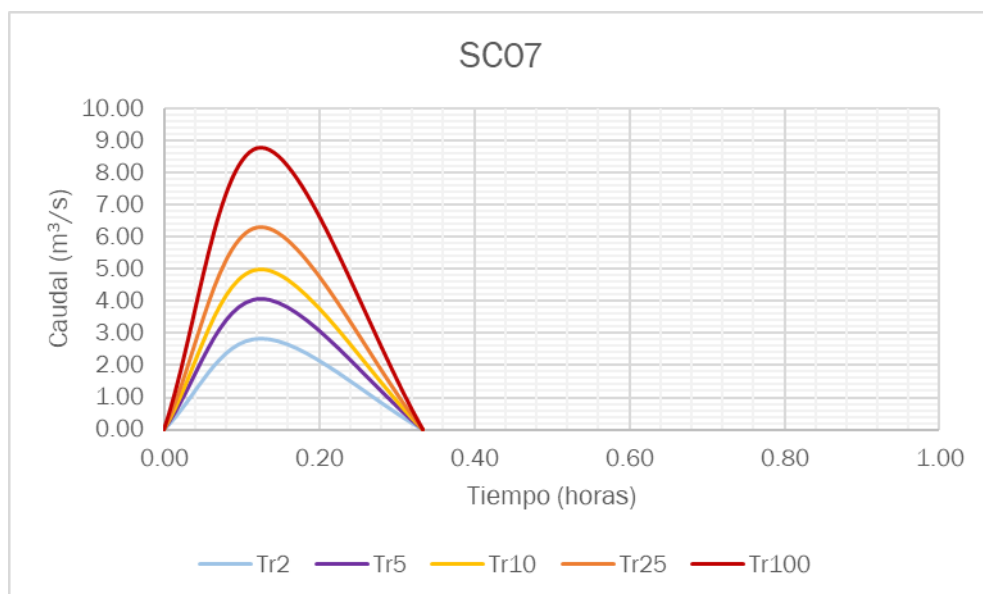
La subcuenca SC07 por su parte requiere de la estimación de los caudales mediante el método racional luego de analizar ambos y concluir que éste es el mayor.

Se presentan a continuación los caudales máximos obtenidos para cada Tr y los hidrogramas de diseño asociados.

Tabla 16 - Caudales pico para cuenca SC07

Tr (años)	2	5	10	25	100
Q _{máx} (m^3/s)	2.8	4.1	5.0	6.3	8.8

Figura 15 - Hidrogramas de caudal para SC07



2.3.3.9 Subcuenca SC08

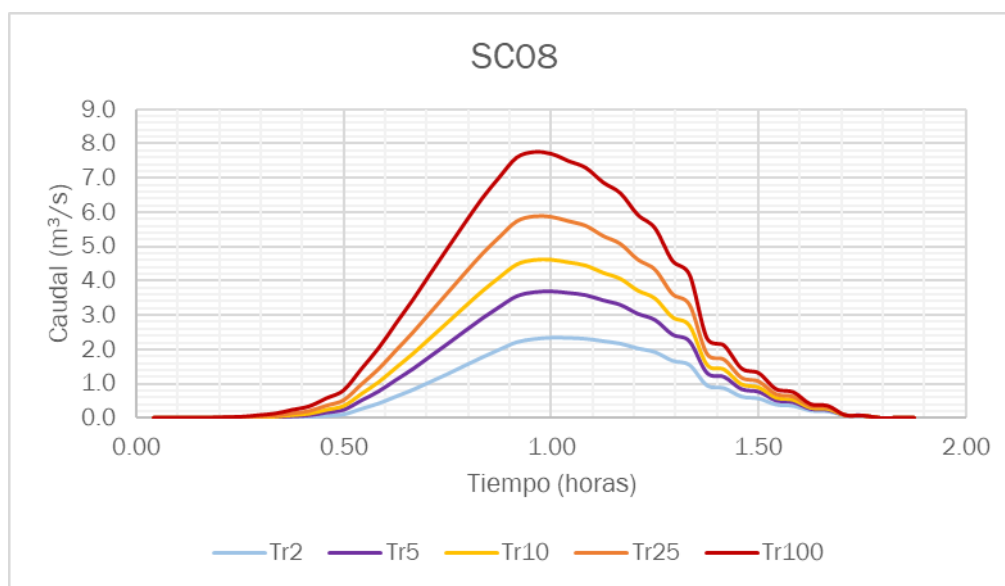
Para la subcuenca SC08 se utiliza el método del SCS para determinar los hidrogramas de caudal asociados a cada período de retorno analizado.

Se presentan a continuación los resultados obtenidos.

Tabla 17 - Caudales pico para cuenca SC08

Tr (años)	2	5	10	25	100
Qmáx (m ³ /s)	2.3	3.7	4.6	5.9	7.7

Figura 16 - Hidrogramas de caudal para SC08



2.4 Esquema geométrico del modelo

Se realizó la modelación hidrodinámica unidimensional del Arroyo Zanja Honda en el tramo de interés que atraviesa el ex padrón 16.788 (actuales padrones rurales 32.395 a 32.398) y hasta la desembocadura en el Río de la Plata.

Se dispone de relevamiento topográfico de secciones en la zona urbanizada habiéndose relevado las mismas sobre los ejes de calle. La información de campo se complementa con datos públicos disponibles de IDE.uy.

Se modeló una longitud total de 3.0 km del Arroyo Zanja Honda y se discretizó el curso en 3 tramos en función de sus cambios de pendiente. Sus principales características se sintetizan en la tabla que sigue:

Tabla 18 - Principales características de tramos de curso modelado

ID Tramo	Progresiva de aguas arriba m	Progresiva de aguas abajo m	Longitud m	Pendiente media (por extremos) %	Rango de profundidades de canal principal m
1	3000	1667 (Puente Calle 5)	1.333	0.54%	0.57-0.98
2	1667	628 (Puente Misiones)	1.039	0.22%	0.87-1.22
3	628	0 (Puente Rambla)	628	0.08%	0.90-1.21

El área de estudio es atravesada por el curso en 2 zonas:

- Zona norte: desde progresiva 2815m hasta 2502m
- Zona sur: desde progresiva 1420m hasta 667m

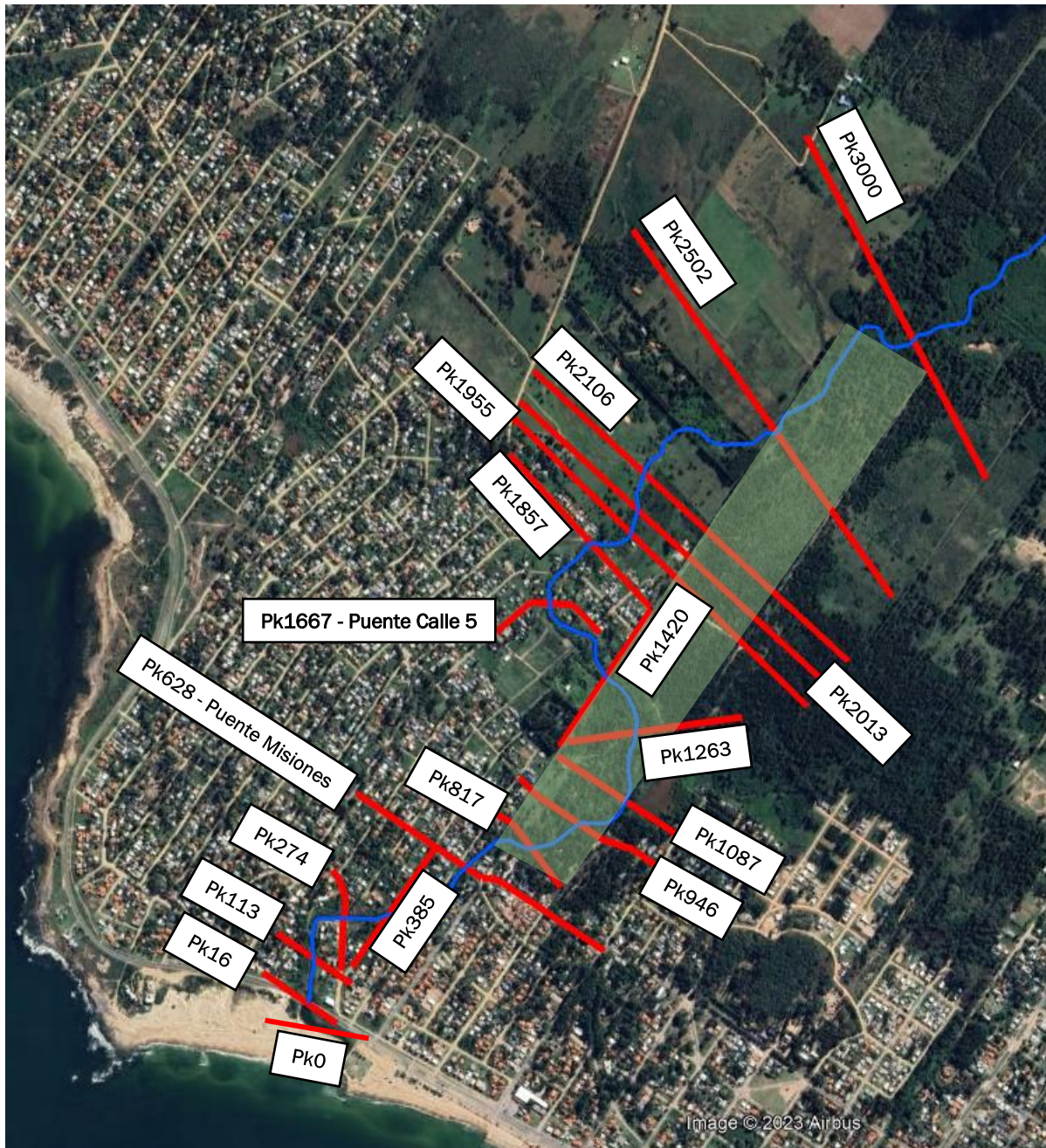
A continuación, se presenta la información relativa a secciones transversales y obras hidráulicas existentes incorporadas al modelo.

2.4.1 Secciones transversales

Para el armado del modelo se dispuso de información topográfica proveniente de relevamiento de secciones y se ha complementado con información pública disponible en la web de IDE.uy.

En total se han ingresado al modelo 18 secciones transversales, de las cuales 13 se relevaron particularmente para este estudio, mientras que las restantes se han estimado mediante las curvas de IDE.uy con interpolación cada 1m. Se presenta en Anexo III la geometría de cada una de las secciones modeladas.

Figura 17 - Ubicación de las secciones transversales ingresadas al modelo



2.4.2 Puentes

En el modelo se incluyeron las siguientes estructuras hidráulicas que afectan el flujo en el arroyo:

- ⇒ Puente sobre Calle 5
- ⇒ Puente sobre calle Misiones
- ⇒ Puente sobre Rambla de los Argentinos

En las Figuras que siguen se puede ver la geometría de los puentes ingresada al modelo y su comparación con una fotografía de los mismos tomada durante el relevamiento de campo, en el cual se midieron las distintas estructuras de cada puente.

Figura 18 - Puente sobre calle 5 - Sección modelada

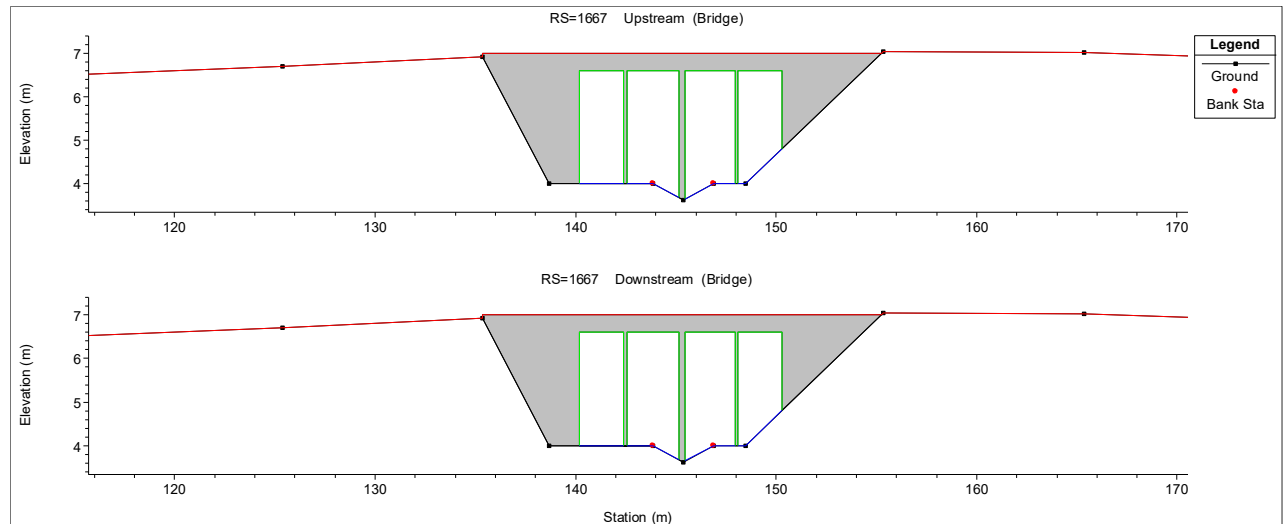


Figura 19 - Fotografía de puente sobre calle 5



Figura 20 -Puente sobre calle Misiones - Sección modelada

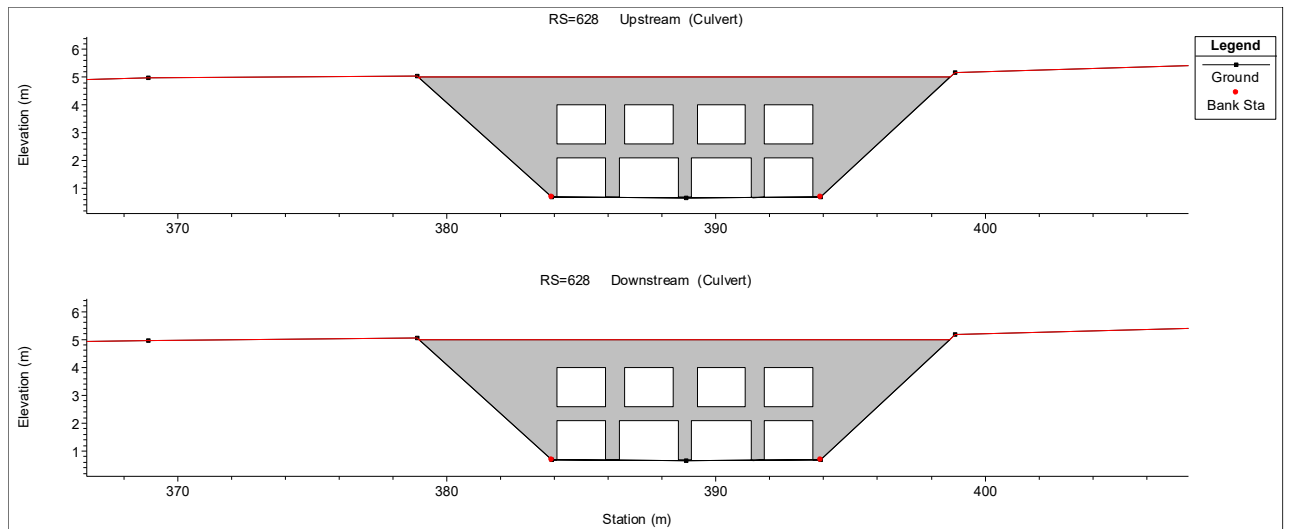


Figura 21 - Fotografía de puente sobre calle Misiones



Figura 22 - Puente sobre calle Rambla de los Argentinos - Sección modelada

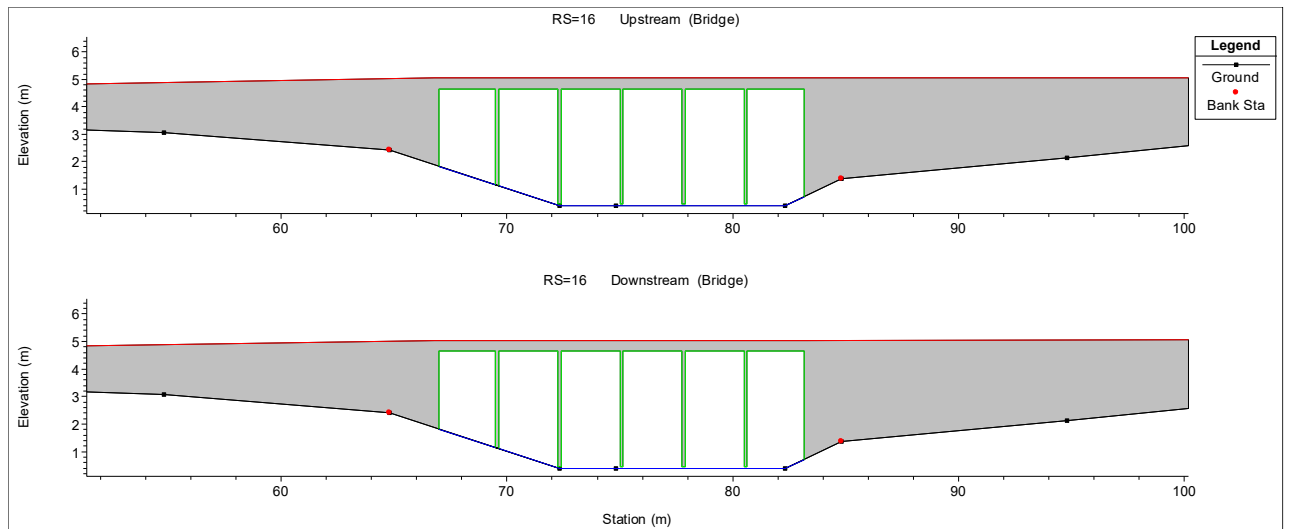


Figura 23 - Fotografía de puente sobre Rambla de los Argentinos



2.5 Coeficientes de rugosidad

Los valores de rugosidad de Manning de cauce y planicie para las diferentes secciones transversales del arroyo se adoptaron de bibliografía, en base al relevamiento visual del curso.

Los datos bibliográficos considerados fueron los coeficientes según Ven Te Chow citados en el libro Hidrología aplicada, MC Graw Hill.

Se distinguieron 2 zonas para la determinación de los coeficientes de rugosidad:

- 1) Zona norte: correspondiente a la zona de tipo rural (actualmente no urbanizada) que se extiende desde la progresiva 3000m hasta la progresiva 1857m.
- 2) Zona sur: correspondiente a la zona urbanizada desde la progresiva 1857m hasta la progresiva 0m.

Se han considerado entonces los siguientes coeficientes de rugosidad:

Tabla 19 - Coeficientes de rugosidad considerados

Zona	Progresiva de aguas arriba m	Progresiva de aguas abajo m	Longitud m	Coeficiente en cauce principal	Coeficiente en cauce planicie de inundación
1	3000	1857	1.143	0.045	0.070
2	1857	0	1.857	0.060	0.120

En lo que hace al canal principal en la zona rural (zona 1) se adoptó un valor de 0,045; dicho valor es el recomendado por Ven Te Chow para canales limpios, serpenteantes, con algunos pozos, bancos de arena, matorrales y piedras. Por su parte, en la zona urbanizada (zona 2) se adoptó un valor de 0.06, puesto que se considera la presencia de mayores obstrucciones producto de la propia urbanización.

En lo que respecta a la planicie de inundación, se utilizó un valor de 0.070 en la zona rural correspondiente a matorrales medios a densos, mientras que para la zona urbanizada considerando la presencia de calles, casas y diversas obstrucciones no consideradas en la geometría, se adoptó un valor de 0,120. Si bien en la bibliografía no se cuenta con coeficientes que correspondan a zona urbana, el valor utilizado se puede asemejar al valor máximo del criterio adoptado en la zona rural.

ACLARACIÓN 1: En la zona norte, si bien para el cálculo hidrológico se asumió como una zona urbanizada producto de su atributo de potencialmente transformable, para la determinación del coeficiente de rugosidad se ha asumido que la planicie de inundación se mantendrá con un coeficiente asociado al de zona rural (0.07), puesto que se entiende no se permitirá el desarrollo urbanístico de suelos inundables.

ACLARACIÓN 2: Para la zona sur, las secciones del modelo que se intersectan con los padrones rurales 32.396 y 32.397 consideran en su planicie derecha un coeficiente de escorrentía también de tipo rural, puesto que corresponden a zonas inundables que no podrán urbanizarse.

Tabla 20 - Coeficientes de rugosidad - Ven Te Chow

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
b. Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas, árboles y matorrales a lo largo de las bancas sumergidas en niveles altos			
1. Fondo: gravas, cantos rodados y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2. Fondo: cantos rodados con rocas grandes	0.040	0.050	0.070
D-2. Planicies de inundación			
a. Pastizales, sin matorrales			
1. Pasto corto	0.025	0.030	0.035
2. Pasto alto	0.030	0.035	0.050
b. Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
3. Campos de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050
c. Matorrales			
1. Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
2. Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
3. Pocos matorrales y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
4. Matorrales medios a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
5. Matorrales medios a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
d. Árboles			
1. Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
2. Terreno limpio, con troncos sin retoños	0.030	0.040	0.050
3. Igual que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080
4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
5. Igual al anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160
D-3. Corrientes mayores (ancho superficial en nivel de creciente > 100 pies). El valor de n es menor que el correspondiente a corrientes menores con descripción similar, debido a que las bancas ofrecen resistencia menos efectiva.			
a. Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales	0.025	0.060
b. Sección irregular y rugosa	0.035	0.100



3 MODELACIÓN

3.1 Características de la modelación

3.1.1 Esquematisación del modelo

Para la modelación hidrodinámica del arroyo Zanja Honda, fue esquematizado un modelo en HEC-RAS, discretizando el curso de agua en tramos y considerando los elementos hidráulicos e hidrológicos que conforman el sistema y que fueron presentados en el Capítulo 2 (caudales de entrada de las cuencas, secciones transversales, puentes, coeficientes de rugosidad de Manning).

