



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO
TUERTO**

Departamento de Ingeniería Civil

**ESTUDIO DEL ACUÍFERO PAMPEANO EN LA CIUDAD DE
VENADO TUERTO**

Proyecto Final N°: 87

DIRECTOR ACADÉMICO

Ing. Mauricio E. Revelant

DIRECTORA DE PROYECTO

Ing. Vilma S. Olivieri

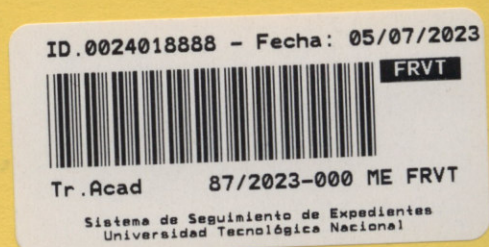
ASESOR TÉCNICO

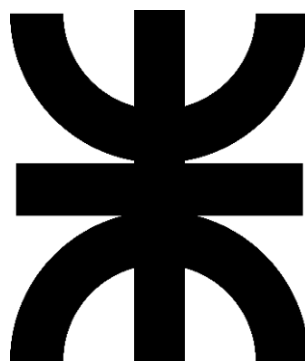
Ing. Daniel E. Dabove

ALUMNAS

María Celeste Gualde y Rocío Anahí Rodríguez

15 de junio de 2023





**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO
TUERTO**

Departamento de Ingeniería Civil

**ESTUDIO DEL ACUÍFERO PAMPEANO EN LA CIUDAD DE
VENADO TUERTO**

Proyecto Final N°: 87

DIRECTOR ACADÉMICO:

Ing. Mauricio E. Revelant

DIRECTORA DE PROYECTO

Ing. Vilma S. Olivieri

ASESOR TÉCNICO

Ing. Daniel E. Dabove

ALUMNAS

María Celeste Gualde y Rocío Anahí Rodríguez

15 de junio de 2023

Dedicado a

...Oscar,

...Liliana y

...Ernesto

...que siempre creyeron en nosotras. Eternamente en nuestros corazones.

... y a nuestra familia y amigos que tenemos el agradecimiento de disfrutarlos todos los días.

RESUMEN

El presente proyecto final se enfocó en comprender el comportamiento del Acuífero Pampeano en la ciudad de Venado Tuerto. A través de la implementación de diversas técnicas y metodologías, se llevó a cabo un estudio integral que incluyó el monitoreo, la caracterización topográfica, el desarrollo de un modelo conceptual y la representación del acuífero. Se utilizaron herramientas digitales de georreferenciación y mapeo para obtener información detallada que resultaron en mapas de equipotenciales, red de flujo y mapas de isoprofundidades. Además, se evaluó la variación del almacenamiento del acuífero en un período determinado.

La comprensión del comportamiento de los acuíferos es esencial debido a su importancia como fuentes de agua dulce y su impacto en las actividades humanas locales. Los hallazgos obtenidos en este estudio nos acercan a un mejor conocimiento de nuestros recursos hídricos y su relación con el entorno urbano y rural. Además, proporcionan una base sólida para la toma de decisiones informadas en términos de gestión sostenible de los recursos.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Introducción General	1
1.2 Problemática	2
1.3 Objetivos	7
2. METODOLOGÍA	10
3. ANTECEDENTES.....	13
4. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO	16
4.1 Caracterización Geológica	17
4.2 Marco Climatológico	22
5. MODELO CONCEPTUAL.....	24
5.1 Fundamentos y conceptos previos: hidrología y aguas subterráneas	24
5.2 Modelo Conceptual.....	27
5.3 Material recopilado y elaborado para la confección del modelo conceptual	29
6. PIEZOMETRÍA.....	40
6.1 Generalidades	40
6.2 Trazado manual	42
6.3 Trazado digital.....	46
6.4 Comparación de resultados	49
6.5 Red de flujo. Trazado e interpretación	50
7. APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL BALANCE HÍDRICO AL SISTEMA ACUÍFERO	54
7.1 Entradas.....	55
7.2 Salidas	84
8. CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DEL ALMACENAMIENTO POR EL MÉTODO DEL BALANCE HÍDRICO	87
9. CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DEL ALMACENAMIENTO POR EL MÉTODO DE VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FREÁTICA	91
10. MAPAS DE PROFUNDIDAD COMO HERRAMIENTAS PARA EL EJERCICIO DE LA PROFESIÓN.....	95
11. DISCUSIONES.....	99
12. TAREAS FUTURAS	101
13. CONCLUSIONES.....	102
14. AGRADECIMIENTOS	104
15. BIBLIOGRAFÍA.....	105
16. ANEXO TABLAS.....	109



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción General

En un mundo en constante transformación y progreso, resulta imprescindible contar con un conocimiento y una gestión efectiva del agua subterránea. Dicho recurso reviste una importancia vital y un valor incalculable, por lo que su disponibilidad a largo plazo resulta fundamental. Su gestión sostenible garantiza la provisión continua de agua dulce para el consumo humano, la agricultura y la industria en el futuro. Además, contribuye a la prevención de la contaminación del agua subterránea, así como a la mitigación de los riesgos de inundaciones y sequías. Estos aspectos tienen un impacto directo en la seguridad y el bienestar de la población.