El modelo incluye las secciones transversales obtenidas a partir del relevamiento topográfico y de IDE.uy, cuya descripción ya se presentó, y además se interpolaron secciones cada 25m a los efectos de lograr una mejor distribución de secciones transversales del curso.

En la Figura 24 presenta el esquema de discretización adoptado para la modelación del arroyo, mientras que las Figura 25 muestra el perfil longitudinal del mismo.

Figura 24 - Esquema del modelo implementado en HEC-RAS - Planta

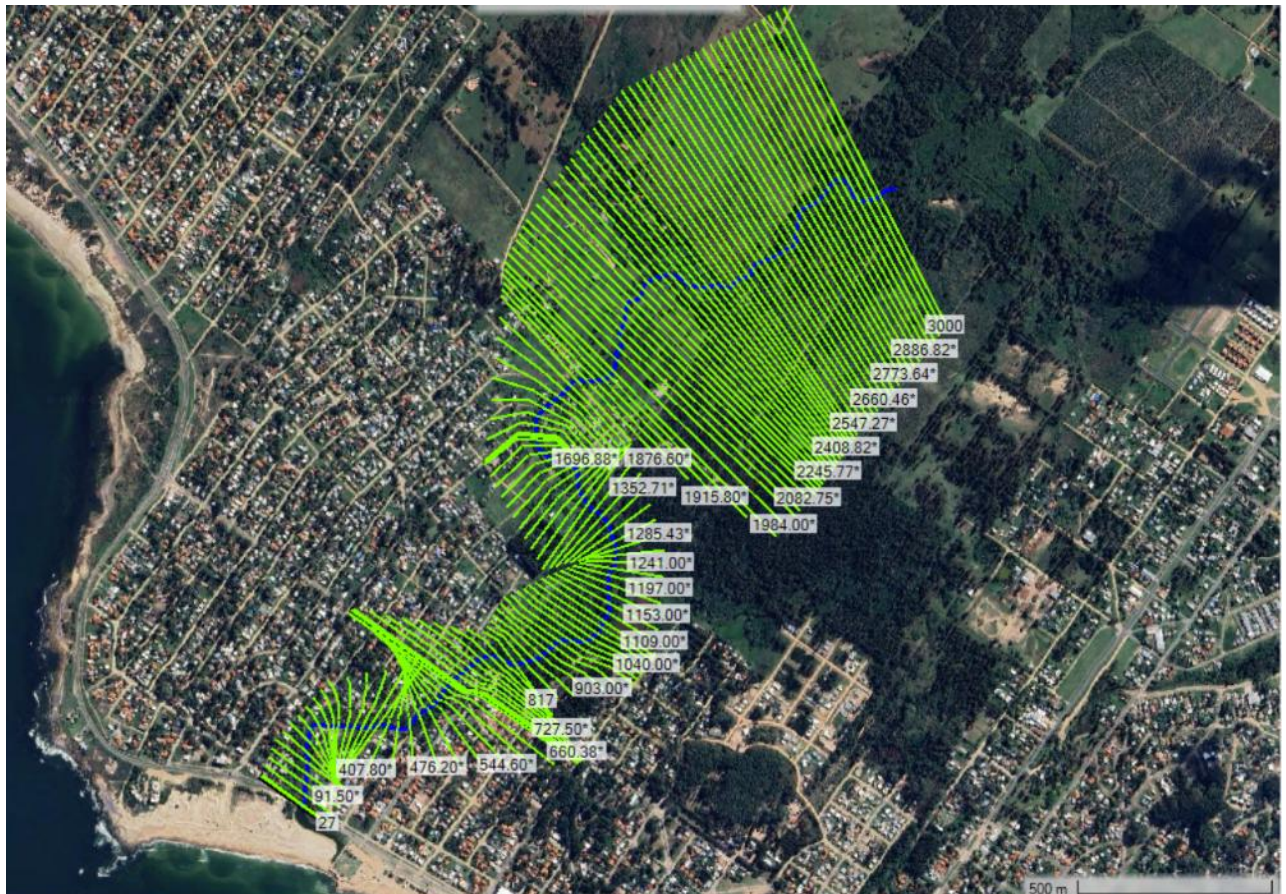
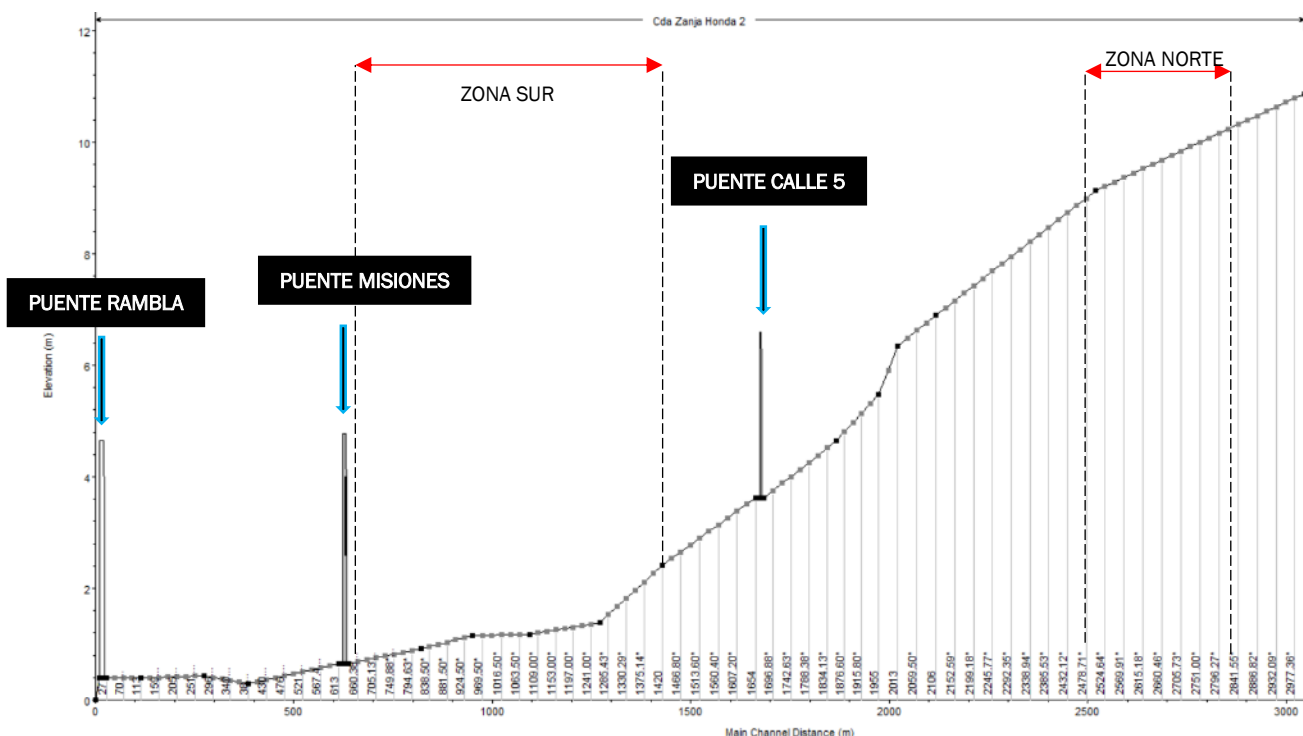


Figura 25 - Esquema del modelo implementado en HEC-RAS - Perfil longitudinal



3.1.2 Definición de la condición de borde aguas abajo

Como condición de borde aguas abajo del modelo hidrodinámico se consideró el nivel del río de la Plata en la zona de la desembocadura del arroyo Zanja Honda, para los diferentes períodos de retorno analizados.

Los valores se han extraído de la página web de DINAGUA¹ donde se permite efectuar la consulta de datos de niveles registrados en las diferentes estaciones hidrométricas del país. Luego se ha efectuado un análisis estadístico del período de datos 1993-2023 el cual permitió obtener el nivel asociado a los diferentes eventos extremos.

La Tabla a continuación muestra los niveles del Río de la Plata adoptados como condición de borde del modelo.

Tabla 21 - Niveles en Río de la Plata - Piriápolis

Tr	Nivel RdIP (msnm)
2	2.50
5	2.65
10	2.72
25	2.80
100	2.90

¹ <https://www.ambiente.gub.uy/SIH-JSF/paginas/sdh/consultaHDMCApublic.xhtml>



Si bien para la modelación se utilizaron los niveles de la Tabla 21, es importante mencionar, que se ha efectuado un análisis de sensibilidad (en particular para el evento de 100 años de período de retorno) no observándose influencia de la variación de los niveles del Río de la Plata en la zona de estudio del padrón 16.788.

3.2 Validación del modelo

Al ser una cuenca sin estaciones de medición de niveles y caudales, no se puede realizar una calibración. Existen sin embargo mediciones topográficas de los niveles de inundación alcanzados durante el evento de mayor magnitud registrado según indicaciones de vecinos de la zona.

A efectos de validar el modelo realizado se ha efectuado un relevamiento de viviendas ubicadas en la zona de la planicie de inundación del arroyo. En cada vivienda se tomaron niveles de inundación que se pueden asociar a los diferentes eventos extremos ocurridos. Ver Anexo II.

Los datos relevados se resumen a continuación y se asocia la ubicación de dichas viviendas con las secciones transversales modeladas:

Tabla 22 - Resumen de datos relevados en viviendas

ID	Punto	River Station	Nivel PA	Tr
1	Casa Correa	1420	5.70	10-25
2	Vivienda 2	1560.4*	6.15	1-2
3	Casa contenedor	1466.8*	5.69	10-25
4	Vivienda 4	1696.88*	6.75	1-2
5	Vivienda 5	1788.38*	7.66	10-25
6	Centro comunal	1607.2*	7.03	Nunca ha llegado el agua
7	Vivienda 7	1742.63*	6.97	10-25

Se procedió entonces a simular los eventos de 2, 10 y 25 años a efectos de analizar los resultados obtenidos y validar con ello el modelo del arroyo.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los puntos a validar:

Tabla 23 - Resultados de la validación realizada

ID	Punto	Sección	Nivel PA	Tr	Nivel PA Tr10	Nivel PA Tr25
1	Casa Correa	1420	5.70	10-25	5.54	5.65
3	Casa contenedor	1466.8*	5.69	10-25	5.61	5.72
5	Vivienda 5	1788.38*	7.66	10-25	7.68	7.77
7	Vivienda 7	1742.63*	6.97	10-25	7.41	7.5

ID	Punto	Sección	Nivel PA	Tr	Nivel PA Tr2
2	Vivienda 2	1560.4*	6.15	1-2	6.03
4	Vivienda 4	1696.88*	6.75	1-2	6.83

ID	Punto	Sección	Nivel PA	Tr	Nivel PA Tr25
6	Centro comunal	1607.2*	7.03	Nunca ha llegado el agua	6.67

En primer lugar, se observa que para las viviendas relevadas 1, 3 y 5, los niveles relevados que se asocian a la máxima inundación ocurrida (evento 2014 - entre Tr10 y Tr25) validan el modelo. El rango



de valores obtenido con la modelación, en el caso de la vivienda 3, contienen el valor relevado. Por su parte, en las viviendas 1 y 5, si bien el rango no contiene el nivel de inundación relevado, la diferencia es menor a 0.05m en el peor caso.

Por su parte, la vivienda 5, muestra valores de inundación por encima de lo relevado en unos 0.50m. Es importante mencionar que, durante el relevamiento de datos, el vecino de esta vivienda, no fue claro en la indicación del nivel alcanzado, pudiéndose haberse dado niveles mayores que acompañen mejor el modelo realizado. Por tanto, se concluye que este punto no invalida el modelo.

En lo que respecta al punto 6 (Centro Comunal), el modelo también es validado en esta zona, puesto que el valor obtenido para Tr25 (supuesto como mayor evento ocurrido) es menor al umbral de vivienda, lo cual es coherente con que el agua nunca ha ingresado a la misma.

3.3 Resultados obtenidos

En este apartado se presentan los resultados de la simulación del comportamiento hidráulico del arroyo Zanja Honda para una tormenta de período de retorno de 100 años a fin de elaborar un diagnóstico de la situación actual e identificar las zonas con riesgo de inundabilidad. En particular, la modelación se ha efectuado a efectos de determinar la curva de inundación para el evento de 100 años de período de retorno sobre el ex padrón 16.788 de Piriápolis.

La Tabla a continuación muestra los niveles simulados en el arroyo, presentando los valores obtenidos en todos los elementos incluidos en el modelo hidrodinámico.

Tabla 24 - Resultados pelo de agua para Tr100

ID Sección	Descripción	Pelo de agua
		(msnm)
3000	Sección inicio de modelación	12.86
2977.36*		12.76
2954.73*		12.66
2932.09*		12.56
2909.46*		12.46
2886.82*		12.37
2864.18*		12.26
2841.55*	Inicio zona estudio - Sector norte	12.16
2818.91*	Zona estudio - Sector norte	12.06
2796.27*	Zona estudio - Sector norte	11.95
2773.64*	Zona estudio - Sector norte	11.84
2751.00*	Zona estudio - Sector norte	11.73
2728.36*	Zona estudio - Sector norte	11.62
2705.73*	Zona estudio - Sector norte	11.51
2683.09*	Zona estudio - Sector norte	11.40
2660.46*	Zona estudio - Sector norte	11.29
2637.82*	Zona estudio - Sector norte	11.18
2615.18*	Zona estudio - Sector norte	11.07
2592.55*	Zona estudio - Sector norte	10.96
2569.91*	Zona estudio - Sector norte	10.86
2547.27*	Zona estudio - Sector norte	10.77
2524.64*	Zona estudio - Sector norte	10.70
2502	Zona estudio - Sector norte	10.58

2478.71*	Fin zona estudio - Sector norte	10.47
2455.41*		10.38
2432.12*		10.29
2408.82*		10.19
2385.53*		10.09
2362.24*		9.98
2338.94*		9.87
2315.65*		9.75
2292.35*		9.63
2269.06*		9.49
2245.77*		9.35
2222.47*		9.22
2199.18*		9.09
2175.88*		8.97
2152.59*		8.86
2129.29*		8.76
2106		8.67
2082.75*		8.58
2059.50*		8.51
2036.25*		8.46
2013		8.42
1984.00*		8.40
1955		8.39
1935.40*		8.38
1915.80*		8.36
1896.20*		8.34
1876.60*		8.31
1857		8.26
1834.13*		8.16
1811.25*		8.04
1788.38*		7.92
1765.50*		7.79
1742.63*		7.64
1719.75*		7.47
1696.88*		7.29
1674		7.17
1669		7.16
1667	Puente Calle 5	
1664		7.13
1654		7.10
1630.60*		6.96
1607.20*		6.79
1583.80*		6.61
1560.40*		6.43



1537.00*		6.25
1513.60*		6.09
1490.20*		5.97
1466.80*		5.93
1443.40*		5.91
1420	Inicio zona estudio - Sector sur	5.90
1397.57*	Zona estudio - Sector sur	5.90
1375.14*	Zona estudio - Sector sur	5.89
1352.71*	Zona estudio - Sector sur	5.88
1330.29*	Zona estudio - Sector sur	5.88
1307.86*	Zona estudio - Sector sur	5.87
1285.43*	Zona estudio - Sector sur	5.86
1263	Zona estudio - Sector sur	5.85
1241.00*	Zona estudio - Sector sur	5.85
1219.00*	Zona estudio - Sector sur	5.84
1197.00*	Zona estudio - Sector sur	5.84
1175.00*	Zona estudio - Sector sur	5.84
1153.00*	Zona estudio - Sector sur	5.84
1131.00*	Zona estudio - Sector sur	5.83
1109.00*	Zona estudio - Sector sur	5.83
1087	Zona estudio - Sector sur	5.83
1063.50*	Zona estudio - Sector sur	5.83
1040.00*	Zona estudio - Sector sur	5.83
1016.50*	Zona estudio - Sector sur	5.83
993.00*	Zona estudio - Sector sur	5.82
969.50*	Zona estudio - Sector sur	5.82
946	Zona estudio - Sector sur	5.82
924.50*	Zona estudio - Sector sur	5.82
903.00*	Zona estudio - Sector sur	5.82
881.50*	Zona estudio - Sector sur	5.82
860.00*	Zona estudio - Sector sur	5.81
838.50*	Zona estudio - Sector sur	5.81
817	Zona estudio - Sector sur	5.81
794.63*	Zona estudio - Sector sur	5.80
772.25*	Zona estudio - Sector sur	5.79
749.88*	Zona estudio - Sector sur	5.78
727.50*	Zona estudio - Sector sur	5.76
705.13*	Fin zona estudio - Sector sur	5.71
682.75*		5.63
660.38*		5.52
638		5.36
633		5.40
628	Puente Calle Misiones	
623		5.27

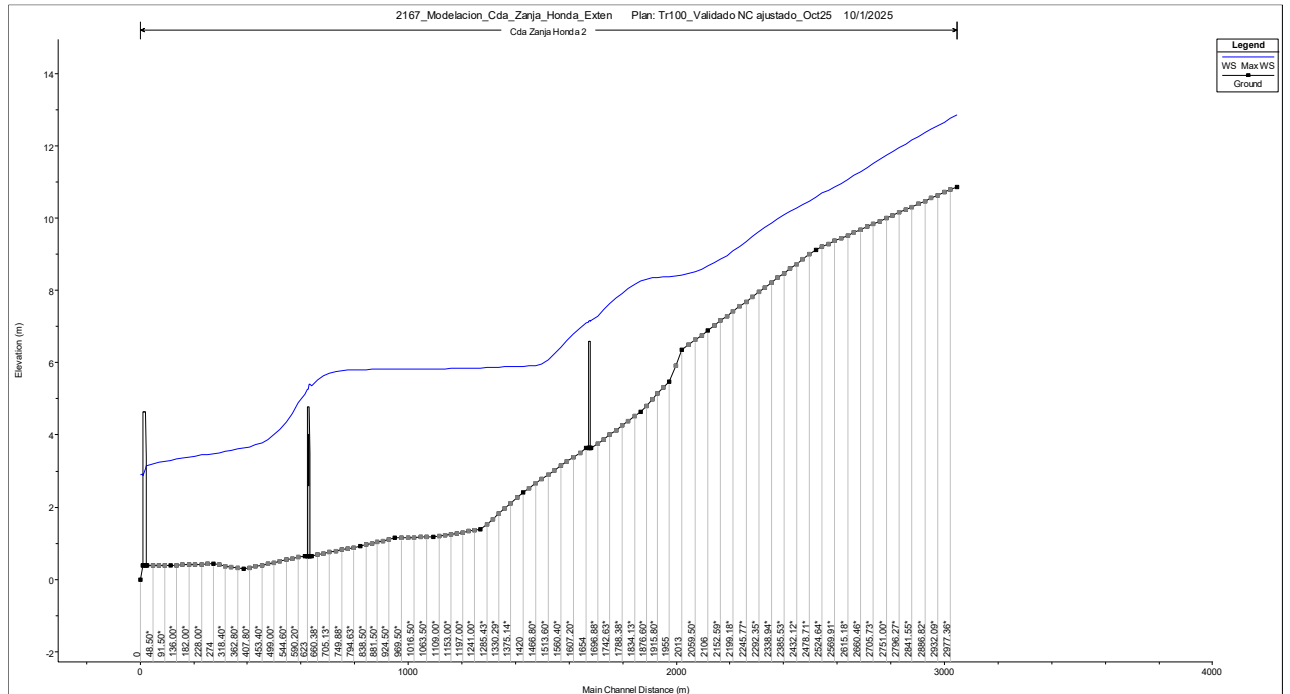


613		5.13
590.20*		4.90
567.40*		4.59
544.60*		4.35
521.80*		4.16
499.00*		4.00
476.20*		3.88
453.40*		3.79
430.60*		3.72
407.80*		3.67
385		3.64
362.80*		3.61
340.60*		3.57
318.40*		3.54
296.20*		3.51
274		3.49
251.00*		3.47
228.00*		3.44
205.00*		3.42
182.00*		3.39
159.00*		3.36
136.00*		3.33
113		3.30
91.50*		3.27
70.00*		3.24
48.50*		3.21
27		3.16
22		3.15
16	Puente Rambla	
10		2.92
0	Río de la Plata	2.90

La Figura 26 muestra el perfil longitudinal del arroyo Zanja Honda para el evento de 100 años de período de retorno modelado.

Tr=100 años

Figura 26 - Perfil longitudinal del arroyo Zanja Honda para Tr=100 años



3.4 Evaluación de los resultados

3.4.1 Niveles-Caudal

A continuación, se presentan gráficos de niveles simulados en función del caudal, para las principales secciones identificadas en el arroyo Zanja Honda. Los resultados responden a la condición geométrica actual y a las distintas recurrencias de la tormenta de diseño.