La tendencia mundial hacia la disminución de la población rural y el rápido crecimiento de las áreas urbanas, junto con la concentración humana en estas últimas, es una realidad evidente. Esta ha sido y es la experiencia de países industrializados, y será el futuro en países aún muy rurales, en muchos de los cuales es ya preocupante el desarrollo continuado y desordenado de las superficies construidas y la densificación del uso del suelo asociado al fenómeno de urbanización implican una reducción de los espacios verdes y una impermeabilización del suelo y, consecuentemente, una disminución de la infiltración del agua en el suelo y un aumento grandes urbes (*Custodio, E. 2004*).

El aumento de las superficies construidas y la densificación del uso del suelo asociado al fenómeno de urbanización implican una reducción de los espacios verdes y una impermeabilización del suelo y, consecuentemente, una disminución de la infiltración del agua en el suelo y un aumento del escurrimiento superficial (*Ambrosino et al. 2004; Lanzaro, D’Elia, 2021*).

Es fundamental compatibilizar estos fenómenos con el ciclo hidrológico y el uso del recurso para evitar consecuencias negativas en los acuíferos, con implicaciones sociales, ambientales y económicas.

El ambiente subterráneo es complejo, sometido a entradas y salidas variables y cambiantes, según una disposición tridimensional, con diversos cuerpos de agua de diferente calidad que se mueven, se mezclan, se dispersan y se difunden. (*Custodio, E. 2004*). La cuantificación de la recarga es uno de los aspectos difíciles. (*Yang et al. 1999; Lerner, 2002, Custodio, E. 2004*). Está afectada por el grado de ocupación del territorio, por instalaciones urbanas (casas, edificios, calles, superficies pavimentadas, carreteras y áreas de suelo compactado), la distribución espacial y temporalmente cambiante de fugas de la red de



distribución de agua y la influencia del vertido de agua residual y la red de alcantarillado (Lerner, 1986; Custodio, E. 2004).

Sumados a los factores antrópicos se deben considerar la importante influencia que tienen las precipitaciones medias en las fluctuaciones de los niveles freáticos y las características topográficas de llanura, propias de la zona en que se encuentra la ciudad, claves en el comportamiento del acuífero.

En la ciudad de Venado Tuerto, en reiteradas ocasiones, luego de eventos de abundantes precipitaciones, barrios urbanos enteros han sufrido inundaciones de tal envergadura que se vieron comprometidas sus viviendas, y lo que en ellas alojaban.

En los procesos de planificación y ejecución de obras se evidencia una falta de información acerca del comportamiento del agua subterránea en el tiempo y su relación con el medio construido. No se suelen considerar las variaciones de los niveles freáticos, lo cual ahorraría problemas futuros. Tomar tales consideraciones impactaría positivamente en una planificación urbana segura y económicamente racional.

La falta de cuerpos hídricos superficiales de gran envergadura en nuestra zona asigna a los recursos subterráneos fundamental importancia para el desarrollo urbano, rural e industrial lo cual obliga a extremar su estudio a fin de obtener, a través de métodos de investigación, datos que aporten a la evaluación de la interacción del medio hidrogeológico con el medio urbano en la ciudad de Venado Tuerto.

1.2 Problemática

Como ya se ha mencionado previamente, en las ciudades de todo el mundo se vienen dando crecimientos poblacionales acelerados lo cual conlleva a un aumento de áreas impermeabilizadas que impacta directamente en el crecimiento de los volúmenes escurridos superficialmente.

En el año 2019 se produjeron en la ciudad de Venado Tuerto preocupantes inundaciones en las cuales se vieron directamente afectados los vecinos de esta ciudad.

Los principales barrios perjudicados de Venado Tuerto por las inundaciones se caracterizan por ser asentamientos espontáneos ubicados en zonas no aptas para habitar. Los barrios más afectados de la ciudad fueron: Villa Moisés, Santa Fe, Iturbide y San Vicente (Figura 1).



Figura. 1: Barrios de la ciudad de Venado Tuerto

En lo que respecta a la reglamentación por parte del ente municipal, hace aproximadamente 50 años que existen medidas tendientes a zonificar la ciudad con el fin de regular el uso del suelo y de esta forma planificar el ordenamiento urbano evitando así sucesos perjudiciales para los vecinos de la ciudad.

El primer antecedente data del año 1976, en el que la Ordenanza 903 bis determinó El Plan Regulador (RZST) donde se estableció una cota mínima de terreno para cumplir la condición de urbanizable o edificable. Así, ciertas zonas se transformarían en Zona Especial de Riesgo o Inundables y por ende tendrían un carácter de “no edificable”, prohibiéndose, además,



el relleno de tierras que pudiese modificar el normal escurrimiento de las aguas. Además de esto, se intenta comenzar con el ordenamiento de la ciudad estipulando distintas zonas.

Sin embargo, debido al problema habitacional que prevalece en Argentina, no quedando exenta la ciudad de Venado Tuerto, muchos de estos barrios y lugares fueron usurpados y habitados por familias de escasos recursos.

Luego, se derogó el Plan Regulador por la ordenanza N° 3785/2009 con el fin de redactar correctamente uno nuevo debido a las modificaciones que sufrió el anterior y lo dificultoso y confuso de su interpretación por las modificaciones sufridas.

Surge así, el Plan de Desarrollo Territorial, que ha sufrido varias modificaciones en el tiempo mediante ordenanzas, siendo la última versión de la zonificación de la ciudad la siguiente, actualizado en junio de 2021 (Figura 2). Este plan tiene por objeto ordenar el espacio físico donde se desarrollan las actividades cotidianas, regular la ocupación del suelo, los espacios verdes y el arbolado público teniendo en cuenta evaluaciones de impacto ambiental y mecanismos de participación ciudadana, mejorar la calidad y eficiencia de las infraestructuras existentes impulsando políticas que tiendan a favorecer la equidad espacial y territorial.



Factor de Ocupación del Suelo (FOS): es la relación entre la superficie máxima del suelo ocupada por el edificio y la superficie de la parcela. Para el cálculo del FOS se considerará la proyección horizontal dentro del predio, de toda la superficie construida o construable.

Factor de Ocupación Total (FOT): es el coeficiente que debe multiplicarse por la superficie total de cada parcela para obtener la superficie cubierta máxima edificable en ella.

Sin embargo, para lograr un mayor control de los excedentes de las precipitaciones y, por ende, evitar el desbordamiento del sistema pluvial fue necesario reglamentar, además, la implementación de coeficientes reguladores y limitantes del agua de lluvia por parcela u/o edificación. Esto dio origen a la ordenanza N.º 4605/15 que establece un marco normativo para la incorporación de sistemas de regulación de excedentes pluviales.

En la misma se definieron los términos FIS y FIT, el Factor de impermeabilidad del suelo y el Factor de Impermeabilidad Total, respectivamente; como restricciones o “medidas no estructurales” con el fin de minimizar el impacto ambiental hidrológico. Siendo las definiciones pertinentes citadas de los siguientes artículos pertenecientes a la ordenanza:

El factor de impermeabilidad del suelo (FIS) representa el grado de impermeabilización o fracción de superficie no absorbente del lote y el factor de impermeabilidad Total (FIT) representa el grado impermeabilización total.

Se debe destacar que todo lo desarrollado hasta ahora con respecto a la gestión municipal son medidas tendientes a mejorar el estado de situación. Sin embargo, se observa que no existe, en el abordaje normativo, un alto grado de conocimiento de la relación que tienen determinados fenómenos, como por ejemplo las inundaciones, con el comportamiento del acuífero subterráneo, lo cual deriva en una gestión no integrada de las aguas subterráneas, superficiales y el uso del suelo. Además, habiendo investigado y dialogado con profesionales del sector de la ingeniería y la construcción, también se observó la carencia de información acerca del nivel freático en las etapas de diseño de las obras.

Todos estos factores, mencionados previamente, que ocasionaron un problema en diferentes momentos para la ciudad, son los que impulsaron este proyecto que informa sobre la importancia del uso integral del recurso hídrico subterráneo. Intentando así, ser antecedentes necesarios para contribuir a la formulación de lineamientos de usos del suelo que mitiguen impactos negativos al momento de planificar la ciudad, así como también, aportar al conocimiento técnico necesario para la proyección de obras de todo tipo



1.3 Objetivos

Objetivo general

Estudiar el comportamiento del Acuífero Pampeano que subyace a la ciudad de Venado Tuerto, analizando la relación entre el sistema hídrico subterráneo y el uso del suelo urbano generando a su vez información de relevancia para la zona.

Objetivos Específicos

Monitorear profundidades del nivel freático a través de la Red de Freatímetros del Laboratorio de Medio Ambiente de la UTN-FRVT para el año de estudio seleccionado en el presente trabajo.

Caracterizar topográficamente la Red de Freatímetros vinculándola altimétricamente con el nivel del mar, aporte clave para éste y futuros estudios.

Analizar la precipitación caída durante el período de estudio para identificar períodos con una determinada tendencia húmeda o seca. Relacionar esta información con los niveles freáticos.

Establecer un modelo conceptual para determinar y cuantificar procesos hídricos ocurridos en la zona de estudio, ya sean antrópicos o naturales, para estudiar los motivos de las oscilaciones del nivel freático.

Representar superficies equipotenciales del acuífero y su sistema de flujo, a través de mapas logrados con softwares de geoestadística, que ayudará a la comprensión de su comportamiento.

Producir herramientas de carga de datos, sentando así las bases para el monitoreo sistemático del nivel freático de la ciudad por parte del Laboratorio de Medio Ambiente de la UTN-FRVT a lo largo de los años.

Generar material e información técnica específica que pueda ser utilizada por instituciones públicas y privadas, por profesionales que deseen realizar investigaciones en los distintos ámbitos académicos o como información para trabajos en el ámbito profesional privado.

1.4 Área de Estudio

Según el United States Geological Survey (USGS), en la mayoría de los casos estudiados, el agua subterránea se desplaza a lo largo de gradientes hidráulicos que están relacionados con la pendiente del terreno. En las zonas llanas, las corrientes subterráneas generalmente siguen la pendiente del terreno.

La topografía desempeña un papel crucial en la dirección y velocidad del flujo de agua subterránea en estos tipos de relieve. Por lo general, en áreas más elevadas, el agua de lluvia se



infiltra y recarga el acuífero, mientras que en áreas más bajas, el agua subterránea fluye hacia arroyos, ríos y lagunas. Además, la pendiente de la superficie del terreno puede influir en la velocidad del flujo de agua subterránea, con una tendencia general hacia velocidades de flujo más altas en áreas con pendientes más pronunciadas (Gutiérrez, G. D., & Manzi, M. 2011).

Para la delimitación del área se buscó enmarcar la ciudad dentro de curvas de nivel que puedan darle a la investigación un marco global topográfico de análisis. Para generar dichas curvas se utiliza el software QGIS. QGIS es un software de GIS gratis y de código abierto. Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo en inglés) es una herramienta computacional utilizada para crear, gestionar, visualizar y analizar datos espaciales.