Se presenta en este apartado el detalle de resultados para las siguientes secciones:

Tabla 25 - Secciones analizadas con Nivel-Caudal

ID Sección	Descripción
3000	Sección inicio de modelación
2841.55*	Inicio Padrón 32.395 - Sector norte
2478.71*	Fin Padrón 32.395 - Sector norte
1420	Inicio Padrón 32.395 - Sector sur
705.13*	Fin Padrón 32.395 - Sector sur

Figura 27 - Nivel vs Caudal - Sección 3000 - Inicio modelación

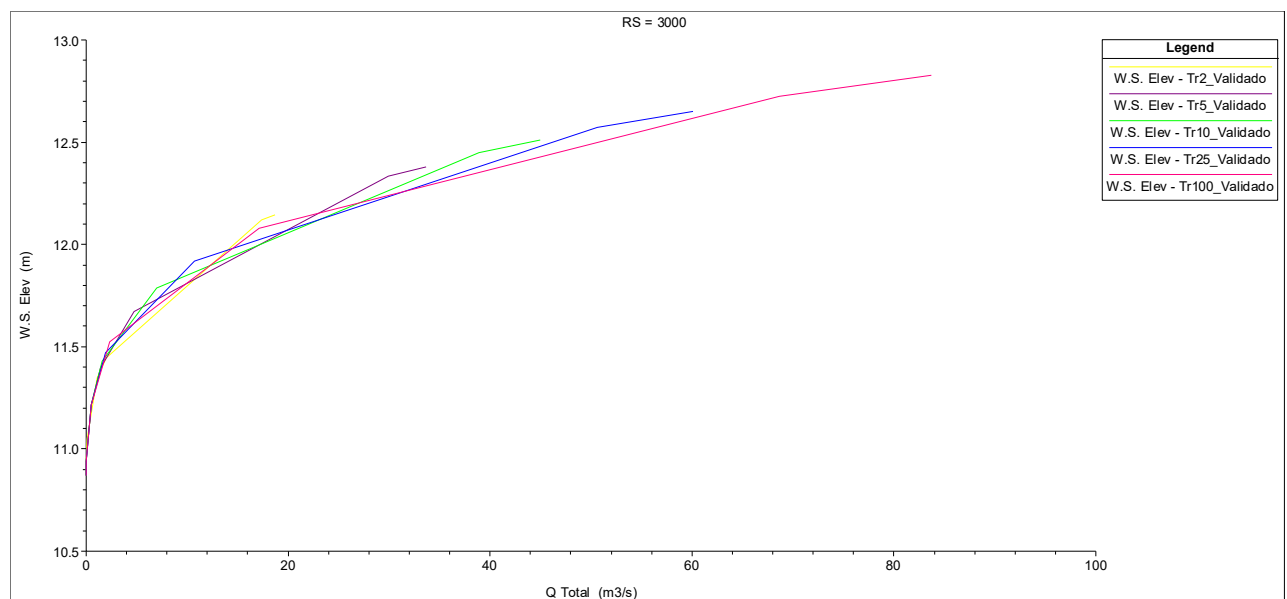


Figura 28 - Nivel vs Caudal - Sección 2841.55* - Inicio Padrón 32.395 sector norte

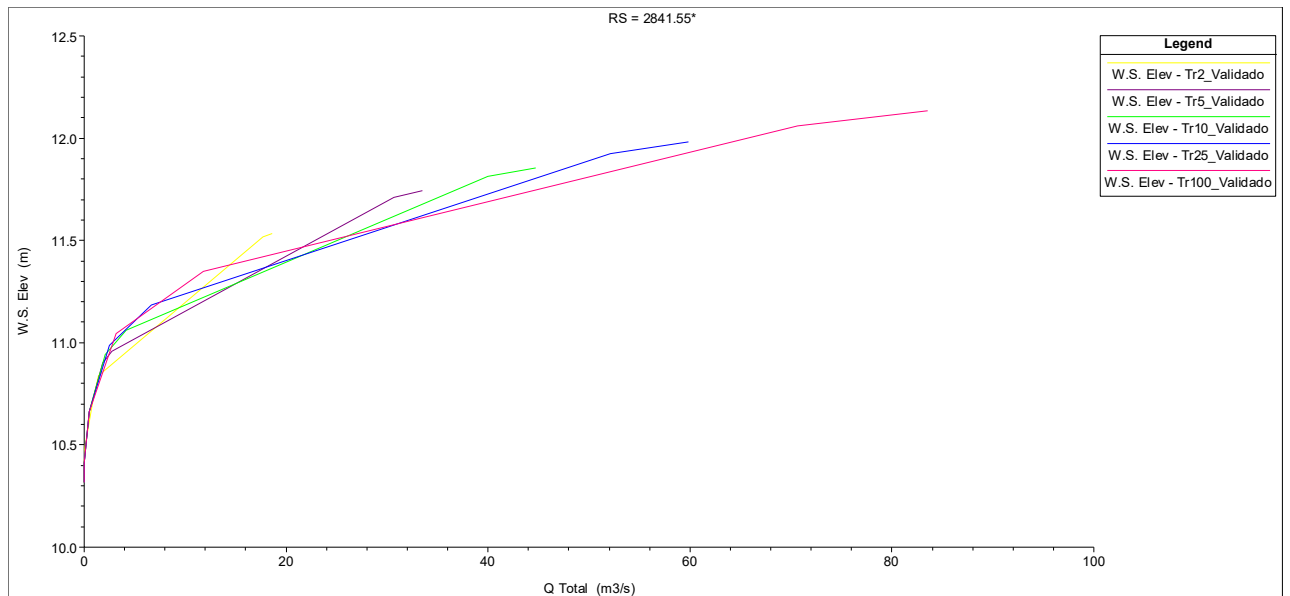


Figura 29 - Nivel vs Caudal - Sección 2478.71* - Fin Padrón 32.395 sector norte

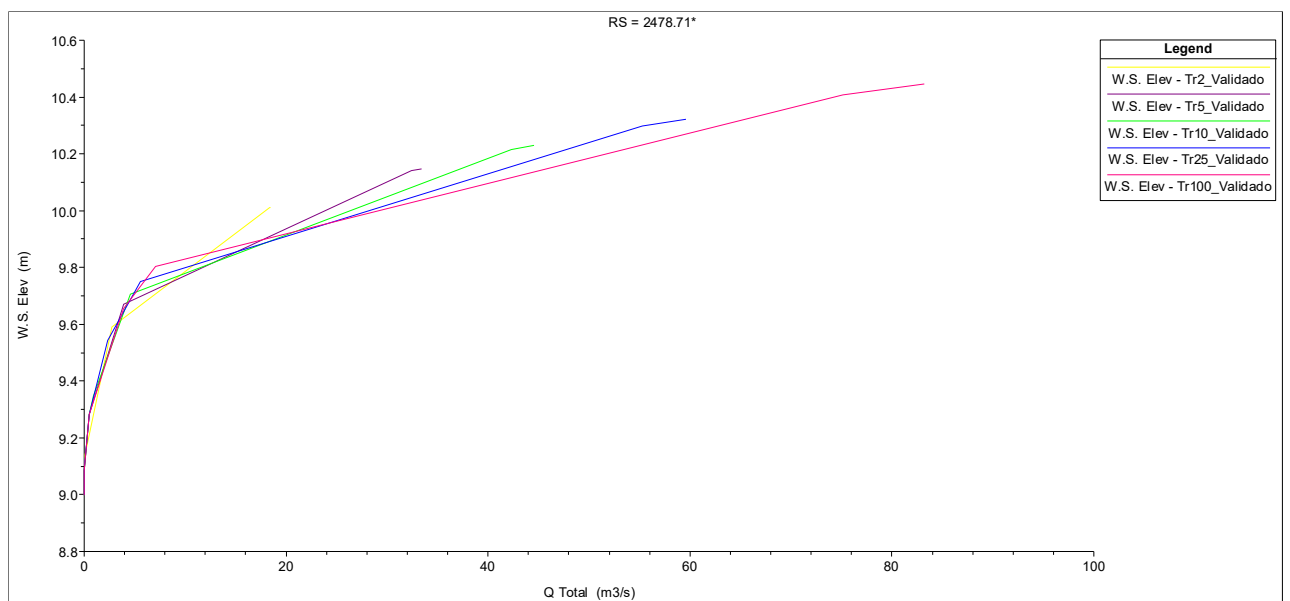


Figura 30 - Nivel vs Caudal - Sección 1420 - Inicio Padrón 32.395 sector sur

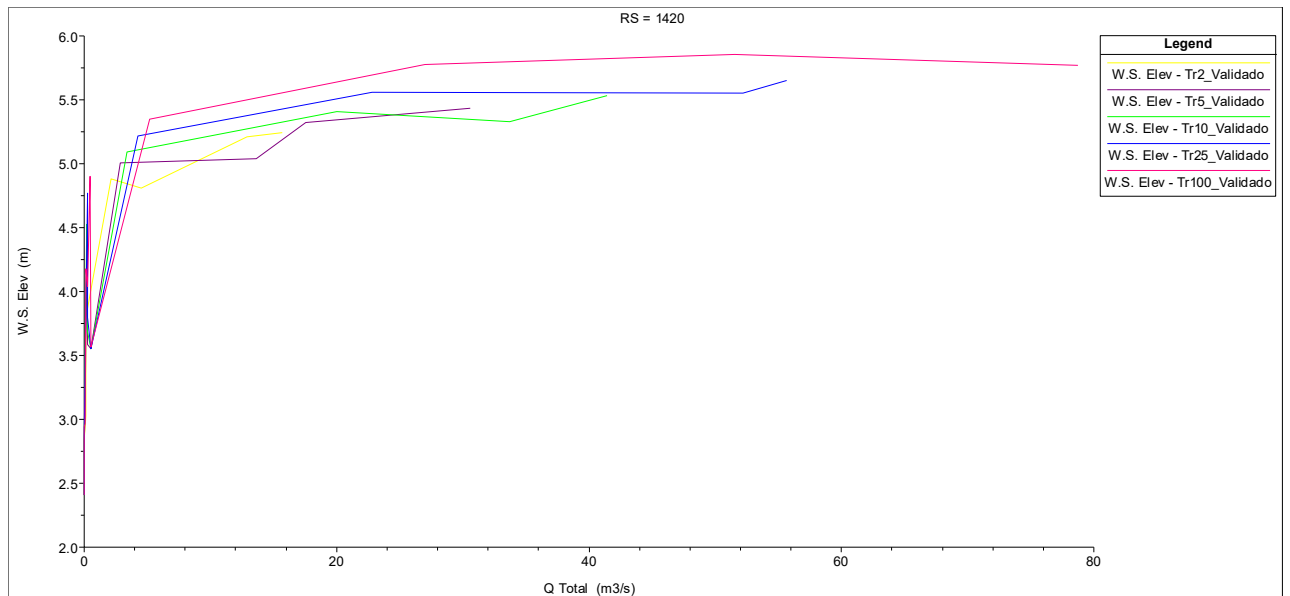
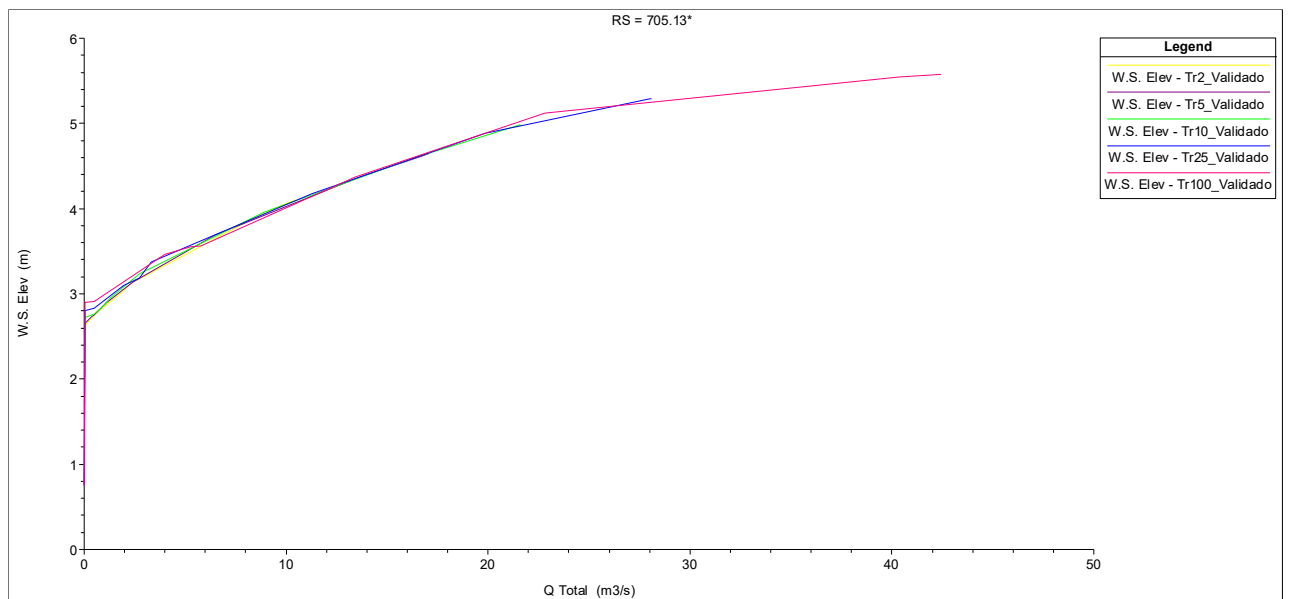


Figura 31 - Nivel vs Caudal - Sección 705.13* - Fin Padrón 32.395 sector sur



3.4.2 Influencia del Río de la Plata en los niveles del arroyo

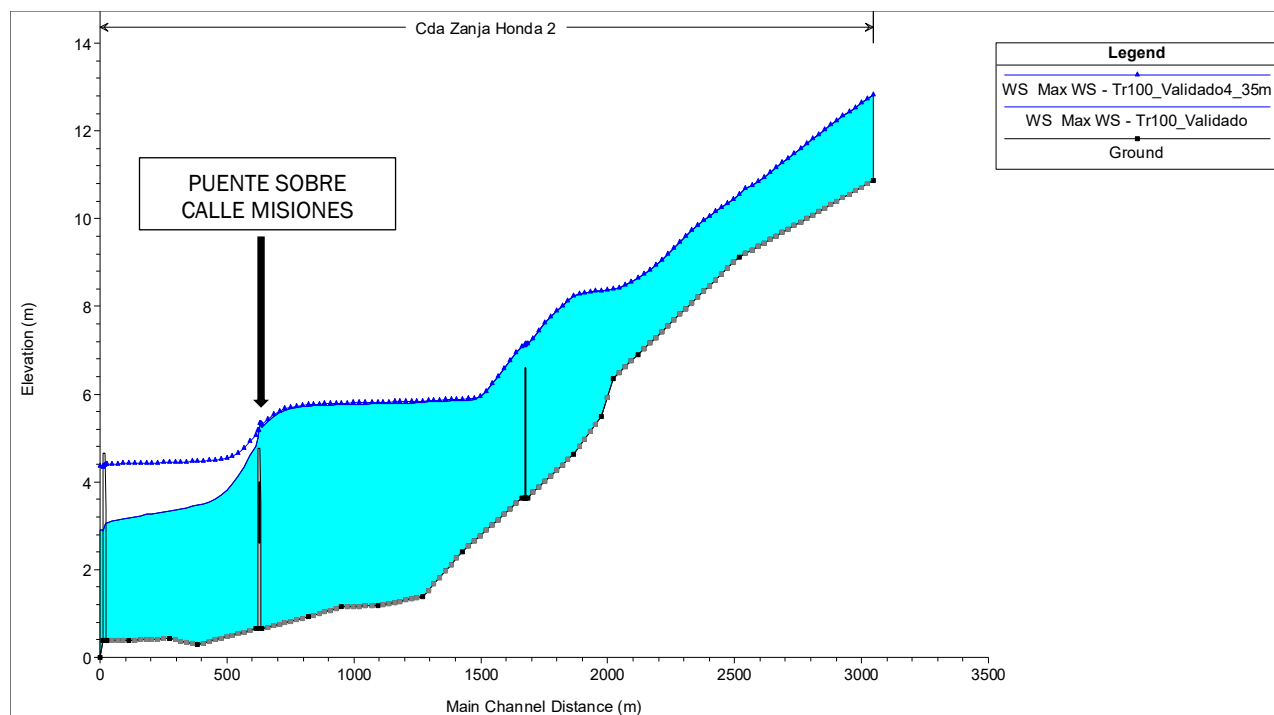
Se ha efectuado un análisis de sensibilidad del modelo respecto a la condición de borde aguas abajo, esto es, respecto a los niveles del Río de la Plata. Para ello se ha modelado el evento de 100 años de período de retorno (mayor evento modelado) bajo diferentes condiciones de nivel del Río de la Plata.

Los resultados obtenidos, permiten concluir que los niveles máximos alcanzados en la cercanía a la descarga del arroyo son una combinación de dos factores: caudal del arroyo y condición de borde en el Río de la Plata. Considerando que la condición de borde adoptada para cada período de retorno es el nivel para ese mismo período de retorno, el efecto conjunto es mayor que el que se daría independientemente por la presencia de uno solo de los factores.

Aunque existan zonas cercanas a la desembocadura donde el nivel alcanzado sería menor si la condición de borde fuera menor, sería incorrecto concluir que ese nivel es consecuencia del nivel del Río de la Plata, ya que en realidad es una consecuencia de los dos eventos actuando en conjunto.

Asimismo, se concluye que la influencia del Río de la Plata sobre los niveles del arroyo se da hasta el puente de Calle Misiones, quedando fuera de la zona de influencia el padrón 32.395. Estos resultados validan aún más la modelación puesto que con un valor de nivel en el Río de la Plata de 1 vez y media el valor calculado para el período de retorno (+4.35m), no se genera variación en los niveles sobre la zona de estudio.

Figura 32 - Análisis de sensibilidad niveles del Río de la Plata para Tr100



3.4.3 Remansos producidos por puentes

A los efectos de estudiar los remansos generados por los puentes existentes a lo largo del arroyo Zanja Honda para los períodos de retorno de 2 y 100 años (menor y mayor período de retorno modelado), se realizaron simulaciones hidrodinámicas de los cursos de agua con y sin las estructuras hidráulicas y se evaluaron las diferencias de niveles entre ambas modelaciones, las cuales se presentan en la Figura 33 y Figura 34.

Para el evento de 2 años de período de retorno, se observa que existe una zona bien delimitada: unos 150m aguas arriba del puente de calle Misiones, donde la presencia del puente genera mayores niveles aguas arriba. El resto de niveles del arroyo sufre una afectación poco significativa por la presencia de las obras de cruce.

Por su parte, para el evento de 100 años de período de retorno, la situación es similar, pero se observa además una afectación también aguas arriba del puente de la Rambla.

La Tabla 26 resume el efecto de remanso en cada tramo según el período de retorno.

Tabla 26 - Remanso máximo por tramo para escenario con y sin puentes

Progresivas	Ubicación	Remanso máximo para cada tramo (m)	
		Tr 2	Tr 100
0 a 1667	Aguas arriba puente calle 5	0.01	0.02
1667 a 628	Entre puente calle 5 y Misiones	0.39	0.30
628 a 16	Entre puente Misiones y puente Rambla	0.01	0.12
16 a 0	Aguas abajo	0.00	0.00

Figura 33 - Perfil longitudinal con niveles máximos para escenario con puentes (azul) y sin puentes (rojo) - Tr2

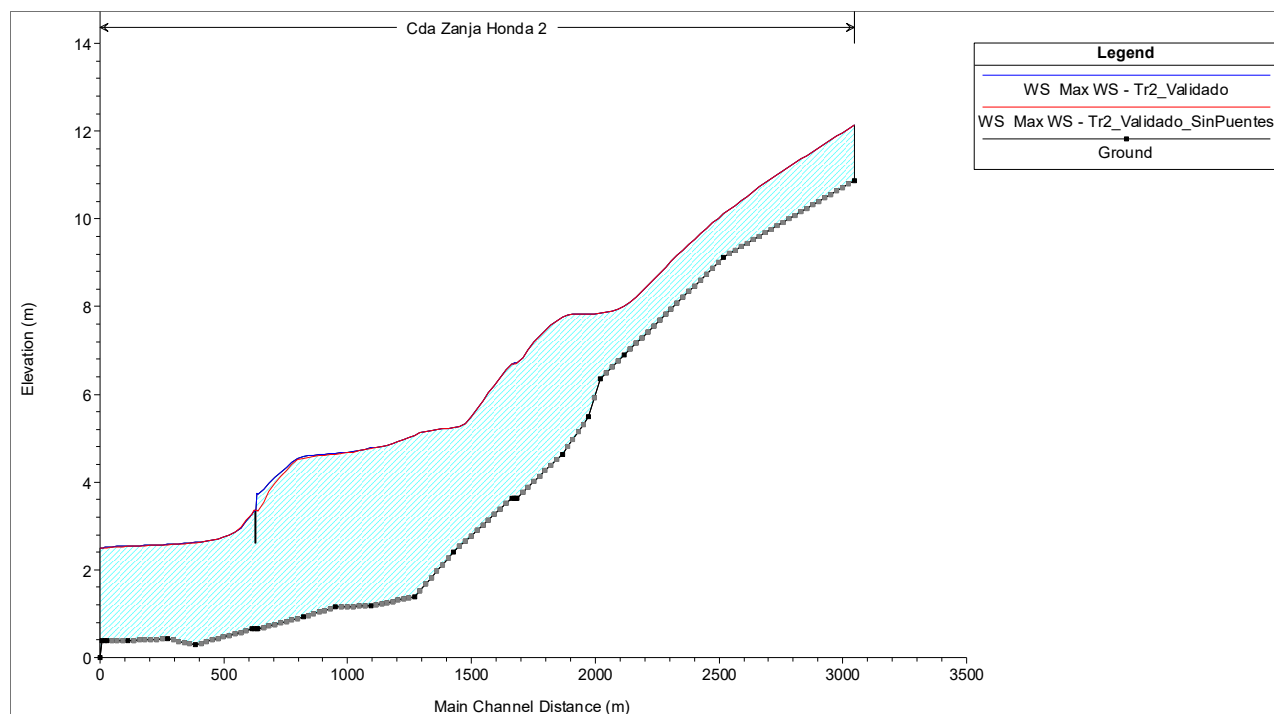
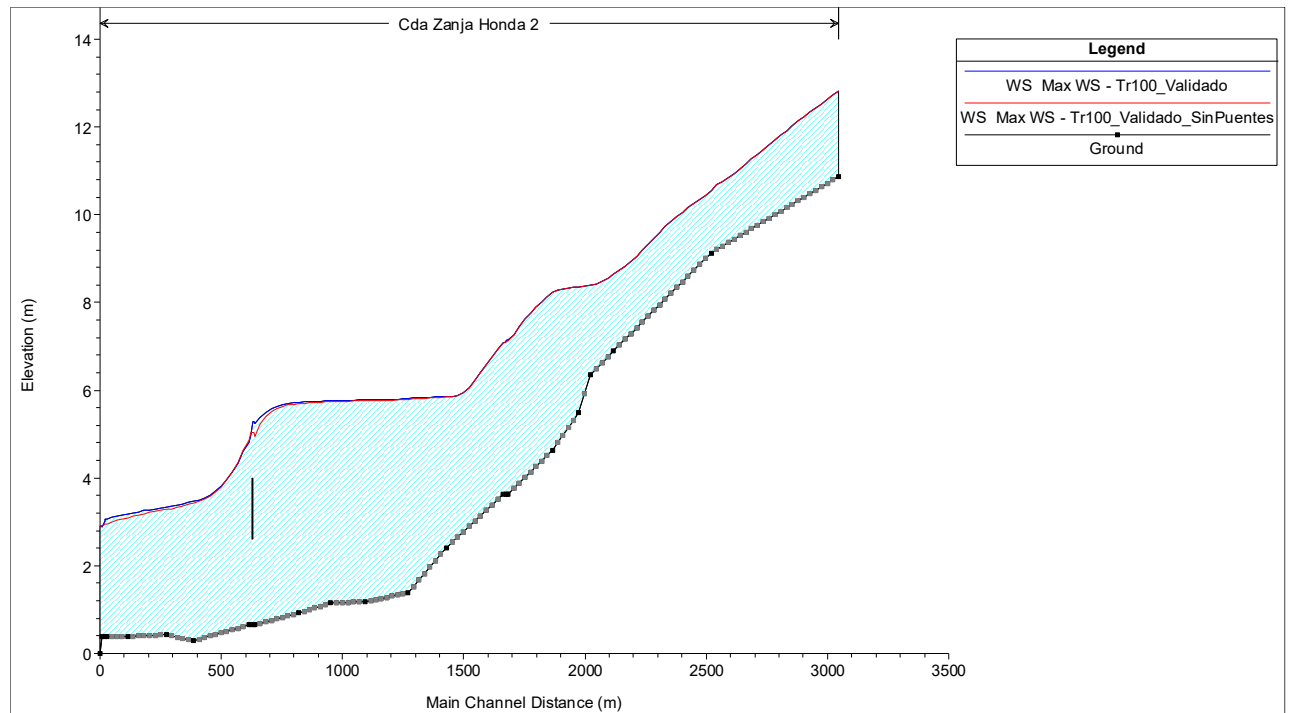


Figura 34 - Perfil longitudinal con niveles máximos para escenario con puentes (azul) y sin puentes (rojo) - Tr100



3.5 Curva de inundación para Tr100

En base a los niveles de pelo de agua obtenidos para la modelación del comportamiento del arroyo ante un evento de 100 años de período de retorno, se ha determinado la curva de inundación asociada a esta tormenta.