Además, fue necesario para la extracción de curvas un DEM (Modelo de elevación digital) de la región estudiada donde se contengan todos los puntos medidos.

Los Modelos Digitales de Elevación (MDE) se generan para realizar la representación de la superficie topográfica de la Tierra. Se basan en dividir al territorio en celdas de un determinado tamaño que se agrupan en forma de una grilla ordenada. Cada celda tiene una ubicación georreferenciada, y a la misma se le asigna un valor de altura respecto del nivel medio del mar. De esta manera, los MDE proveen información muy valiosa y precisa sobre las alturas, pendientes y dimensiones del terreno, que se utilizan para la obtención de mapas y modelos tridimensionales de la superficie terrestre.

Fue utilizado el DEM obtenido por la misión SRTM (Shuttle Radar Topography Model) de 90 m de resolución espacial corregido por la Ing. Magalí Soria en su proyecto final de Maestría “Caracterización morfológica y análisis de riesgo hidrológico en la parte alta del sistema hidrológico de llanura las encadenadas mediante aplicación de herramientas geomáticas”. Se procede a explicar brevemente parte de la redacción de la corrección realizada del raster.

Las correcciones realizadas son, relleno de vacíos y depresiones (comando `r.fill.dir`), útil para suprimir falsas depresiones debido a mediciones erróneas y carencia de densidad de datos; filtro de paso bajo de ventana móvil (comando `r.neighbors`), para eliminar ruidos del raster y finalmente; corrección altimétrica, comparando estos valores altimétricos resultantes con valores del IGN.

Por último, el DEM fue proyectado a coordenadas planas, se utilizó WGS 84 – UTM zona 20-S, codificación: EPSG 32720, con el objeto de trabajar con coordenadas precisas y unificar el sistema (Soria, 2019) para todos los mapas realizados.

Para la extracción de curvas de nivel propiamente dichas utilizamos la herramienta de raster extracción de curvas de nivel. Se seleccionó intervalo entre curvas de nivel de 1m y se



observó, como mencionamos anteriormente, como las curvas disminuyen su valor de noroeste a sureste, presentando además una lomada en la parte céntrica de la ciudad.

Se seleccionó entonces, para las zonas norte y noroeste, la curva de cota absoluta de 112m y en este y sureste de la región enmarcada la cota 106m. Se creó una capa shape y se generó en ella un polígono contorneando las curvas mencionadas. Para unir estas dos curvas donde divergen ambas se utilizó el criterio de pasar por las divisorias de aguas, en la zona superior, y en la inferior, por los medios de bajos (Figura 3).

Mediante el software QGIS, en tabla de atributos, se realizó por calculadora de campos con la función área el cálculo de superficie. El valor de la misma es 176,97 km² y su recorrido perimetral cuenta con 65.227 m.

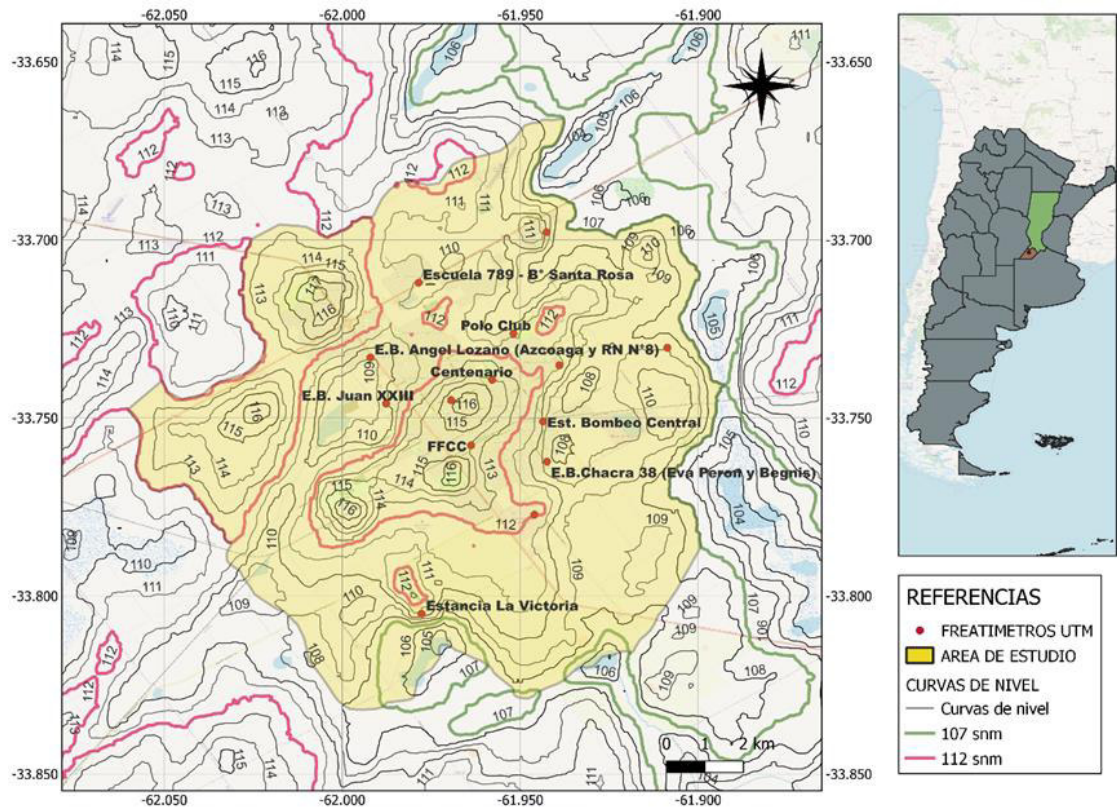


Figura 3: Área de estudio.