A continuación, se presentan en las siguientes Figuras la mancha de inundación en el tramo modelado. En particular, se hace énfasis en las zonas afectadas de los padrones 32.395, 32.396, 32.397 y 32.398.

Figura 35 - Mancha de inundación para Tr100

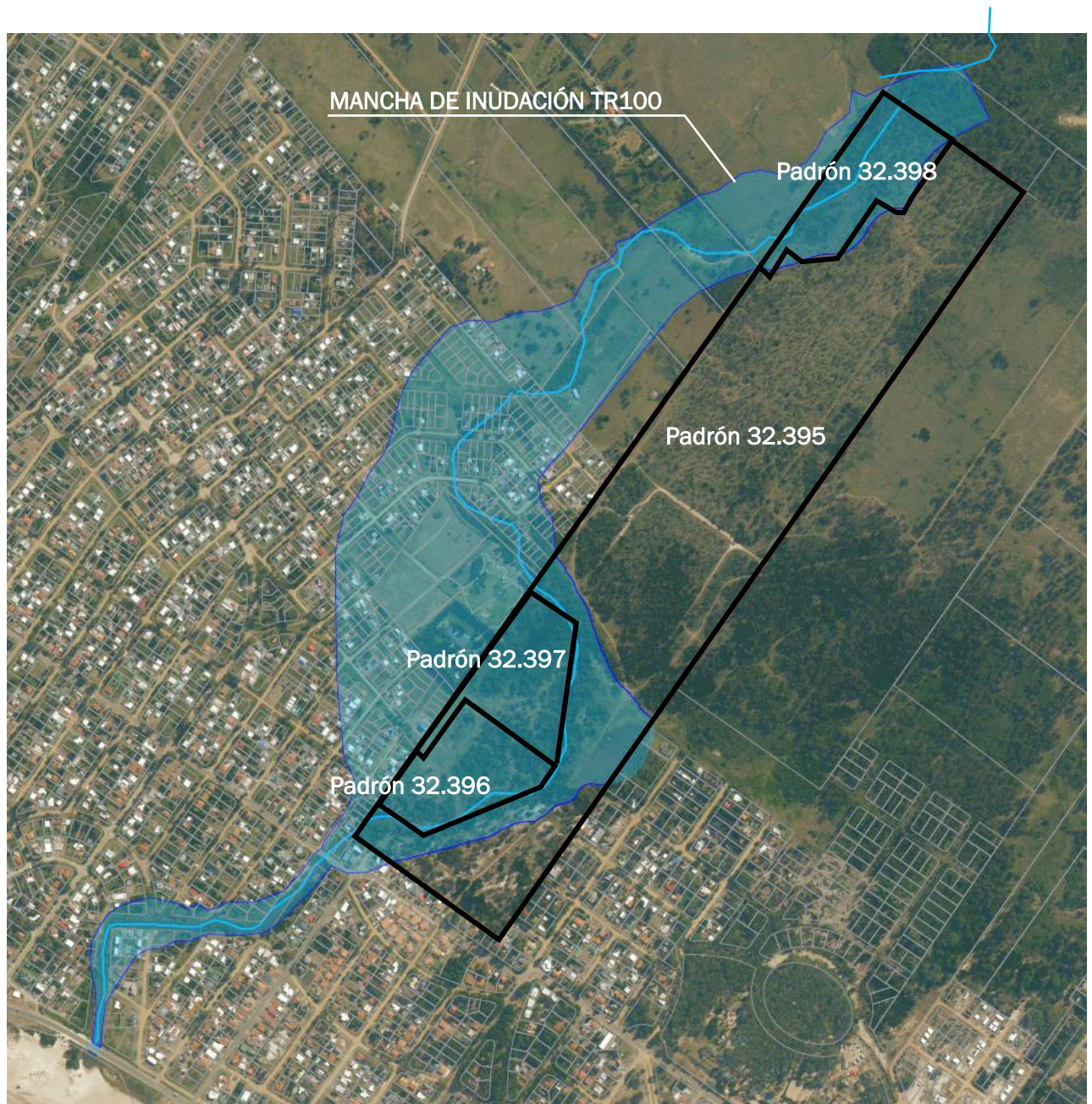


Figura 36 - Área de afectación Tr100 sobre padrón 32.395 y padrones 32.396-32.397 - Sector sur

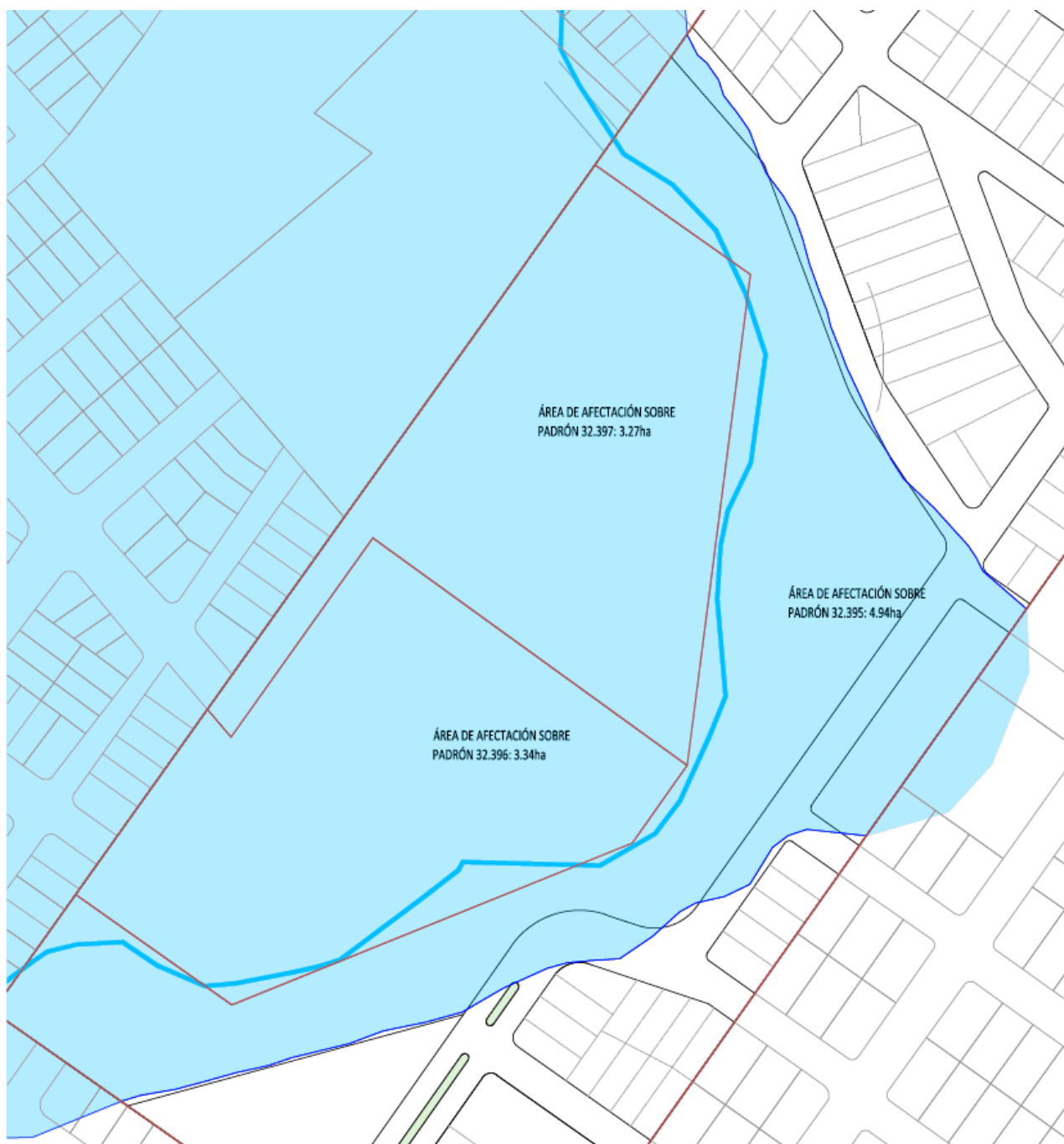


Figura 37 - Área de afectación Tr100 sobre padrón 32.395 y padrón 32.398 - Sector norte



4 CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio fue realizar una modelación hidrodinámica del curso de agua Zanja Honda, que permita la determinación de los niveles de inundabilidad sobre el padrón 32.395 de Maldonado, para evento de tormenta extrema de 100 años de periodo de retorno, considerando un escenario de máxima impermeabilización.

Los resultados presentados en el capítulo 3, se corresponden con el nivel alcanzado para un evento de precipitación de Tr100 y niveles en el Río de la Plata asociados a este mismo período de retorno. Es importante remarcar que dada la ubicación del padrón y la distancia a la que se encuentra del Río de la Plata, la influencia de los niveles de este Río sobre el arroyo no es significativa.

Se analizó además la influencia de la presencia de los puentes a lo largo del curso, observándose que su presencia no es determinante en los niveles de inundación de la zona de estudio.

Se determina entonces la afectación en 2 sectores en la zona de estudio que afectan los padrones 32.395 al 32.398 como sigue:

P32.395:	Sector sur 4.94 ha inundadas
	Sector norte 0.22 ha inundadas
P32.396	Totalidad del padrón inundado (3.34ha)
P32.397	Totalidad del padrón inundado (3.27ha)
P 32.398	3.35 ha inundadas

Se concluye que estos sectores inundados no afectan ningún nuevo solar proyectado sobre el padrón 32.395. La afectación se da únicamente en espacios libres o zonas de caminería.

En láminas L01 y L02 adjuntas a este informe se presenta lo antes mencionado.



ANEXO I

Informe de análisis estadístico



Informe Técnico

Análisis estadístico de los datos pluviométricos

27 de octubre de 2023

TECNICOS:

ANA LAURA PEREYRA
ING. CIVIL HIDRAULICO-AMBIENTAL
TÉCNICO RESPONSABLE

MICAELA MIRANDA
ING. CIVIL HIDRÁULICO-AMBIENTAL



CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	DATOS.....	2
3	METODOLOGÍA UTILIZADA.....	3
3.1	CON EXCEL.....	3
3.2	CON HYDROGNOMON	4
4	RESULTADOS.....	5
4.1	CON EXCEL.....	5
4.2	CON HYDROGNOMON	5
5	CONCLUSIONES.....	5

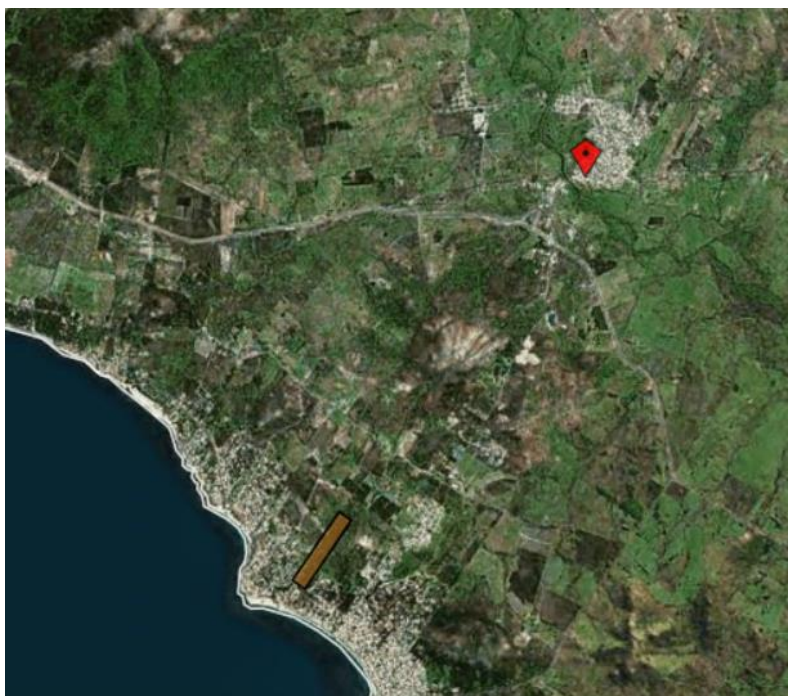


1 INTRODUCCIÓN

Este informe contiene el procedimiento utilizado para la asociación de los datos pluviométricos disponibles con cada periodo de retorno, considerándose TR de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 y 1000 años.

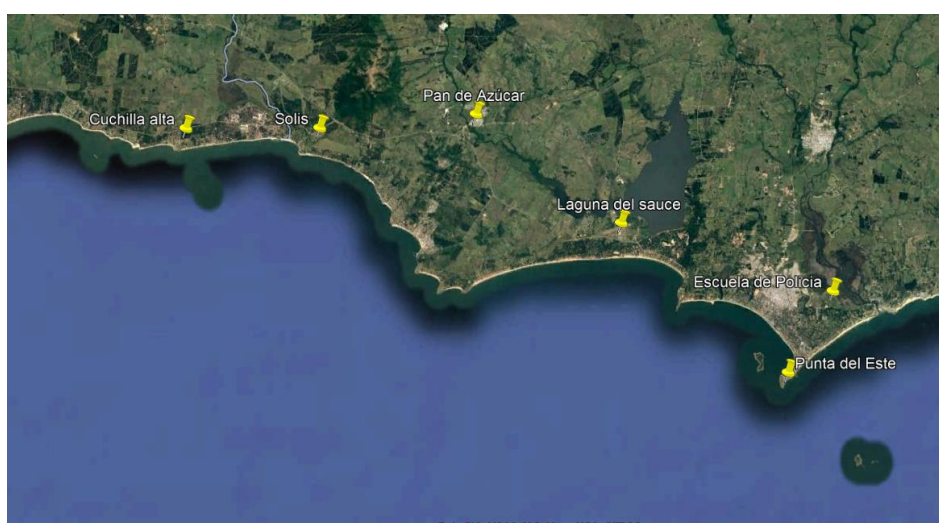
Para el análisis se utilizaron los datos del pluviómetro de Pan de Azúcar, que se encuentra en las cercanías del padrón de estudio (16.788). Los datos disponibles van desde 1985 hasta 2020.

Figura 1: Ubicación del pluviómetro en relación al padrón de estudio



Se realizó una interpolación por el inverso de la distancia para los datos faltantes y se utilizaron los datos pluviométricos de las estaciones de Cuchilla Alta, Solis, Laguna del Sauce, Escuela de Policía y Punta del Este.

Figura 2: Ubicación de los pluviómetros utilizados.



Los cálculos se realizaron mediante la herramienta de Excel y se verificaron utilizando el software de libre uso "Hydrognomon".



2 DATOS

Los datos obtenidos de cada pluviómetro son de las precipitaciones por día, que se procesaron mediante Excel para obtener para cada año el valor de las precipitaciones diarias máximas.

Tabla 1: Precipitaciones máximas diarias por año

Etiquetas de fila	Máx. de Preci (mm)
1,985	69.0
1,986	85.0
1,987	55.0
1,988	130.0
1,989	103.0
1,990	85.5
1,991	72.0
1,992	79.0
1,993	135.0
1,994	85.0
1,995	61.0
1,996	92.0
1,997	80.0
1,998	58.0
1,999	90.0
2,000	123.0
2,001	86.0
2,002	90.0
2,003	67.3
2,004	54.6
2,005	73.6



2,006	48.5
2,007	104.0
2,008	73.0
2,009	78.0
2,010	66.0
2,011	51.0
2,012	71.0
2,013	48.0
2,014	132.0
2,015	50.0
2,016	88.0
2,017	57.0
2,018	110.0
2,019	73.0
2,020	27.0
Total general	135

Estos datos se obtuvieron teniendo en cuenta las interpolaciones ya mencionadas.

3 METODOLOGÍA UTILIZADA

3.1 Con Excel

Para el cálculo con Excel se aproximó la probabilidad de ocurrencia mediante la función de Gumbel.

$$F(x) = e^{-e^{-(x-u)/\alpha}}$$

Siendo $\alpha = \frac{s_x}{\sigma_y}$, $u = \bar{X} - \mu_y * \alpha$, \bar{X} media aritmética y s_x desviación estándar

Los valores σ_y y μ_y son constantes de la función determinados por la cantidad de datos de la muestra, que en este caso es 36, resultando $\sigma_y = 1.1313$ y $\mu_y = 0.541$.

F(x) es la probabilidad de que se presente un valor inferior a x, siendo x la incógnita, se despeja resultando:

$$x = -\ln(-\ln(F(x))) - \alpha + u$$



Por otro lado,

$$F(x) = 1 - \frac{1}{TR}$$

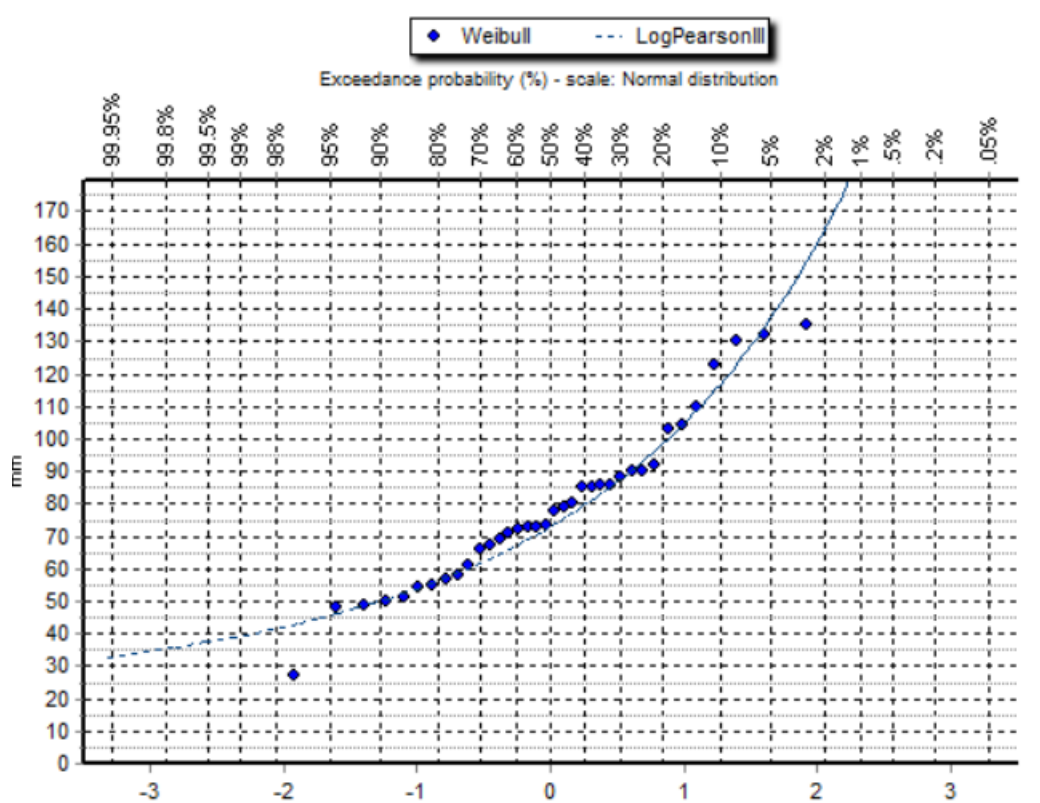
Variando el TR para los valores a utilizar (2, 5, 10, 25, 50, 100 y 1000) se hallaron para cada uno la precipitación asociada.

3.2 Con Hydrognomon

Se ingresan al software los datos de las precipitaciones máximas diarias anuales, el software permite utilizar distintas funciones, se debe utilizar una función que se ajuste lo mejor posible a los datos.

Para esto se realiza el test de Kolmogorov-Smirnov. El test devuelve distintos valores que dan una noción objetiva de cuál función se ajusta mejor. Luego de visualizar estos valores, se resolvió utilizar la función LogPearsonIII.

Figura 3: Ajuste de la función LogPearsonIII



Luego, cambiando los periodos de retorno se hallaron las precipitaciones máximas.



4 RESULTADOS

4.1 Con Excel

A continuación, se presentan los resultados obtenidos con el ajuste con Gumbel,

Tabla 2: Resultados mediante el uso de Excel con ajuste por Gumbel

T años	P (mm)
2	75.32
5	100.40
10	117.01
25	137.99
50	153.56
100	169.01
500	204.71
1000	220.06

4.2 Con Hydrognomon

A continuación, se presentan los resultados obtenidos con el ajuste con LogPearsonIII,

Tabla 3: Resultados mediante el uso de Hydrognomon con ajuste LogPearsonIII

Tr	P(mm)
2	72.90
5	98.50
10	117.30
25	143.30
50	164.30
100	186.80
500	246.10
1000	275.20

5 CONCLUSIONES

Realizando los cálculos con distintos métodos, ajustando a distintas funciones se obtuvieron valores de órdenes similares, por lo tanto, se concluye que los resultados son confiables y reflejan la realidad en el padrón a estudiar.

A partir del test de Kolmogorov-Smirnov, se concluye que los valores calculados utilizando la función LogPearsonIII reflejan de manera más certera la realidad y, por lo tanto, se continúan los cálculos de la modelación hidrodinámica con los valores expresados en la Tabla 4.



ANEXO II

Informe de relevamiento de datos de campo (afectación a viviendas)



Informe Técnico

Relevamiento de datos para validación del modelo

25 de octubre de 2023

TECNICOS:

ANA LAURA PEREYRA
ING. CIVIL HIDRAULICO-AMBIENTAL
TÉCNICO RESPONSABLE

MICAELA MIRANDA
ING. CIVIL HIDRÁULICO-AMBIENTAL



CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	EVENTOS DE PRECIPITACIÓN SELECCIONADOS.....	2
3	VIVIENDAS RELEVADAS.....	3
4	RESUMEN DE DATOS RELEVADOS.....	8



1 INTRODUCCIÓN

El presente informe técnico contiene la información de campo recabada en relación a los conocimientos de los vecinos de la zona sobre las inundaciones ocurridas hasta la fecha.

Para ello, el día 24 de octubre de 2023 concurrió al sitio la Ing. Ana Laura Pereyra con el propósito de efectuar diversas entrevistas a vecinos de la zona que permitan obtener información respecto a los niveles de agua alcanzados, producto de los desbordes del arroyo Zanja Honda, durante los eventos extremos ocurridos.

En base a los datos obtenidos se podrá realizar la validación del modelo hidrodinámico.

Previo a la recorrida de campo, se efectuó un análisis de los eventos de precipitación que pudiesen generar inundaciones en la zona, con miras a consultar puntualmente a los vecinos sobre estos.

Asimismo, se seleccionó la zona de interés donde efectuar las entrevistas, puesto que de la modelación preliminar realizada se observa la afectación de numerosas viviendas (ver Figura 1).

En particular, la jornada de entrevistas se efectúa en el sector urbanizado ubicado al oeste del padrón 16.788. Dicha zona es de especial interés puesto que el arroyo la atraviesa dentro de la zona urbanizada y además se encuentra cercano al padrón 16.788 en estudio.

Figura 1 - Zona de relevamiento de viviendas



2 EVENTOS DE PRECIPITACIÓN SELECCIONADOS

Tal como se describió antes, de la información disponible (datos diarios de pluviómetro de INUMET en Pan de Azúcar) se ha efectuado un análisis estadístico (Anexo I) de donde entre otros aspectos se han extraído los eventos extremos de mayor recurrencia hasta la fecha en los últimos 20 años.

Se obtuvieron entonces los siguientes eventos:

Febrero 2014 (entre Tr10 y Tr25)

Evento Febrero 2014 Pmáx=132mm

02-02-14	12
03-02-14	2
04-02-14	0
05-02-14	17.3
06-02-14	46
07-02-14	132
08-02-14	29
09-02-14	0
10-02-14	0
11-02-14	16
12-02-14	0

Diciembre 2018 (entre Tr5 y Tr10)

Evento Diciembre 2018 - Pmáx=75mm
--

13-12-18	75
14-12-18	15
15-12-18	0
16-12-18	55
17-12-18	15

Abril 2016 (Entre Tr2 y Tr5)

Evento Abril 2016 Pmáx=88mm
--

13-04-16	4
14-04-16	0
15-04-16	88.0
16-04-16	64
17-04-16	14.5
18-04-16	12
19-04-16	6
20-04-16	1



Durante el trabajo de campo efectuado se ha consultado respecto a estos eventos de precipitación.

Se asume que cuando se menciona por parte de los entrevistados el evento de mayor relevancia ocurrido, este hace referencia al evento de 2014.

3 VIVIENDAS RELEVADAS

En la Figura a continuación se presentan las viviendas y edificaciones donde se ha podido relevar información respecto a las inundaciones ocurridas.

Figura 2 - Viviendas entrevistadas



A continuación, se resume la información obtenida de las entrevistas y se indica en **negrita** la condición asumida para la validación del modelo hidrodinámico.



#1 - Vivienda Correa

Esta vivienda se ubica a unos 260m del cauce principal del arroyo Zanja Honda sobre la margen derecha.

Durante la recorrida se entrevistó al residente que indica que en el evento de mayor magnitud vivido el nivel de agua alcanzó unos 55cm por encima del nivel del piso, anegando la vivienda en cuestión. Se presentan a continuación fotografías tomadas durante la entrevista.

Figura 3 - Marca de agua indicada por vecino de nivel alcanzado en evento de mayor magnitud



En relación a esta información recabada se ha solicitado al Ing. Agrimensor el relevamiento del piso próximo a la vivienda. Dicha cota relevada es de 5.17m, por lo que **se asume que el nivel máximo alcanzado durante el evento de mayor magnitud que vivió el vecino en esta vivienda ha sido aproximadamente 5.70m.**

#2 - Vivienda sobre Calle 7

Esta vivienda se ubica a unos 250m del arroyo en su margen derecha. Según la información recabado se conoce que en esta vivienda las inundaciones son frecuentes (cada 1 año) y el agua ingresa a la vivienda con un tirante de unos 20 y 30cm.

En este sentido se solicitó el relevamiento altimétrico del umbral de casa, obteniéndose una cota de 5.85m. A este valor se le adiciona 0.30m y se determina que la cota de pelo de agua en una inundación frecuente (Tr1 o menor) es de 6.15m.

Se entiende que para los eventos de mayor magnitud (2014, 2016 y 2018) el pelo de agua alcanzado deberá ser superior.

#3 - Vivienda frente a Correa

La vivienda #3 está ubicada a unos 260m del arroyo en su margen derecha y según la información brindada el agua ha alcanzado la escalera de ingreso al contenedor.

Se ha solicitado el relevamiento de este punto tomándose un valor de 5.69m. **Dicho valor se asume corresponde al evento de 2014 indicado también por el vecino frentista como el evento de mayor magnitud que recuerda (Correa).**

Figura 4 - Casa de contenedores - Inundación hasta la escalera



#4 - Vivienda sobre Calle 5

Esta vivienda se ubica a unos 30m del arroyo en su margen izquierda sobre la calle 5 donde existe un puente para el cruce del mismo. Según la información recabada se conoce que en esta vivienda las inundaciones son frecuentes (cada 1 año) y el agua ingresa a la vivienda con un tirante de unos 8cm.

En este sentido se solicitó el relevamiento altimétrico del umbral de casa, obteniéndose una cota de 6.67m. A este valor se le adiciona 0.08m y se determina la cota de pelo de agua en una inundación frecuente (Tr1 o menor), es decir el nivel de agua será de 6.75m.

Se entiende que para los eventos de mayor magnitud (2014, 2016 y 2018) el pelo de agua alcanzado deberá ser superior.



#5 - Vivienda a orillas de arroyo

La vivienda #5 se ubica a orillas del arroyo sobre la margen derecha. Su acceso es mediante un puente de madera desde la calle 4.

De la entrevista efectuada a sus habitantes surge que el nivel máximo recordado de inundación alcanzó la baranda de dicho puente.

Dicha cota según el relevamiento altimétrico efectuado es de 7.66m y se asocia al evento de 2014.

Figura 5 - Baranda hasta donde ha llegado nivel de agua



#6 - Centro comunal

El centro comunal se ubica sobre calle 26 a unos 120m del curso sobre margen derecha. Según se indicó por parte de los vecinos **en esta edificación nunca ha ingresado el agua. Se ha relevado el umbral de la edificación obteniéndose una cota de 7.03m.**

Figura 6 - Centro comunal



#7 - Vivienda sobre calle 4

Esta vivienda se ubica sobre margen derecha del arroyo a unos 85m del mismo. Se indicó por parte de los vecinos que allí residen que en la máxima creciente el agua no ha ingresado a la vivienda, pero queda a la altura de la vereda previa al ingreso a la casa.

Se ha relevado dicha cota obteniéndose el valor 6.97m. Se asume que esta cota se corresponde con el pelo de agua en el evento de 2014.

Figura 7 - Vereda de vivienda 7



4 RESUMEN DE DATOS RELEVADOS

Se presenta en la table a continuación el resumen de los datos obtenidos y su relación con los períodos de retorno de los eventos simulado.

Con esta información se validará el modelo hidrodinámico.

Tabla 1 - Resumen de datos relevados

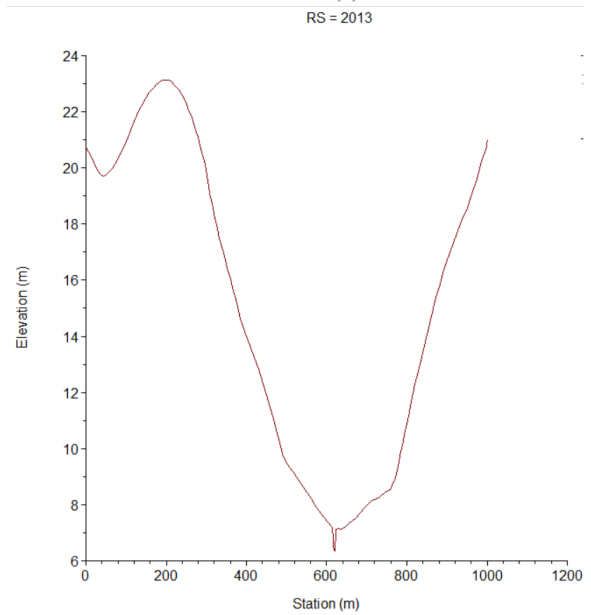
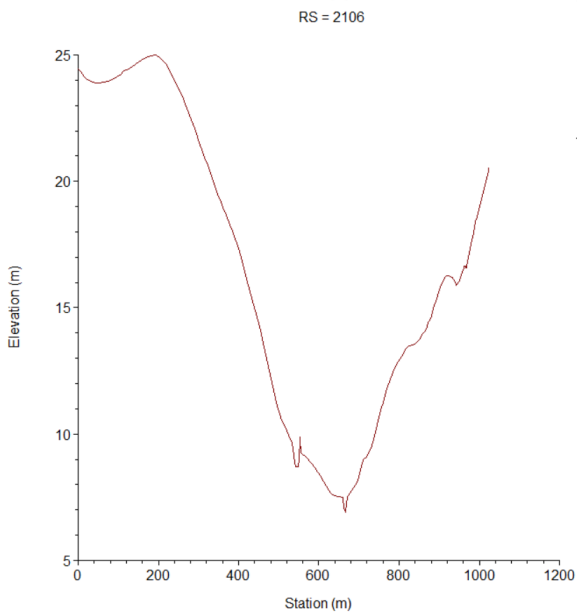
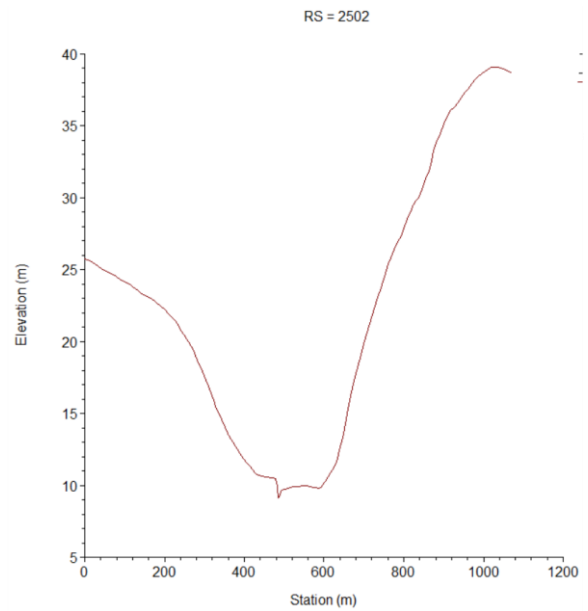
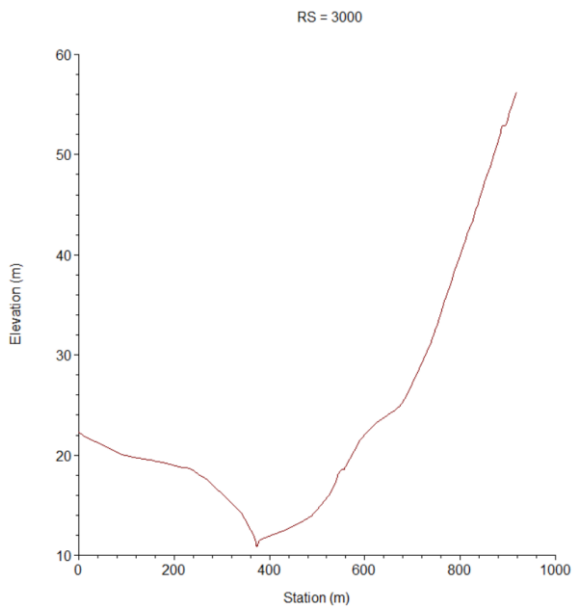
ID	Punto	Nivel PA	Tr
1	Casa Correa	5.70	10-25
2	Vivienda 2	6.15	1-2
3	Casa contenedor	5.69	10-25
4	Vivienda 4	6.75	1-2
5	Vivienda 5	7.66	10-25
6	Centro comunal	7.03	Nunca ha llegado el agua
7	Vivienda 7	6.97	10-25

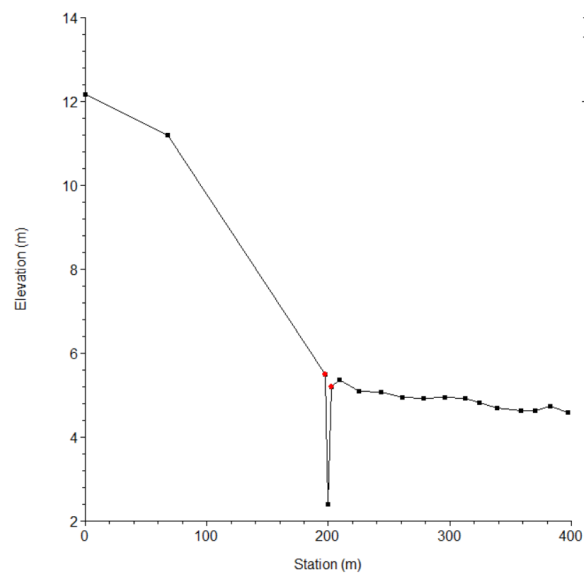
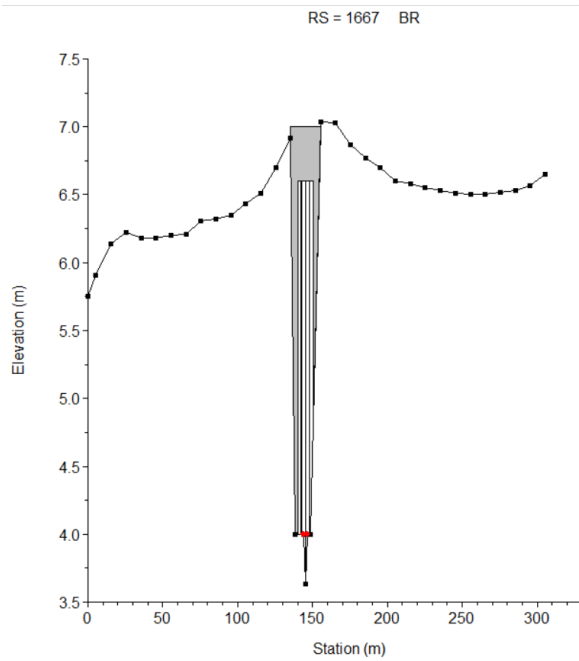
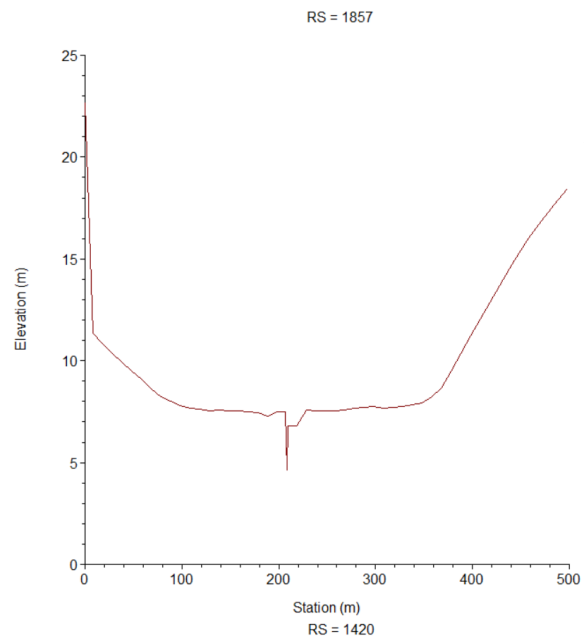
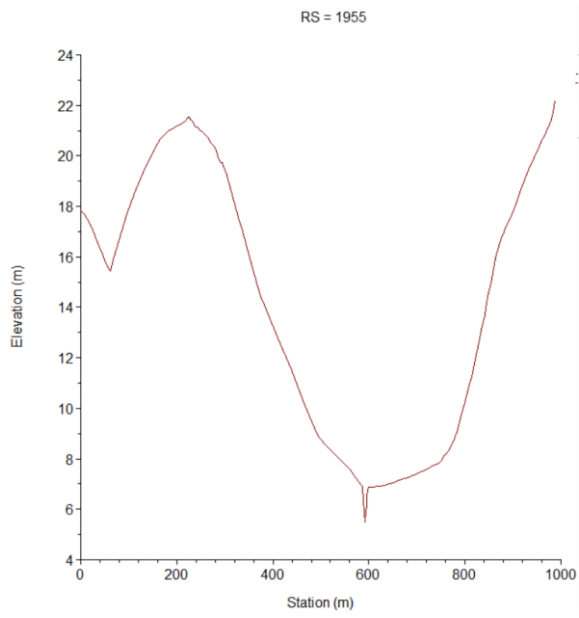


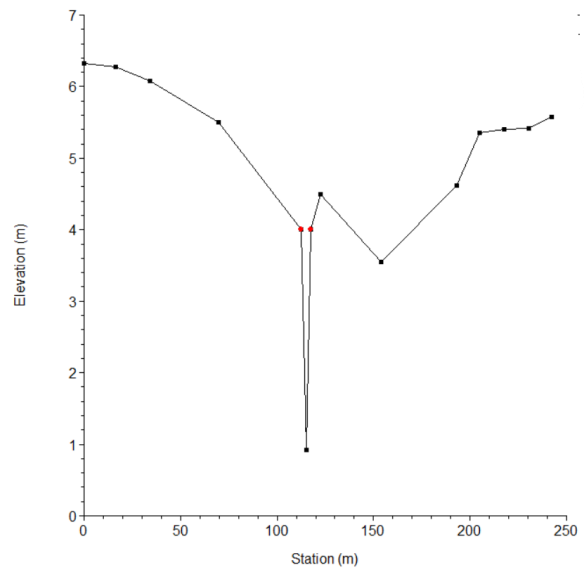
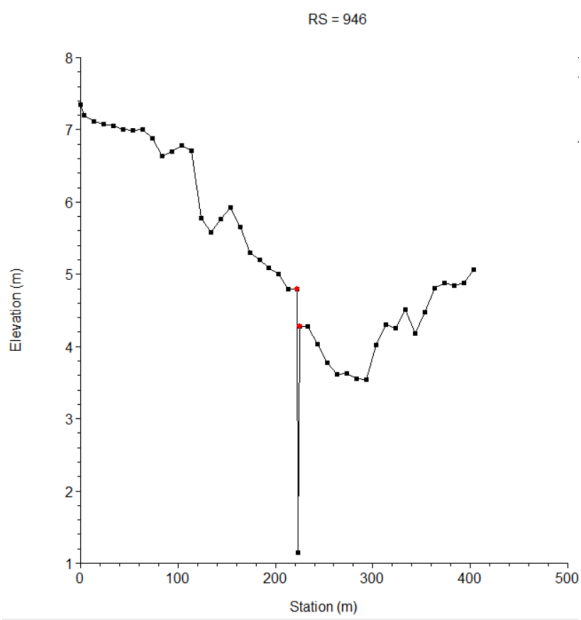
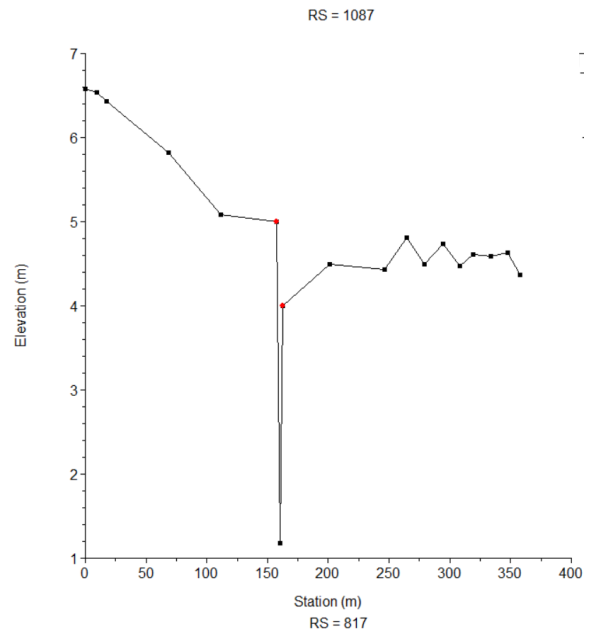
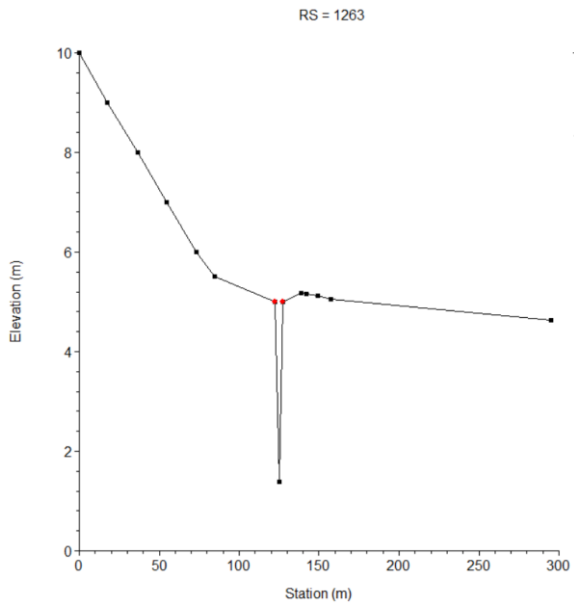
ANEXO III