Se procuró que todos los freáticos queden contenidos en el área y, además, que no sean borde de la misma. Para la localización geográfica de los puntos de medición se utilizaron los datos de la sonda paramétrica, que arroja en cada medición, un valor de coordenadas gracias al GPS disponible en el equipo. Se analizaron todos los datos obtenidos hasta el momento y se eligen de manera visual con la ayuda de la herramienta Google Earth el más preciso. Se obtuvieron y dispusieron, de este modo, las coordenadas en UTM de los puntos en una tabla de Software Excel, las columnas de X e Y. Estos datos se importaron a Qgis para ser convertidos en una nueva capa Shape de Puntos (Tabla 1).



Freatímetros	X	Y
E.B. Angel Lozano (Azcoaga y RN N°8)	593374,8	6266987,1
E.B.Chacra 38 (Eva Peron y Begnis)	597934	6263699
Barrio Cumelen	597997,2	6270843,6
Cementerio	592974	6263228,4
E.B. Central cloacas	597847,3	6264950,3
E.B. Juan XXIII	593766,6	6265552,1
E.B. Parque industrial (Corelli y Garnier)	597590,9	6262048,7
Escuela 789 - B° Santa Rosa	594652,6	6269305,3
Estancia La Victoria	594628,7	6258994,2
FFCC	595965,5	6264224,5
Planta de reciclaje y relleno sanitario	601104,8	6267212,1
Planta potabilizadora	598288,5	6266694,4
Plaza San Martin	595461,4	6265636,1
Centenario	596534,42	6266260,8
Polo Club	597103,47	6267694,9

Tabla 1. Posición en UTM de los freaímetros que componen la red.

2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este estudio se dividió en varias etapas con el objetivo de obtener una comprensión integral del comportamiento del acuífero en el área de estudio. A continuación, se describen las tareas realizadas y los pasos seguidos:

1. Planteamiento del problema: Se realizó una identificación del problema a investigar en el área de estudio. Esto implicó establecer objetivos a seguir y a hacernos las preguntas de investigación pertinentes que se abordarían en el estudio.

1. Revisión bibliográfica y consulta de antecedentes: Se llevó a cabo una revisión bibliográfica y consulta de antecedentes relacionados con el área de estudio y estudios previos relevantes. Esto permitió adquirir conocimiento sobre la hidrogeología del área, proporcionando una base de referencia para el desarrollo del estudio.

2. Recopilación de información relevante: Se realizó una recopilación de información como la obtención de mapas hidrogeológicos, datos meteorológicos, niveles de IGN, datos de suelo, información GIS e información de la prestadora de servicio cloacal y de agua potable de la ciudad. Asimismo, se llevaron a cabo charlas con



especialistas en el campo, como ingenieros civiles, geólogos e ingenieros agrónomos, para complementar la información recopilada.

3. Definición del área de estudio: Se procedió a la definición del área de estudio utilizando un Modelo Digital de Elevación (DEM) y curvas de nivel. Estas herramientas proporcionaron información sobre la topografía del terreno y permitieron delimitar de manera adecuada el área de estudio.

4. Establecimiento del modelo conceptual: Se estableció un modelo conceptual del sistema hidrogeológico del área de estudio. Esto implicó la identificación de las unidades geológicas presentes, la caracterización de las propiedades hidrogeológicas y una comprensión más precisa de los procesos y flujos de agua subterránea en el área.

5. Nivelación de la red de freatómetro: Se realizó la nivelación de la red de freatómetro mediante el uso de equipos de GPS y nivel topográfico. Esto permitió establecer una red de mediciones de los niveles del agua subterránea en diferentes puntos del área de estudio.

6. Toma de profundidades a través de la red de freatómetros: Se llevaron a cabo muestreos de las profundidades del nivel freático en todo el área de estudio utilizando la red de freatómetros previamente establecida. Estos puntos de medición se distribuyeron estratégicamente para obtener datos representativos de la fluctuación del nivel freático a lo largo del tiempo.

7. Generación de mapas equipotenciales, red de flujo y mapas de isopropundidad: Se generaron mapas equipotenciales de nivel freático utilizando tanto un enfoque manual como herramientas digitales. Estos mapas equipotenciales fueron fundamentales para visualizar y comprender el flujo del agua subterránea en el área de estudio. Además, se generaron mapas de profundidades que representaron la distribución espacial de las cotas del nivel freático en el área de estudio. Estos mapas proporcionaron una herramienta práctica y visualmente comprensible para el ejercicio profesional y la toma de decisiones relacionadas con la gestión de los recursos hídricos subterráneos.

8. Análisis de la variación de almacenamiento: Primero se llevó a cabo un balance hídrico que consideró las entradas y salidas al acuífero. Se tuvieron en cuenta factores como la precipitación, la escorrentía, la recarga y el consumo de agua, así como las pérdidas de tuberías y las extracciones por bombeo. Para ello, se utilizaron datos disponibles y se aplicaron métodos de cálculo apropiados. Por otro lado, y como segunda opción, se obtuvo la variación de almacenamiento en el acuífero utilizando herramientas



digitales como Surfer y QGIS. Esto permitió analizar y comprender los cambios en el almacenamiento de agua subterránea en el área de estudio.