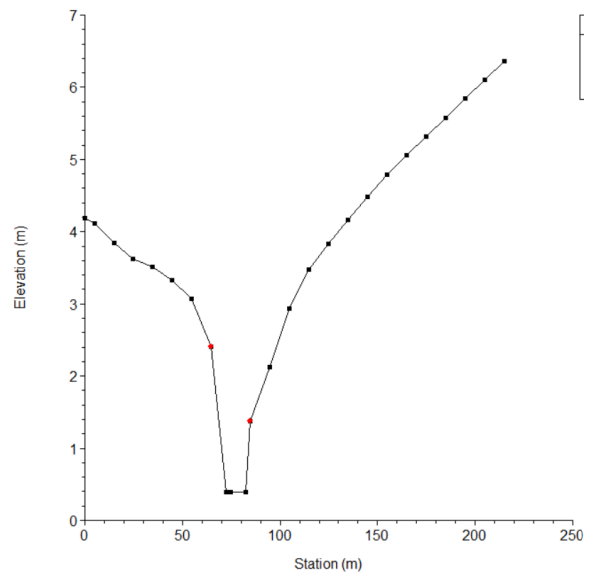
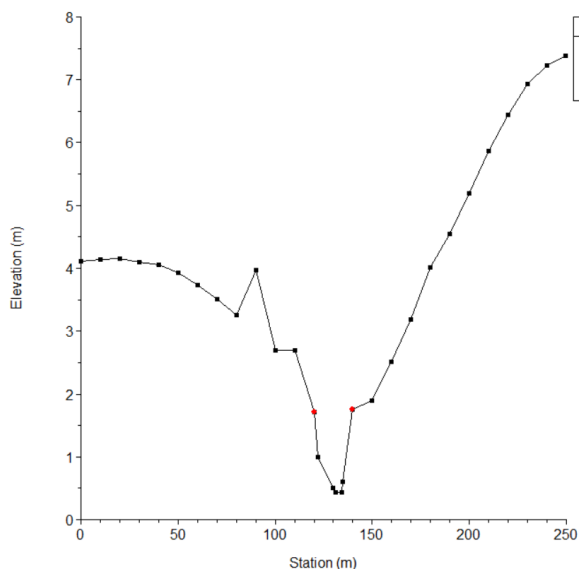
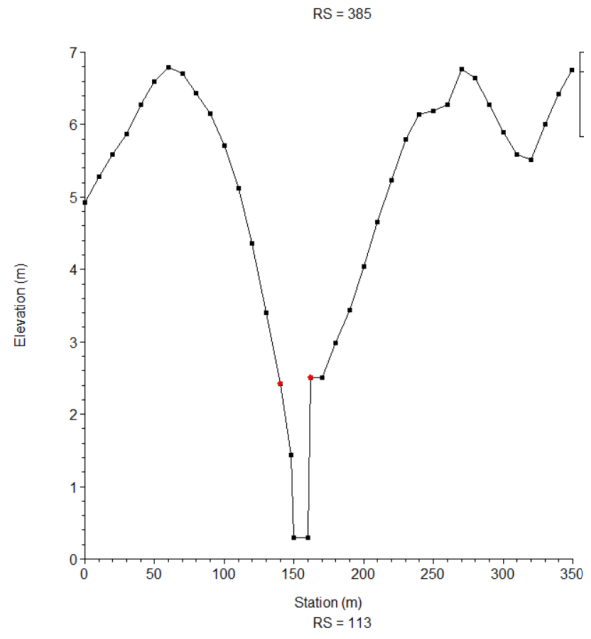
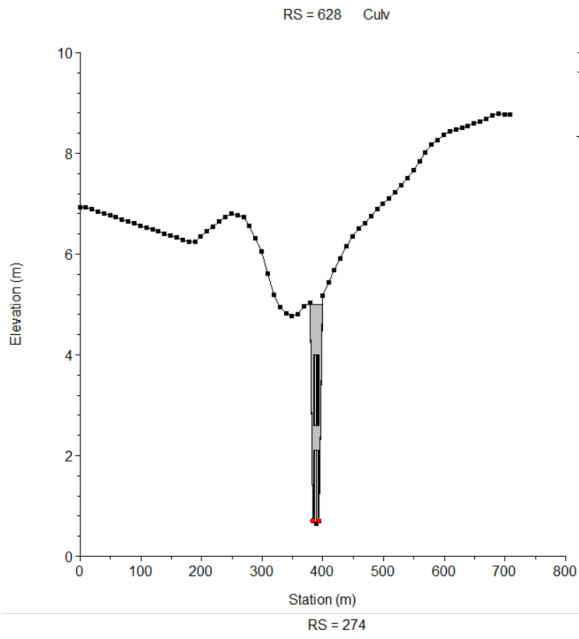
Secciones modeladas en HEC-RAS

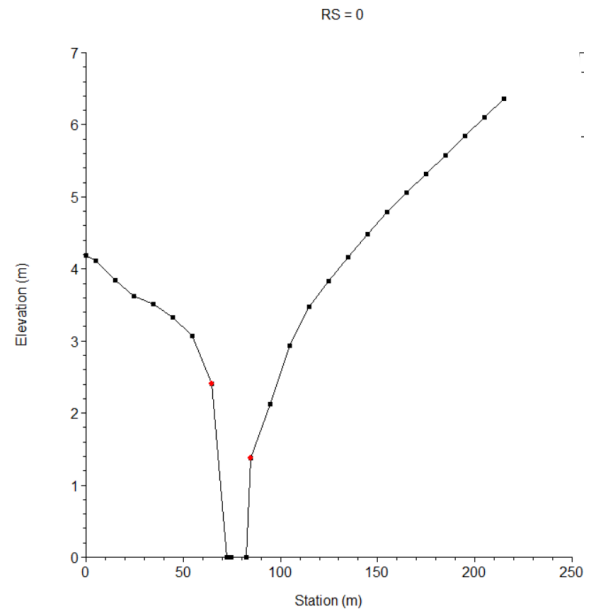
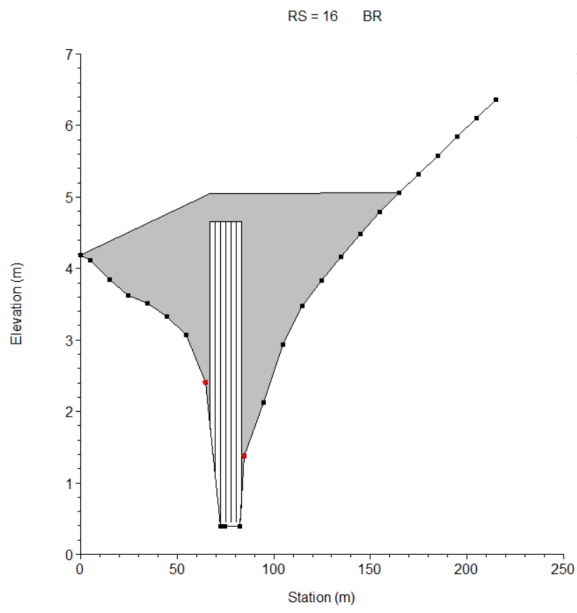


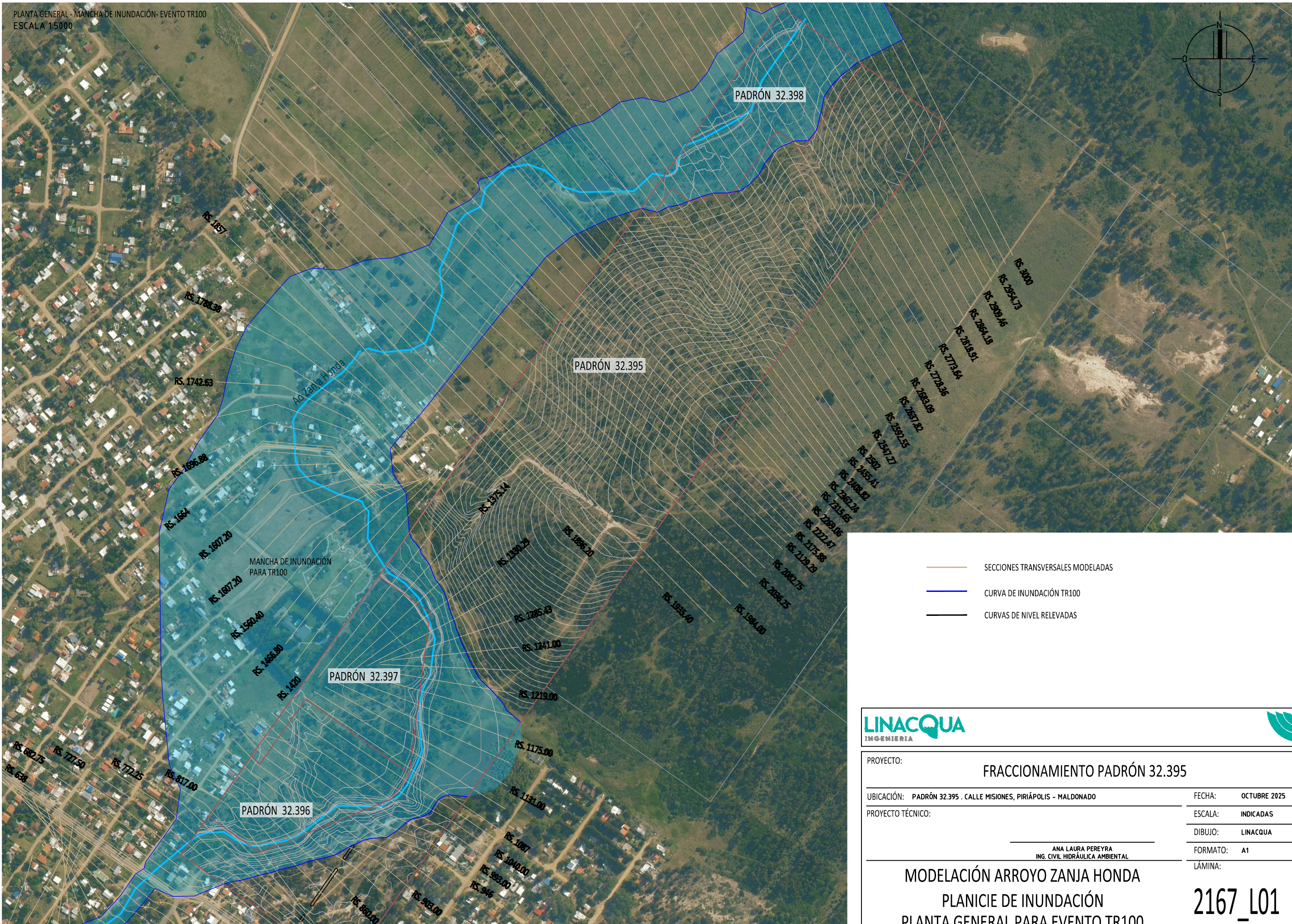
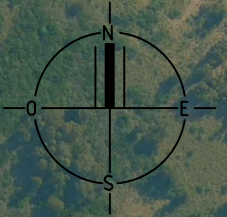












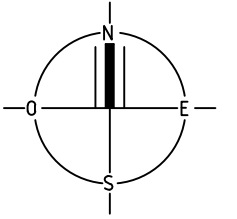
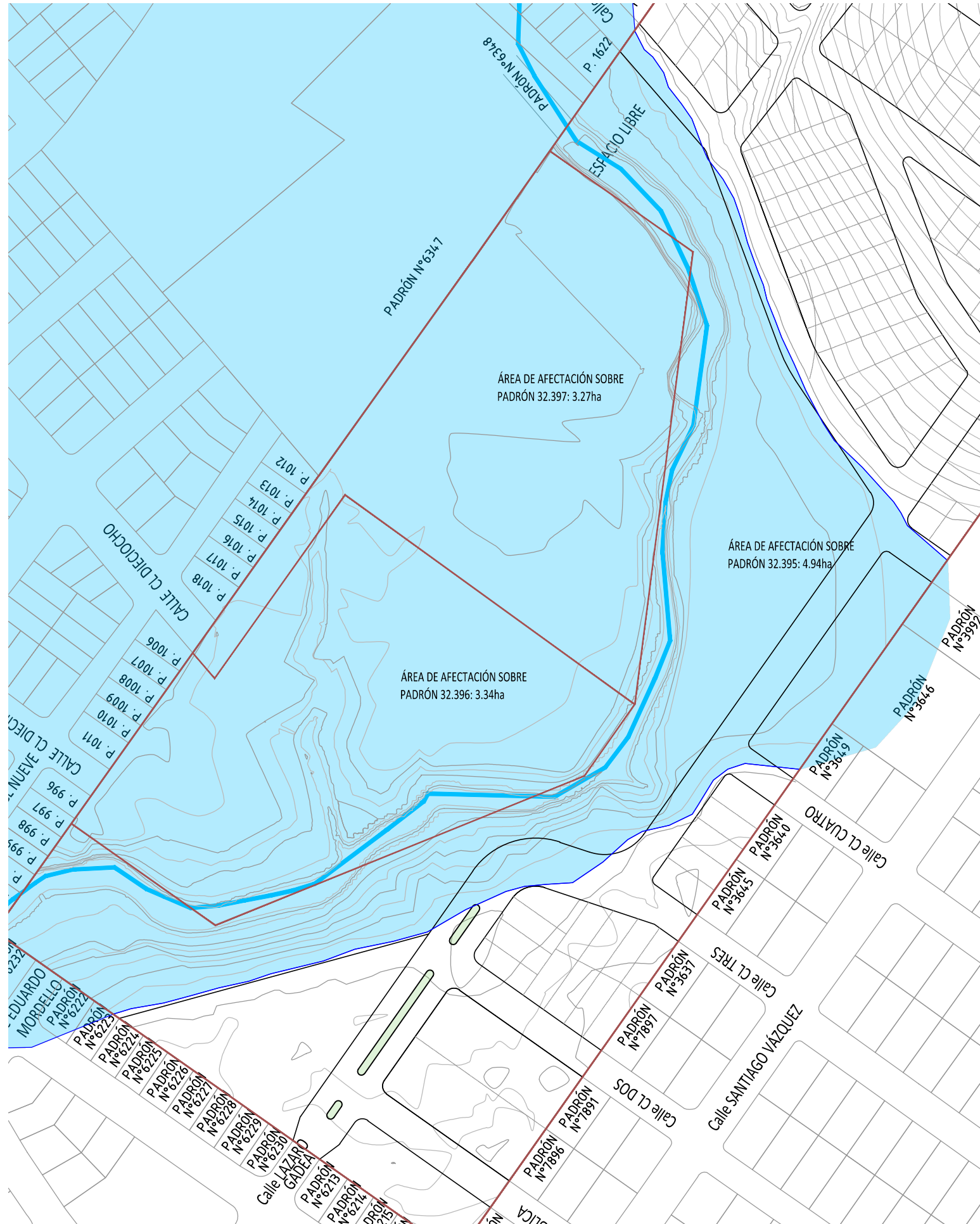


- SECCIONES TRANSVERSALES MODELADAS
- CURVA DE INUNDACIÓN TR100
- CURVAS DE NIVEL RELEVADAS

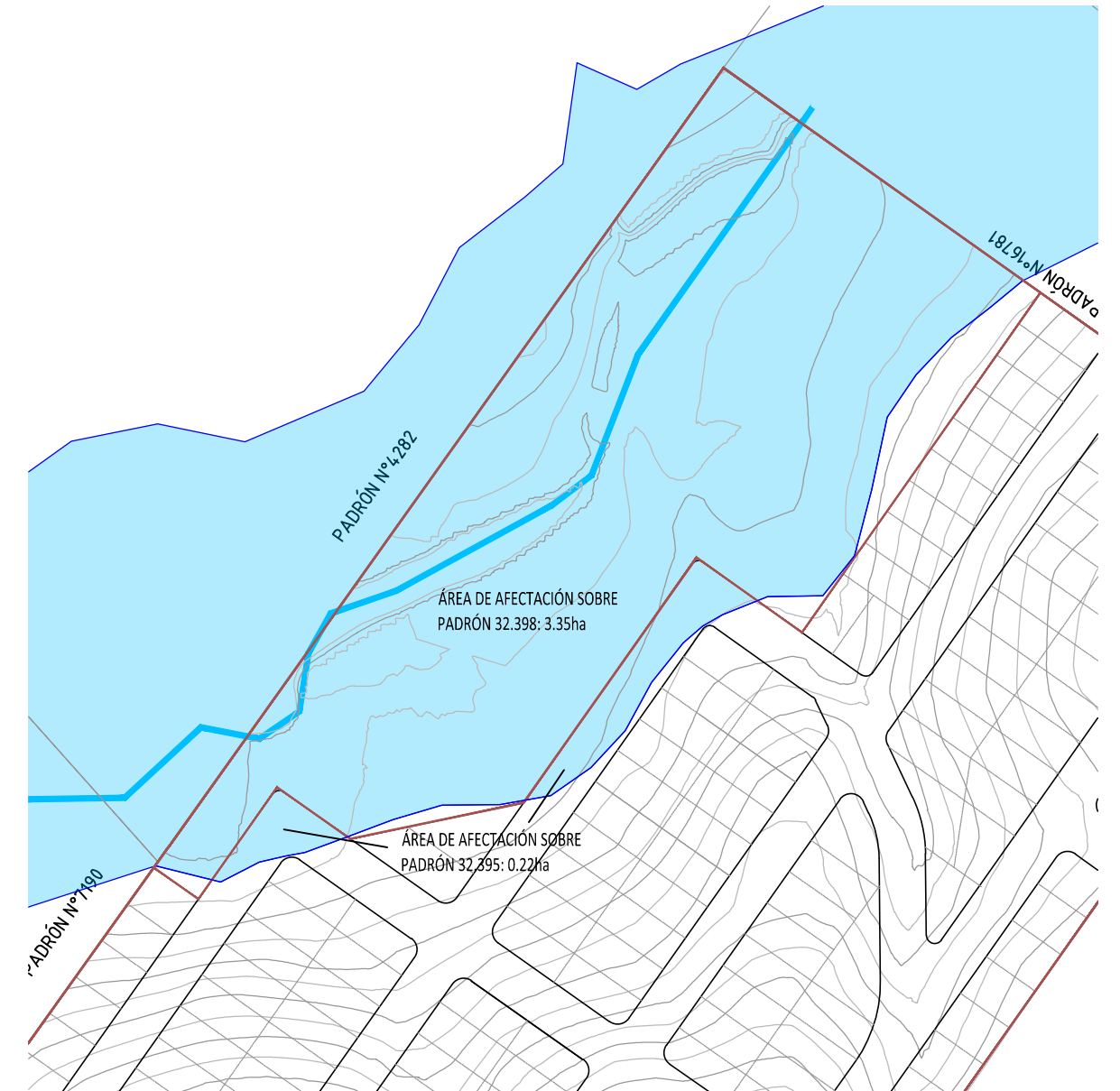


PROYECTO:		FRACCIONAMIENTO PADRÓN 32.395		
UBICACIÓN:		PADRÓN 32.395 . CALLE MISIONES, PIRIÁPOLIS - MALDONADO	FECHA:	OCTUBRE 2025
PROYECTO TÉCNICO:			ESCALA:	INDICADAS
			DIBUJO:	LINACQUA
			FORMATO:	A1
			LÁMINA:	
<div>ANA LAURA PEREYRA ING. CIVIL HIDRÁULICA AMBIENTAL</div>				
MODELACIÓN ARROYO ZANJA HONDA PLANICIE DE INUNDACIÓN PLANTA GENERAL PARA EVENTO TR100				
2167_L01				

PLANTA ZONA DE AFECTACIÓN SECTOR SUR - MANCHA DE INUNDACIÓN- EVENTO TR100
ESCALA 1:2500



PLANTA ZONA DE AFECTACIÓN SECTOR NORTE - MANCHA DE INUNDACIÓN- EVENTO TR100
ESCALA 1:2500



PROYECTO:	FRACCIONAMIENTO PADRÓN 32.395
-----------	-------------------------------

UBICACIÓN: PADRÓN 32.395 . CALLE MISIONES, PIRIÁPOLIS - MALDONADO

FECHA: OCTUBRE 2025

PROYECTO TÉCNICO:

ESCALA: INDICADAS

DIBUJO: LINACQUA

FORMATO: A1

LÁMINA:

ANA LAURA PEREYRA
ING. CIVIL HIDRÁULICA AMBIENTAL

ANA LAURA PEREYRA
ING. CIVIL HIDRÁULICA AMBIENTAL

MODELACIÓN ARROYO ZANJA HONDA
PLANICIE DE INUNDACIÓN
AFECTACIÓN SOBRE PADRÓN 32.395 PARA TR100

2167 L02

ANEXO B

Estudio de Identificación de Ambientes y Descripción del Medio Biótico



Fraccionamiento

Ao. Zanja Honda

Identificación de ambientes y
descripción del medio biótico

Contenido

1. Introducción
2. Localización del ámbito de actuación
3. Unidades ambientales identificadas
4. Descripción de las unidades ambientales:
 - Aguada
 - Islas de bosque mixto sobre herbazal
 - Ao. Zanja Honda y bosque ribereño asociado
 - Planicie de inundación y vegetación asociada
 - Bosque Eucaliptus sobre suelo arenoso
 - Humedal alterado
 - Bosque mixto
 - Forestación de Eucalyptus
5. Consideraciones finales
6. Anexos

1. Introducción

Se realiza en este apartado la descripción del medio biótico del padrón 16.788, en donde se recogen las principales características de los ambientes existentes. En este sentido, se desarrollan aquí las unidades de vegetación presentes y la fauna asociada. Para cumplir con tal objetivo, se realizó trabajo de campo a fin de hacer reconocimiento de especies, registro fotográfico y su localización espacial al interior del padrón para poder mapear posteriormente.