2. Discusión de resultados y ajuste de parámetros: Se llevó a cabo una discusión detallada de los resultados obtenidos, y se realizaron ajustes en los parámetros utilizados en el estudio para mejorar la precisión de los análisis.

9. Conclusiones: Una vez completadas todas las etapas predefinidas en el trabajo, se llevó a cabo la redacción de las conclusiones. Esta fase consistió en analizar y sintetizar los hallazgos obtenidos a lo largo del estudio, destacando los resultados más relevantes y respondiendo a los objetivos planteados. Se tuvieron en cuenta tanto los datos recopilados como los análisis realizados para establecer conclusiones fundamentadas.

10. Planteamiento de tareas futuras: en esta etapa, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de las actividades realizadas hasta el momento, identificando tanto aspectos susceptibles de mejora como nuevas tareas necesarias para alcanzar una comprensión más precisa del fenómeno estudiado.

Todo lo desarrollado anteriormente se refleja sintetizado en el siguiente mapa de flujo (Figura 4):

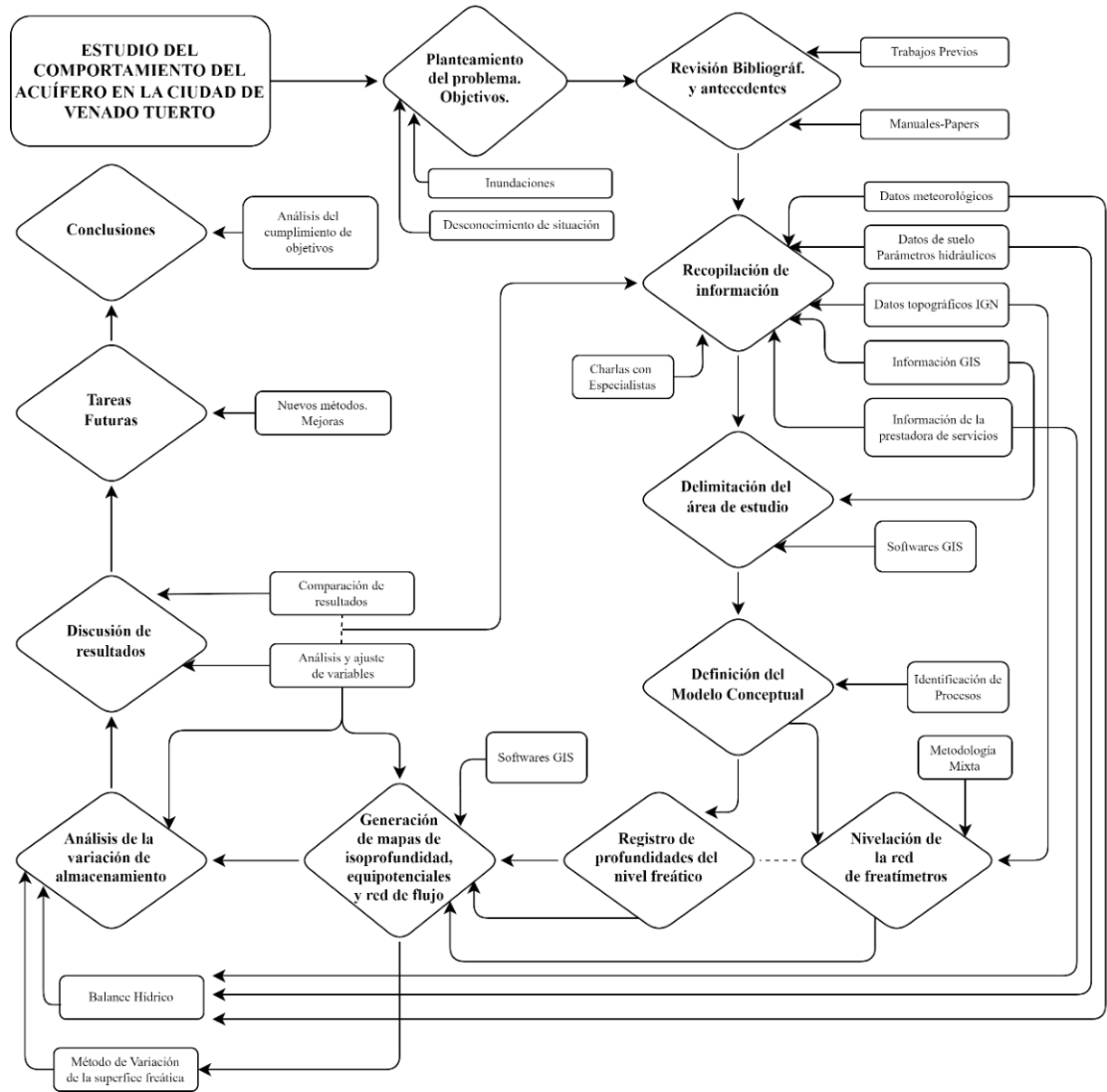


Figura. 4: Mapa de flujo de la metodología de este trabajo

3. ANTECEDENTES

Uno de los primeros trabajos que se relaciona con la temática presentada en este estudio fue realizado por el Centro Regional de Agua Subterránea (C.R.A.S) para la Municipalidad de Venado Tuerto en el año 1986 por los autores Pellegrino, Wetten y Ferrés denominado “Investigación del agua subterránea para consumo humano. Propuesta de áreas de prospección y exploración”.

La investigación consistió en la caracterización hidrogeológica e hidrológica de la ciudad en conjunto con la confección de mapas hidrogeológicos, ejecución de ensayos de bombeo, entre otras tareas, cuyos resultados han servido de guía y comparación para este estudio.

Algunas de las conclusiones arrojadas son las siguientes:



- El área de estudio ofrece un sector occidental en el que principalmente se desarrollan las unidades más permeables y otro oriental en que se extienden las unidades menos permeables. En ambos sectores existen zonas onduladas y altas extendidas en las que la capa freática se encuentra relativamente profunda.
- Las curvas equipotenciales muestran un esquema de flujo local donde las áreas de recarga coinciden con el relieve más elevado.
- La comparación entre los valores medios anuales de precipitación y la evapotranspiración (calculada según Thornthwaite) muestran la existencia de una recarga.
- El ingreso del flujo subterráneo a la zona de estudio se produce con una marcada dirección O,NO,E, SE, insinuándose una divisoria de agua a la que se hace evidente ya a la altura de Venado Tuerto donde las líneas de flujo se abren en abanico dirigiéndose hacia el SE,E y NE sectores de lagunas y bajos.

Un segundo trabajo y más actual se denominó “Red de Freatímetros Venado Tuerto”. Iniciado en el año 2019 por el Laboratorio de Medio Ambiente de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Venado Tuerto en convenio con la Municipalidad de Venado Tuerto consistió en instalar una red de freatómetros en la ciudad con la cual se pudiera evaluar de manera continua y sistemática la variación del nivel freático contribuyendo al entendimiento de los cuerpos de agua y al manejo de éstos en períodos de inundaciones-sequía.

A partir de un análisis geológico-geomorfológico de la zona de estudio, se estableció y materializó la red. Estudiando la geomorfología urbana y suburbana (Iriondo y Kröhling, 1995; Iriondo, 2012), se buscaron los espacios de manera tal de seguir las curvas de nivel. Se priorizaron áreas topográficamente deprimidas y altas que fueran representativas y permitieran conocer la dinámica del agua subterránea.

Las ubicaciones de los freatómetros son las siguientes:

- Parque Cumelén. Caciquire Paine 3600
- Cementerio Municipal. Jorge Newery 3670
- Club Centenario
- Estación de Bombeo Central de la Cooperativa de Obras Sanitarias. Matheu 530
- Chacra 38. Eva Perón y Gdor Silvestre Begnis
- Estación de Juan XXIII de la Cooperativa de Obras Sanitarias. 26 de abril

1728



- Parque Industrial. Carelli 2776
- Estación Zona Norte de la Cooperativa de Obras Sanitarias. Azcoaga 1851
- Estancia “La Victoria”. Institución Salesiana.
- Escuela N° 789 Almafuerte. Ruta 33 y Liniers
- Ferrocarril. Sarmiento y 3 de Febrero
- Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de la Municipalidad de Venado Tuerto
- Planta Potabilizadora de la Cooperativa de Obras Sanitarias. Lola Mora y Laprida
- Plaza San Martín. Estrugamou y 9 de Julio
- Polo Athletic Club. Cavanagh 1400
- Planta de Tratamiento Cloacal de la Cooperativa de Obras Sanitarias

Como se puede ver, para que la red pudiera ser monitoreada de manera permanente y formara parte del patrimonio de estudio de la ciudad, se eligieron para su construcción lugares públicos, semipúblicos y/o de instituciones que aseguraran la guarda de estos y de esa manera evitar el vandalismo (Figura 5).

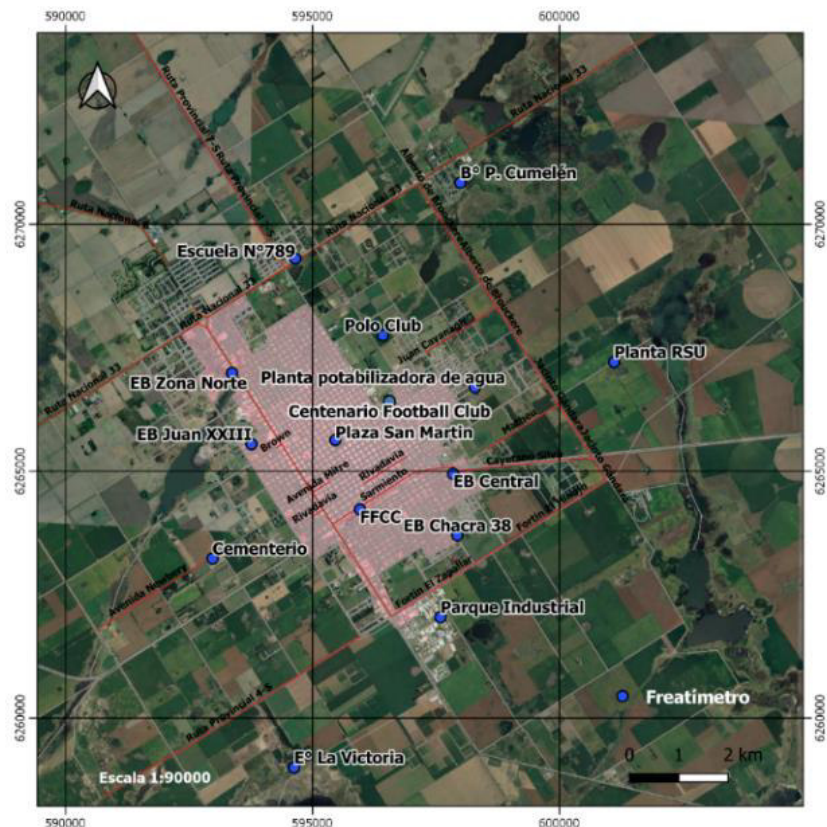


Figura. 5: Mapa de distribución de freáticos en la ciudad de Venado Tuerto



Se ejecutaron 16 freáticos con profundidad de 15 m en todos los casos. La profundidad adoptada para la ejecución de los mismos atendió a contemplar todos los niveles de la capa freática encontrados en la ciudad.