2. Localización del ámbito de actuación



Fig. 1- Ubicación del padrón 16.788 referenciado en rojo.

El padrón 16788 se encuentra ubicado en el Municipio de Piriápolis en la localidad de Playa Grande. Se trata de un padrón rural lindero a la urbanización. Se reconoce al padrón rural 16781 como límite noreste y varias casas linderas a la calle Misiones como límite suroeste (siendo esta la entrada al padrón). A su vez el padrón limita al oeste con los padrones N° 4282 (rural) al 1002 (urbano), y al este con los padrones N°30084 (rural) al 7888.

El padrón en estudio se encuentra en la cuenca hidrográfica del Arroyo Zanja Honda, cuenca que abarca un área de 12 km² aproximadamente. Las aguas que caen dentro de las divisorias de agua de esta cuenca de drenaje fluyen hasta el Arroyo Zanja Honda, curso de agua que termina desembocando e influyendo en la costa del Río de la Plata.



Fig. 2- Ámbito de estudio referenciado sobre Arroyo Zanja Honda y su cuenca hidrográfica.

3. Unidades ambientales identificadas

Para la definición de unidades ambientales se utilizaron dos criterios:

1. Criterios ecológicos para definir aquellas unidades que muestran indicadores generales de los ecosistemas. Los elementos principales de atención para concretar territorialmente este criterio son la vegetación y la fauna.
2. Criterios de funcionalidad, que permiten definir unidades por el papel que cumplen ciertas zonas en el conjunto del ámbito, por ejemplo en la recarga de acuífero, en el control de la erosión, para la alimentación de la fauna o de la población, etc.

Las unidades ambientales identificadas (figura 3) a partir de los criterios mencionados fueron 8:

1. Aguada.
2. Islas de bosque mixto sobre herbazal
3. Ao. Zanja Honda y bosque ribereño asociado
4. Planicie de inundación y vegetación asociada
5. Bosque de Eucaliptus sobre suelo arenoso
6. Humedal alterado
7. Bosque mixto
8. Forestación de Eucaliptus

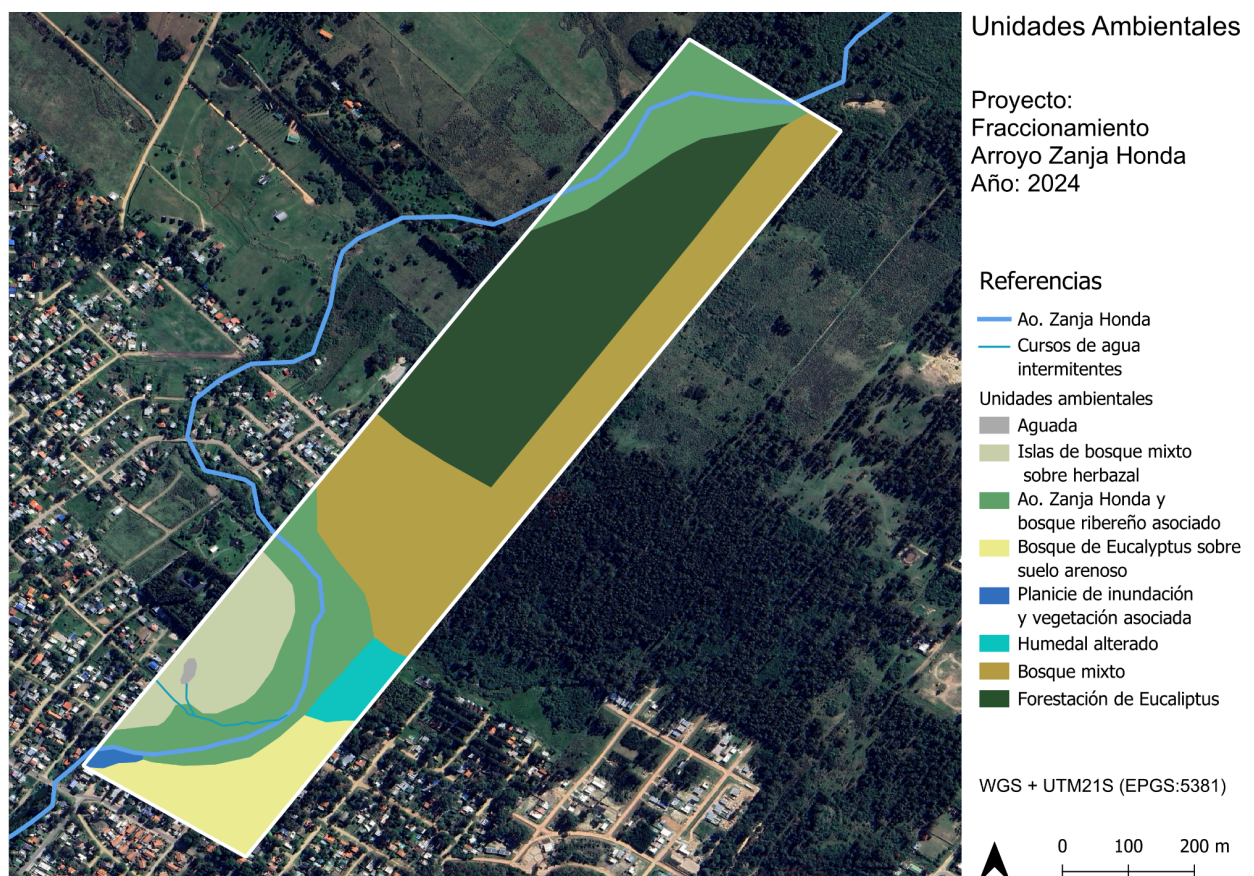


Fig. 3- Unidades Ambientales identificadas

4. Descripción de las unidades ambientales

Aguada



Pequeña porción del territorio de estudio donde se denota la presencia permanente de agua y predomina como especie vegetal la *Typha domingensis* (Totora) y en menor proporción *Eryngium horridum* (Caraguatá). Asociado a este ambiente, se puede apreciar la presencia de aves que recorren aguas someras (Azpiroz, 2012) en busca de alimento como es el caso de *Egretta thula* (Garza Blanca Chica).



Imagen 1. Captura de Garza blanca chica en sitio.

Islas de bosque mixto sobre herbazal



Ambiente caracterizado por poseer tres estratos bien diferenciados. El estrato inferior, a modo de matriz, se compone de un conjunto diverso de gramíneas y especies cubresuelo. El estrato medio, incluye especies herbáceas dispersas con predominio de *Acanthostyles buniifolius* (Chirca) y en menor proporción especies varias como *Baccharis dracunculifolia* (Chirca blanca), *Baccharis trimera* (Carqueja) y *Baccharis notoserigila*. El estrato mayor lo componen especies arbustivas y arbóreas conformando parches aislados compuestos por una gran diversidad de especies dentro de las cuales se encuentran: *Eucalyptus globulus* (*Eucalyptus*), *Eugenia uniflora* (Pitanga), *Lithraea brasiliensis* (Aruera), *Scutia buxifolia* (Coronilla), *Schinus engleri* (Molle), *Citharexylum montevidense* (Tarumán), *Pyracantha spp.*, *Celtis ehrenbergiana* (Tala), *Berberis laurina* (Espina amarilla), *Laurus Nobilis* (Laurel), *Allophylus edulis* (Chal Chal), *Blepharocalyx salicifolius* (Arrayán). También, asociados a estas islas de vegetación se le anexan especies trepadoras como *Rubus ulmifolius* (Zarzamora), *Smilax campestris* (Zarzaparrilla) y *Lonicera japonica* (Madreselva).

Este ambiente presenta una grán variedad en cuanto a la distribución y configuración de los parches de bosque, ya que se reconoce la presencia de equinos (principalmente caballos) ejerciendo presión sobre la vegetación y el suelo. Se identificó una importante presencia de avifauna sobrevolando el área y comunicándose entre islas de bosques aislados. Se constata in situ la presencia de *Colaptes campestris* (Carpintero Nuca Roja) y *Parula pitiayumi* (Pitiayumí).



Imagen 2. Captura de Carpintero (imagen derecha) y Pitiayumí (imagen izquierda).

Ao. Zanja Honda y bosque ribereño asociado



Este ambiente está compuesto por una gran diversidad de especies predominantemente arbustivas / arbóreas densamente agrupadas. Posee mayor presencia de nativas y algunas exóticas con predominancia de *Acacia longifolia*, y en menor proporción, algunos ejemplares aislados de *Ligustrum lucidum* y *Phoenix canariensis*. Existe la presencia, en algunas zonas, de enredaderas como Madreselva (exótica) y Zarzaparrilla (nativa). Como especie destacada en un estrato arbóreo mayor, se encuentran ejemplares dispersos de *Eucaliptus globulus*. Las especies vegetales nativas que componen la matriz de este ambiente son principalmente *Lithraea brasiliensis* (Aruera), *Myrcianthes cisplatensis* (Guayabo Colorado), *Schinus engleri* (Molle), *Scutia buxifolia* (Coronilla), *Blepharocalyx salicifolius* (Arrayán), *Allophylus edulis* (Chal chal), *Celtis ehrenbergiana* (Tala), *Berberis laurina* (Espina amarilla), *Myrsine laetevirens* (Canelón), *Colletia paradoxa* (Espina de cruz) y *Baccharis dracunculifolia* (Chirca blanca).

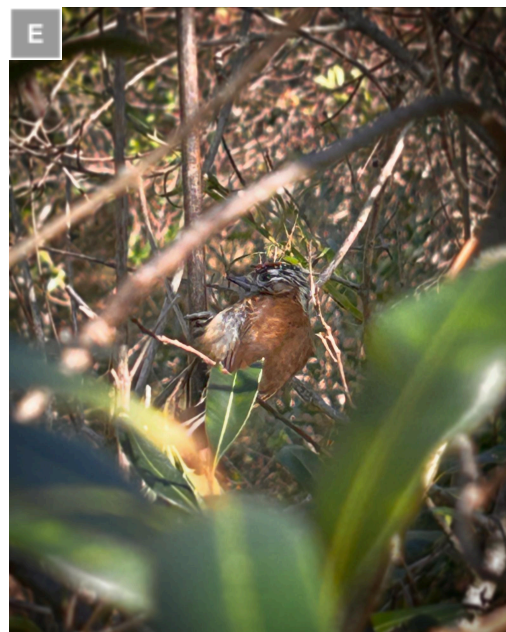
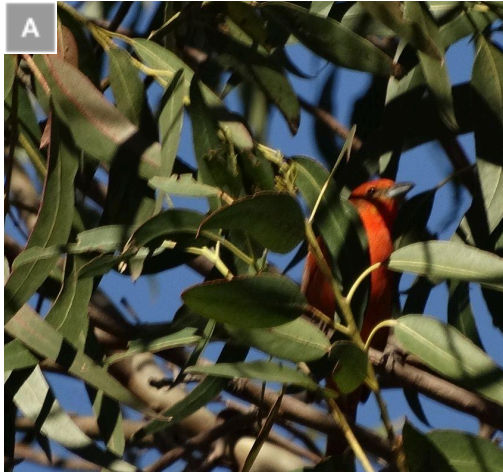
En el tramo sur del arroyo, sobre su borde de ribera al norte (ver fig. 4 (B)) en cuanto a especies vegetales exóticas con comportamiento invasor predominan algunas especies que solo se aprecian en esta zona: *Cotoneaster lacteus*

(Cotoneaster) y otras que se encuentran en este punto con mayor densidad: *Ligustrum lucidum* (Ligustro). Sobre este mismo extremo del curso de agua, hacia su margen sur (ver fig. 4 (A)), aparecen algunos ejemplares particulares jóvenes creciendo de *Jodina rhombifolia* (Sombra de toro), un ejemplar añoso de *Phytolacca dioica* (Ombú), *Solanum mauritianum* (Tabaquillo), entre otros.



Fig 4. Referencias de descripción para Ao. Zanja Honda y bosque ribereño asociado.

En cuanto a la fauna de este ambiente se relevaron huellas y heces que denotan la presencia de ejemplares de *Hydrochoerus hydrochaeris* (Carpincho) y *Mazama gouazoubira* (Guazuvirá). Como avifauna presente se observaron ejemplares de *Piranga flava* (Fueguero), *Stephanophorus diadematus* (Cardenal azul), *Picumnus nebulosus* (Carpintero enano), *Parula pitayumi* (Pitiayumí), variedad de colibríes, entre otros, siendo éstos los más destacados.



Referencia imágenes.- A: *Piranga flava*; B: *Stephanophorus diadematus*; C: Agujero sobre rama de aruera generado por ejemplar de *Picumnus nebulosus*; D: Heces de *Hydrochoerus hydrochaeris* sobre margen del Arroyo; E: *Picumnus nebulosus*; F: Huella de *Mazama gouazoubira* sobre margen del Arroyo.

Planicie de inundación y vegetación asociada



Ambiente adyacente al curso del arroyo (A° Zanja Honda) en su tramo sur, con presencia intermitente de agua y especies adaptadas a dicha condición. Se encuentra en una zona baja del terreno. Las principales especies que lo componen son: en mayor abundancia *Senecio brasiliensis* e *Iris pseudacorus* (Lirio amarillo); en menor proporción hacia el margen del arroyo ejemplares de *Cortaderia selloana* (Cola de zorro), *Eryngium horridum*, *Typha domingensis* (Totora), entre otras. Algunos ejemplares aislados también presentes en este ambiente son *Schinus molle* (Anacahuita), *Erythrina crista-galli* (Ceibo) y *Blepharocalyx salicifolius* (Arrayán).

Bosque de Eucalyptus sobre suelo arenoso



Caracterizado por sustrato predominantemente arenoso donde crecen especies vegetales adaptadas a este ambiente. Posee tres estratos bien diferenciados. Por un lado se encuentran especies de gramíneas y herbáceas que actúan como

tapizantes cubriendo prácticamente toda la extensión, dejando algunos claros sin cobertura. Las principales especies vegetales que lo componen son: *Panicum racemosum* (Pasto dibujante), *Cynodon dactylon* (Gramilla), *Androtrichum trigynum* (Junco), *Pseudognaphalium cheiranthifolium* y *Baccharis dracunculifolia* (Baccharis). El estrato siguiente se encuentra con una distribución dispersa conformado por especies arbustivas y arbóreas de bajo porte como *Schinus engleri* (Molle), *Dodonaea viscosa* (Dodonea) y *Acacia longifolia* (Acacia). El tercer estrato perteneciente a esta unidad lo componen árboles de gran porte, distribuidos de manera irregular por toda la extensión siendo las principales especies *Eucalyptus globulus* y *Pinus pinaster*.

Humedal alterado



Zona de humedal modificado por canalizaciones de drenaje. Se pueden visualizar vestigios de vegetación característica de este ambiente como *Typha spp.* (Totora), *Juncus microcephalus*, *Eryngium spp.*, y presencia de otras, que comienzan a colonizar este espacio alterado, como *Senecio madagascariensis*, *Baccharis spicata*, *Baccharis trimera*, *Acacia longifolia*, entre otras. Los vestigios también se pueden apreciar hacia el borde del padrón y el predio lindero, donde predomina suelo anegado y especies como *Typha spp.* característica de este ambiente, cubriendo prácticamente toda la extensión. En un estrato mayor, plantación de *Salix spp.*, especie que se busca cultivar sobre estos suelos debido a su condición de humedad permanente.

Bosque Mixto



Se trata de una unidad ambiental con clara intervención antrópica, habiendo sido objeto de cultivo forestal de *Eucalyptus* en años anteriores (ver anexo 1). Considerando las condiciones de degradación que persisten en suelos forestados por eucalyptus, actualmente la unidad se encuentra dominada por la presencia de especies que colonizan dichos ambientes, principalmente la *Acacia longifolia* (Aromo) acompañando a ejemplares de eucaliptus que todavía persisten en el sitio. En menor proporción y principalmente en el tramo sur de esta unidad, se reconoce la presencia de especies nativas como continuación de la vegetación de ribera presente en la unidad ambiental adyacente, principalmente *Lithraea brasiliensis* (Aruera) y *Dodonaea viscosa* (Dodonea), y algunos ejemplares aislados de *Colletia paradoxa* (Espina de la Cruz), *Baccharis dracunculifolia* (Chirca blanca) y *Baccharis trimera* (Carqueja)

Forestación de Eucaliptus



Unidad que refiere a un suelo que ha sido destinado para cultivo forestal de *Eucalyptus globulus* y que actualmente se encuentra despojado de ejemplares de esta especie en varios sectores. Siguiendo la generalidad de los suelos que han sido sometidos a dicha actividad, esta unidad se sostiene bajo un suelo seriamente degradado, por lo que existe una ausencia de formaciones boscosas de especies nativas y, por consiguiente, una baja densidad de avifauna y nula presencia de otras especies de nueva fauna nativa. En la unidad predomina la presencia de *Eucalyptus globulus* en un estrato alto, acompañando, en un estrato medio, formaciones vegetales de *Acacia longifolia*. Dentro de las especies de flora nativa identificada se reconocen principalmente algunos ejemplares aislados de *Lithraea brasiliensis* (Aruera), *Baccharis notoserghila*, *Senecio selloi* (margarita de campo) y *Baccharis dracunculifolia* (Chirca blanca).

5. Consideraciones finales

Sobre este padrón se encuentra el Arroyo Zanja Honda con una fuerte impronta. Este curso de agua presenta una gran riqueza ecológica sobre algunos sectores de sus márgenes, oficiando de conector con el Cerro Pan de Azúcar: ecosistema con prioridades de conservación y que se encuentra amenazado bajo fuertes presiones territoriales (ver anexo 2). Para permitir el flujo de especies y su conectividad con el resto del territorio adyacente, resulta importante considerar la conservación y restauración del bosque de galería asociado a este arroyo.

Resulta importante tener en cuenta un tratamiento diferencial sobre especies exóticas que crecen, tanto en las planicies de inundación del Ao. como en sus zonas de vegetación más densas. Respecto a este punto, en la unidad ambiental denominada “planicie de inundación y vegetación asociada” se denota un crecimiento de la especie exótica invasora *Iris pseudacorus* (Lirio amarillo). Las poblaciones identificadas de la especie se encuentran en una etapa controlable, pudiéndose realizar un manejo adecuado para evitar su propagación en la zona. Por otra parte, otras dos especies exóticas invasoras presentes en el padrón son *Ligustrum lucidum* y *Cotoneaster lacteus*, especies que aparecen de forma dispersa en el terreno y que se encuentran en una condición también controlable, ya que son pocos los ejemplares presentes.

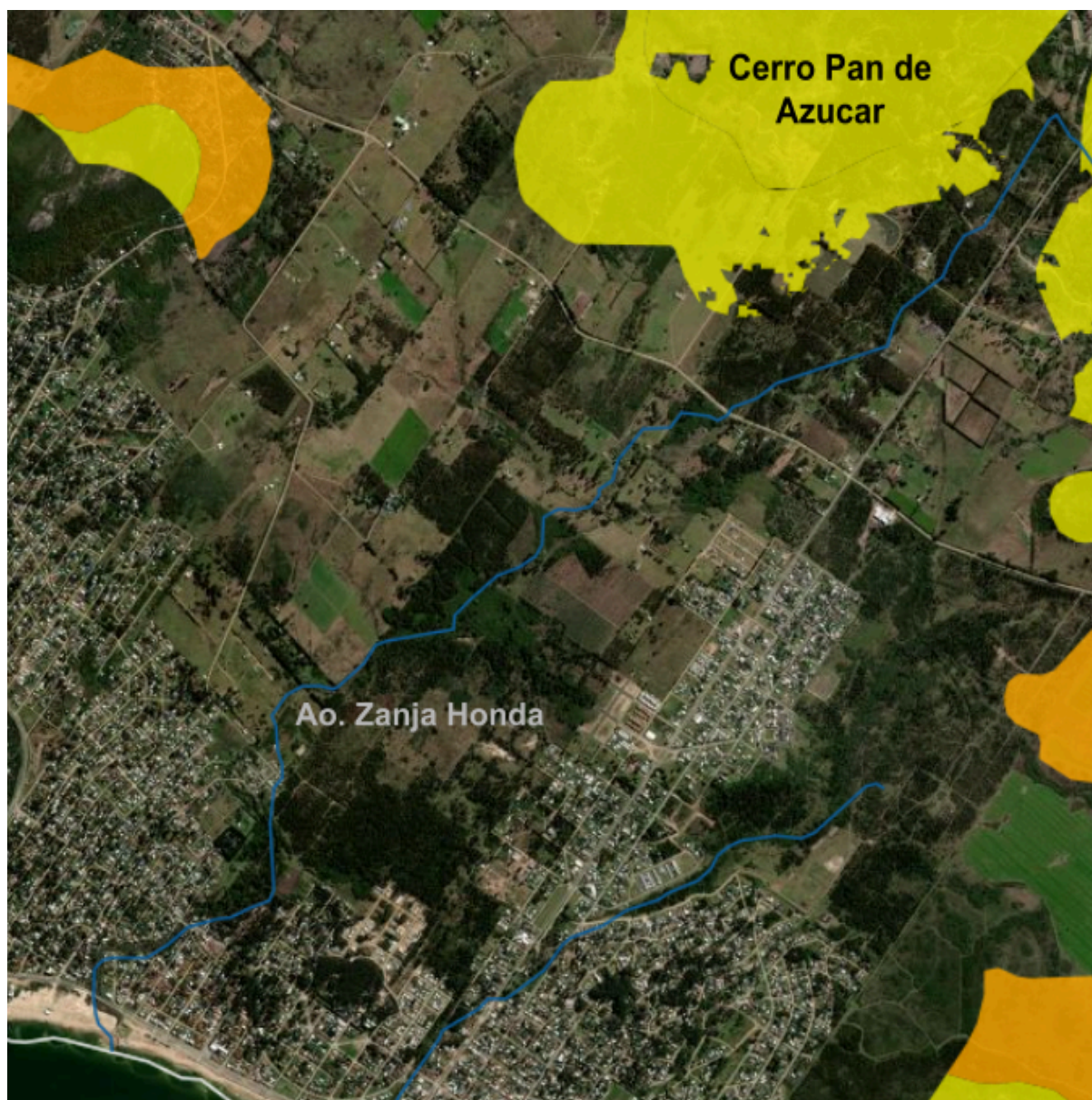
Las zonas reconocidamente alteradas del ámbito de estudio (humedal intervenido, zonas forestadas con especies exóticas, y otras) presentan, sin perjuicio de su grado de intervención humana, un gran potencial para su restauración ecosistémica considerando la cercanía con el monte ribereño del Arroyo y la diversidad biológica que este ambiente sostiene aún hoy. Dicho esto, resulta importante considerar la presencia de todo individuo de vegetación nativa que se encuentre dentro del padrón a la hora de “limpiar el terreno”, pudiendo estos ejemplares ser parte de la urbanización planteada a futuro.

6. Anexos.

Anexo 1. Recorte del Mosaico Nacional realizado por el Geografico Militar (1966)



Anexo 2. En amarillo se referencian aquellos ecosistemas amenazados en situación de vulnerabilidad por el Ministerio de Ambiente. Fuente: Observatorio Ambiental Nacional.



ANEXO C

Informe Arqueológico – Jardines de Portales

Informe de arqueológico

Jardines de Portales

Departamento de Maldonado

Mag. Christopher Duarte

Mayo 2024

Contenido

Introducción	3
Zona de estudio	4
Objetivos	5
Breve mención a antecedentes arqueológicos de la zona.....	6
Operativa en campo.....	7
Resultados	9
Conclusiones y recomendaciones.....	15
Bibliografía consultada	16

Introducción

El presente informe se enmarca en la normativa vigente (Ley 14.040, Decreto 536/972 y Ley 16.466, Decreto 435/94) y protocolo de la Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación (CPCN). En el informe se expondrán, en forma de síntesis algunos de los antecedentes arqueológicos e históricos relevantes para el área en estudio y la actividad de prospección realizada en el área que se verá afectada por el tramo de red vial.

El estudio de impacto arqueológico involucra dos instancias diferentes: a) La evaluación del impacto. Esto surge a partir de la identificación de vestigios arqueológicos que pueden ser potencialmente afectados por la obra. La evaluación comprende la individualización, localización, descripción, documentación, estudio y valoración del área a ser afectada. b) Los datos obtenidos en el desarrollo del estudio de impacto arqueológico permiten el diagnóstico del impacto, que tiene como objetivo evitar o mitigar la generación del impacto, diseñando y ejecutando medidas de corrección que pueden ser preventivas (control y vigilancia), paliativas (seguimiento y actuaciones puntuales de recuperación parcial) o compensatorias (documentación, nuevas etapas de prospección y excavación) (Amado et al., 2002; Barreiro, 2000).

La etapa de Evaluación del Impacto involucra actividades que llevan a realizar el Diagnostico Arqueológico del área a ser afectada.

- ✓ Identificación de Afecciones: En una primera instancia se deben identificar las diferentes afecciones que serán producidas por las obras sobre cualquier eventual vestigio arqueológico. Esto requiere de la identificación precisa de los agentes (infraestructura e instalaciones), acciones (actividades concretas que generen impacto), afecciones (modificaciones del medio físico), momento del impacto (fase del proyecto donde el impacto se hará efectivo). La información se obtiene a partir del plan de obra que presenta la empresa.
- ✓ Prospección Arqueológica: se deben identificar los vestigios arqueológicos a ser afectados, a partir del reconocimiento en el relevamiento de antecedentes del área. La prospección arqueológica tiene como objetivo principal identificar y registrar contextos arqueológicos, efectuando una caracterización primaria que permita determinar la existencia de vestigios que puedan ser sujetas a medidas posteriores de corrección de impacto.

- ✓ Diagnóstico del Impacto: El último ítem en la etapa de evaluación arqueológica es la definición del Diagnóstico del Impacto, de acuerdo a tres criterios: *el efecto, su magnitud y su incidencia* (Amado et al., 2002; Criado-Boado, 1996). Se definen así los siguientes tipos de impacto:

- ❖ Crítico: es la afección más grave (desaparición parcial o total de sitios arqueológicos), implica la adopción de medidas correctoras destinadas a evitar el impacto: modificación del diseño del proyecto o aplicación de medidas compensatorias (rescate arqueológico, por ejemplo).
- ❖ Severo: puede ser mitigado en fase de ejecución adoptando medidas preventivas (control de obra) y paliativas (documentación exhaustiva).
- ❖ Moderado: riesgo de afección relativo que podría ser producto de una afección visual.
- ❖ Compatible: inexistencia de riesgo de afección sobre sitios arqueológicos.

Zona de estudio

El predio se ubica en el litoral en el Departamento de Maldonado, al este del arroyo Zanja Honda. El deslinde se ubica en padrón rural N°16788 del Departamento de Maldonado (Figuras 1 y 2).

El área se encuentra entre las cotas 2msnm hacia el sur ascendiendo hasta los 20msnm hacia la zona norte.



Breve mención a antecedentes arqueológicos de la zona

Caporale y Vallvé (2021) destacan con la categoría de “Zona de protección A” (Figura 3) el área donde se emplazaría el proyecto “Jardines de Portales”. La “Zona de protección A” es definida como aquella área en la que está probada la presencia de bienes patrimoniales, investigados por proyectos académicos, por estudios de impacto arqueológicos o reconocida importancia patrimonial a nivel departamental o nacional.

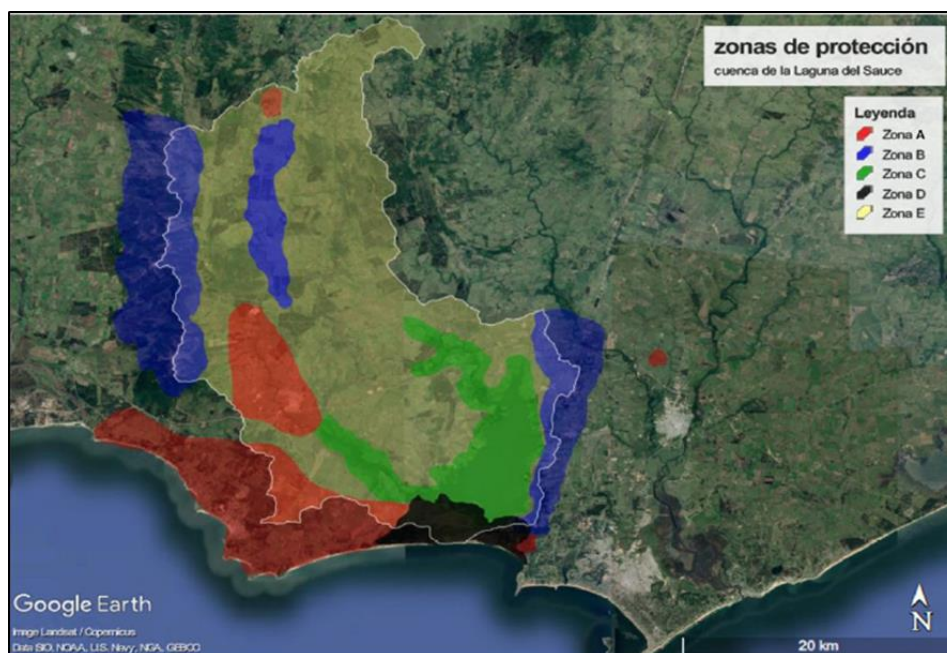


Figura 3. Zonas de protección de bienes culturales para la cuenca de la laguna del Sauce (Tomado de: Caporale & Vallvé, 2021).

Los lugares más cercanos con importancia patrimonial son:

- ✓ Cerro de los Burros.
- ✓ Vestigios arqueológicos costeros desde el A° Tarariras al A° del Potrero.
- ✓ Cantera del cerro Pan de Azúcar.
- ✓ Castillo de Piria.

Cerro de los Burros

Declarado como Monumento Histórico Nacional (CPCN 49/014, padrones 1287 y 1463) y con protección departamental (resolución 4287/2013). A partir de la década de 1960 se realizan investigaciones en la zona. En algunos puntos de la cima del cerro se encuentran desechos de talla para la elaboración de artefactos líticos en la materia

prima riolita, así como también afloramientos con marcas de extracción e instrumentos pulidos (Meneghin, 1977, 2000). Hacia el sur del cerro se ubica el sitio Urupez, caracterizado por instrumentos unifaciales y bifaciales. Es el único sitio con puntas “cola de pescado” datado por ^{14}C para el territorio Uruguayo, resultado en una antigüedad de ca. 12.500 años AP (Meneghin, 2004, 2006, 2014, 2015, 2016), aunque este último dato es muy discutido. La tecnología de puntas “cola de pescado” han sido propuestas como indicador de poblamiento temprano durante la transición Pleistoceno-Holoceno.

Vestigios arqueológicos costeros desde el A° Tarariras al A° del Potrero

A lo largo de 30 km de costa se han identificado diversos vestigios arqueológicos. Es a partir del año 2004 se viene investigando mediante el Programa de Arqueología Subacuática - Centro de Investigaciones del Patrimonio Costero (PAS-CIPAC) naufragios que se originaron en la costa (Brum, 2010, 2011, 2013).

Cantera del cerro Pan de Azúcar

Fue desarrollada a fines del siglo pasado por Francisco Piria. Incluía la explotación de minerales y actividad ganadera. La cantera formaba parte del circuito que unía la estación Pan de Azúcar con el puerto de Piriápolis. El área integra un pasaje del tren en un túnel de roca.

Castillo de Piria

Declarado en 1980 como Monumento Histórico Nacional (CPCN 1238/984) y adquirido por la Intendencia Municipal de Maldonado, funciona actualmente como museo.

Operativa en campo

Como primer acercamiento se efectuó una prospección sistemática intensiva del predio.

Luego de cumplida la prospección se realizaron 17 sondeos² a pala distribuidos en una grilla (Figura 4). En los sondeos se realizó una revisión manual del sedimento removido con el objetivo de identificar presencia de material arqueológico.



Figura 4. Grilla guía de los sondeos en el predio. Los puntos indican lugares de sondeos (en base a: *Google Earth*).

En todas las instancias se llevó un registro de lo actuado en un “diario de campo”, el cual integró la descripción de la tarea o intervención, sus coordenadas GPS y las observaciones. Este registro fue acompañado de fotografías digitales de la tarea/intervención, los perfiles expuestos y los eventuales restos arqueológicos hallados.

² Dimensiones: 40cm ancho, 40cm largo y 50-60 cm profundidad.

En el caso de se produjera algún hallazgo arqueológico se procedió a determinar si es un hallazgo aislado o si integra un sitio arqueológico. El material arqueológico eventualmente hallado, una vez registrado, se dejó in situ.

Resultados

Imágenes históricas

De acuerdo a imágenes históricas de 1966 se observa poca afectación del terreno. Sobre el área norte del predio se destaca la aparición de calles que continúan desde el damero original ubicado al este (Figura 5).



Figura 5. Fotografía aérea histórica 1966. Obsérvese las calles que atraviesan el predio producto del damero este. (Tomado de: Visualizador IGM).

Para el año 2005 se observa un alto grado de afectación en la parte centro y norte del predio producto la forestación (Figura 6). Asimismo para el año 2010 se observa en el sector norte el manto arenoso al descubierto producto de la deforestación (Figura 7). En reiteradas oportunidades se observa esta práctica.



Figura 6. Imagen satelital enero 2005. Obsérvese la forestación en el predio (Tomado de: *Google Earth*).

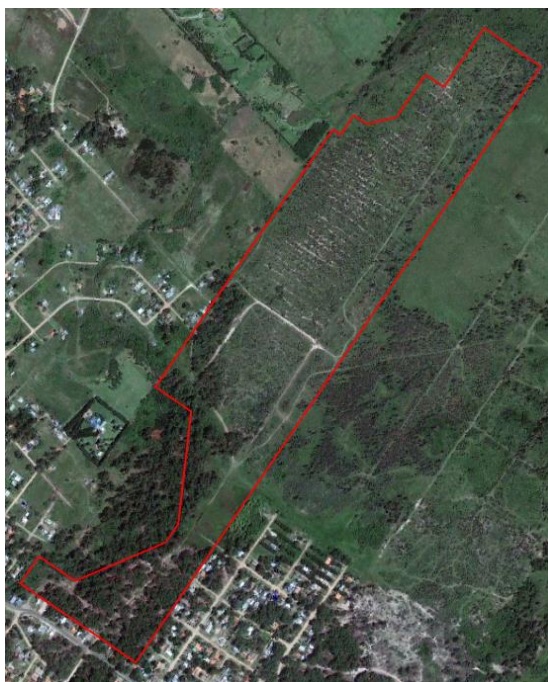


Figura 7. Imagen satelital enero 2010. Obsérvese manto arenoso en la parte centro y norte del predio que queda al descubierto producto de la deforestación.

Prospección

En la prospección a pie se identificó (Figura 8):

- ✓ Acumulación de cantos rodados.
- ✓ Restos de basura.

- ✓ Perfiles expuestos.
- ✓ Artefactos líticos.

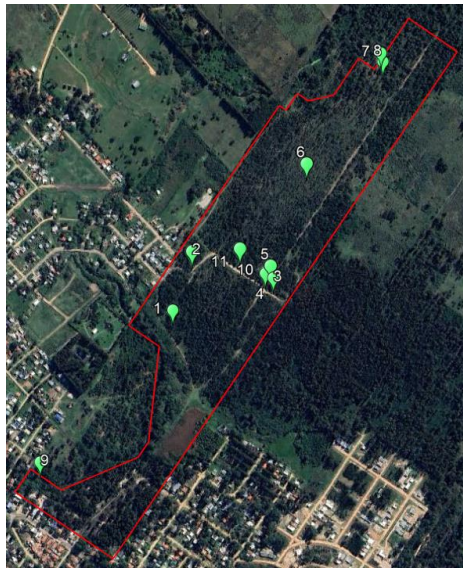


Figura 8. Lugares donde se identificaron vestigios durante la prospección a pie.

Acumulación de cantos rodados

- ✓ Números: 1, 7 y 8.

La acumulación de cantos rodados es producto del curso de agua Zanja Honda. No se observaron cantos rodados con fracturas, golpes, pulidos o extracciones que respondan a actividades antrópicas del pasado (Figura 9).



Figura 9. Lugares con acumulación de cantos rodados.

Restos de basura

✓ Números: 2, 3, 4 y 6.

En estos lugares se ubicó restos de basura contemporánea, por ejemplo: restos de plásticos, manguera, botellas plásticas, restos de ladrillos, restos de azulejos, prendas de vestir, alambres, entre otros (Figura 10). Según testimonios de actores locales, diversos puntos del predio servían como basurero.



Figura 10. Restos de basura encontrada durante la prospección a pie.

Perfiles expuestos

✓ Números: 9, 10 y 11.

Se observaron tres perfiles expuestos. Uno de ellos en la margen del curso de agua Zanja Honda (Figura 11), mientras que los dos restantes son producto de la caminería interna (Figura 12). En estos dos últimos se realizó limpieza con pala para una observación mejor. Para ningún caso se ubicaron materiales arqueológicos en capa.



Figura 10. Perfil del arroyo Zanja Honda (número 9).



Figura 11. Perfiles expuestos sobre caminos internos.

Artefactos líticos

✓ Número: 5.

En la coordenada $34^{\circ}50'45.76''S$ - $55^{\circ}17'7.62''O$, se halló material lítico en superficie. Son cuatro artefactos realizados en materias primas locales, riolita y cuarzo. Todos superan los dos centímetros de tamaño. De los cuatro artefactos dos son lascas y los otros dos instrumentos trabajados en ambas caras (Figura 12). Este material se registró: fotográficamente y la coordenada GPS del lugar del hallazgo. Los artefactos fueron dejados *in situ*. En las proximidades de este hallazgo se observaron perfiles expuestos (véase Figura 11) y se hizo un sondeo a pala, en las intervenciones no hubo hallazgos de material en capa. Cabe destacar que el material se halló en un camino interno, con alta perturbación (Figura 13). Otro aspecto a subrayar es que tanto la materia prima como las características de las piezas son muy similares a otras ubicadas

en la localidad arqueológica Cerro de los Burros y Urupez (Meneghin, 1977, 2000, 2004, 2014).



Figura 12. Artefactos líticos ubicados superficialmente en la coordenada $34^{\circ}50'45.76''\text{S}$ - $55^{\circ}17'7.62''\text{O}$.



Figura 13. Lugar del hallazgo. Obsérvese la perturbación producto de tránsito vehicular.

Sondeos

Los 17 sondeos realizados en el predio (Figura 14) tuvieron resultados negativos en tanto hallazgo de material arqueológico en capa.



Figura 14. Ejemplo de sondeos realizados en el predio.

Conclusiones y recomendaciones

De las observaciones e intervenciones realizadas en el predio se destaca:

- ✓ La alta perturbación en algunas zonas producto de actividades de forestación y desforestación.
- ✓ La abundancia de basura contemporánea en algunos sectores.
- ✓ En la observación de perfiles expuestos no se halló material en capa.
- ✓ En los sondeos realizados no se halló material en capa.

- ✓ En la acumulación de cantos rodados no se observaron vestigios arqueológicos.
- ✓ En la prospección a pie se hallaron en superficie cuatro artefactos líticos prehistóricos que responden a características semejantes (formatización, materias primas) que los sitios arqueológicos prehistóricos cercanos a la zona (Cerro de los Burros y Urupez).

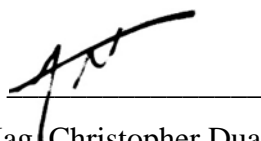
De acuerdo a este último punto se destaca lo siguiente:

La presencia de cuatro artefactos líticos encontrados en superficie no constituye un sitio arqueológico. Igualmente se recomienda que a la hora de realizar movimientos de tierra con maquinaria, se cuente con la presencia de un arqueólogo de guardia durante las actividades. Esto permitirá conocer si se trató de un hallazgo aislado producto del traslado de sedimento para la construcción del camino, otra actividad o integra un sitio arqueológico. Además de detectar en un área mayor vestigios arqueológicos superficiales o en capa si los hubiere. En el caso que se produzcan más hallazgos, en especial material en capa, se tendría que establecer una zona de protección con un radio de 200 metros con centro en el hallazgo, como forma de mitigar el impacto que se podría ocasionar (véase: Barreiro, 2000). Esta zona de protección serviría para diagnosticar si se está frente a un impacto crítico, severo, moderado o compatible sobre un eventual sitio arqueológico (Amado et al., 2002; Criado-Boado, 1996).

Bibliografía consultada

- Amado, J., Barreiro, D., Criado-Boado, F., & Martínez, M. (2002). Especificaciones para una gestión del Impacto desde la Arqueología del Paisaje. *TAPA. Trabajos de Arqueología e Patrimonio*, 26.
- Barreiro, D. (2000). Evaluación de Impacto Arqueológico. *Criterios e Convencions En Arqueología Da Paisaxe (CAPA)*, 14.
- Brum, L. (2010). Ocupaciones litorales en las costas platenses del departamento de Maldonado (Uruguay). Primeras aproximaciones. In *Arqueología Argentina en el Bicentenario de la Revolución de Mayo I* (pp. 339–344).
- Brum, L. (2011). Ocupaciones litorales en las costas platenses del departamento Maldonado (Uruguay). *REMS*, 4.
- Brum, L. (2013). Gestión del patrimonio arqueológico en el litoral oeste del departamento de Maldonado (Uruguay). La investigación como práctica integral. *Revista Del Museo de La Plata. Sección Antropología*, 13(87), 418–428.

- Caporale, M., & Vallvé, E. (2021). Integrando el Patrimonio Cultural en Planes Locales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sustentable desde la Perspectiva del MCI. *Revista Costas*, 3(1), 187–206.
- Criado-Boado, F. (1996). La Arqueología del Futuro ¿el Futuro de la Arqueología? *Trabajos de Prehistoria*, 53(1), 15–35.
- Meneghin, U. (1977). *Nuevas Investigaciones en los yacimientos del “Cerro de los Burros.”*
- Meneghin, U. (2000). Artefactos líticos elaborados por picado y abrasión del Cerro de los Burros (Yacimiento II), Uruguay. *Comunicaciones Antropológicas Del Museo de Historia Natural de Montevideo*, 2(20), 1–24.
- Meneghin, U. (2004). Urupez. Primer registro radiocarbónico (C-14) para un yacimiento con puntas líticas pisciformes del Uruguay. *Origenes*, 2, 1–11.
- Meneghin, U. (2006). Un nuevo registro radiocarbónico (C-14) en el Yacimiento Urupez II, Maldonado, Uruguay. *Origenes*, 5, 1–7.
- Meneghin, U. (2014). Informe preliminar de la segunda campaña de excavaciones en Urupez II (Depto. de Maldonado, Uruguay). *Origenes*, 12, 1–25.
- Meneghin, U. (2015). Secuencia cronoestratigráfica de Urupez II. Nuevas dataciones. *Origenes*, 13, 1–19.
- Meneghin, U. (2016). La Tradición Fell en el Sur del Territorio Uruguayo. Nuevas Dataciones Radiocarbónicas. *Origenes*, 14, 1–27.
- Spoturno, J., Oyhantcabal, P., & Loureiro, J. (2012). *Mapa Geológico del Departamento de Maldonado. Escala 1/100 000. Memoria Explicativa*. Facultad de Ciencias (Udelar)-Dirección Nacional de Minería y Geología (Miem).



Mag. Christopher Duarte