Los freáticos se entubaron con caños de PVC ranurados de 3”, enterrados por debajo del nivel freático y sobresaliendo 20 cm sobre la superficie del suelo. La instalación culmina con un cabezal de cemento alrededor del freático a modo de brocal para su protección (Figura 6).



Figura. 6: Fotografías del proceso de Perforación de un freático y su cabezal.

Los datos e información extraídos a partir del monitoreo y muestreo sistemático de estos freáticos, tiene como objetivo permitir la descripción del comportamiento del agua sistematizando, procesando y analizando la información producida.

Además, existen amplios aportes de diversos autores en lo que concierne principalmente a la caracterización del medio físico correspondiente al área de estudio de este trabajo.

Debido a su extensión, profundidad y directa relación con el presente estudio se decidió citarlos y detallarlos a lo largo de los posteriores capítulos.

4. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO

Se considera que el medio físico donde se mueve el agua y se dan todos los fenómenos relacionados con la hidrología subterránea es un ambiente geológico. Un estudio de las



formaciones en las que se mueve el agua, constituyen un paso previo al estudio hidrológico de una región.

La propia geología es un factor condicionante en el comportamiento de circulación del agua en los acuíferos, en cuanto a la distribución de materiales permeables e impermeables, presencia de fallas, fracturas, etc.

Además, analizar la climatología de la región es clave para poder evaluar adecuadamente los fenómenos concernientes al ciclo hidrológico.

4.1 Caracterización Geológica

a) Geología y Geomorfología

El sur de la provincia de Santa Fe se encuentra enmarcado dentro de la provincia geológica Llanura Chacopampeana (Figura 7a), la cual constituye parte de una gran cuenca de antepaís, que recibió sedimentos provenientes del levantamiento de la Cordillera de los Andes y que hoy es el lugar de tránsito de esos sedimentos hacia la plataforma y talud continental atlántico (Chebli, et al., 1999).

Una característica distintiva de la Llanura Chaco-Pampeana son los excedentes y déficits hídricos. Esta condición climático-biológica genera un control que es significativo para el comportamiento hidrogeológico. Por ejemplo, los cambios dados en las profundidades del agua freática (Auge, 2004).

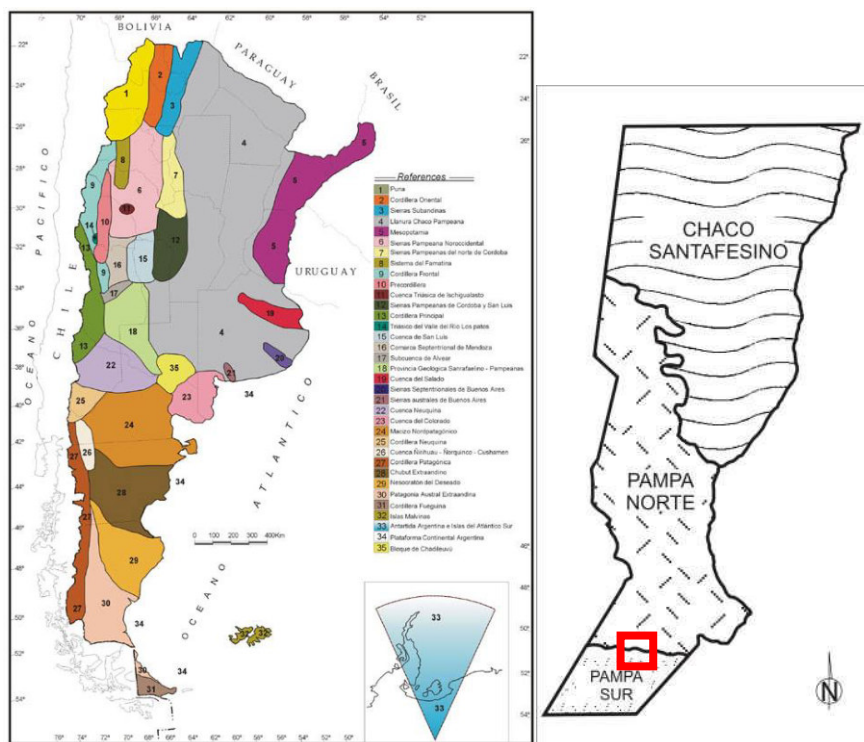




Figura 7: a) Provincias geológicas del territorio argentino. En color gris la provincia de Llanura Chacopampeana (Ramos, 1999). b) Regiones naturales de Santa Fe (Iriondo, 1987).

Puntualmente, en el ámbito de la provincia de Santa Fe, las grandes regiones naturales se denominan Chaco, Pampa Norte y Pampa Sur (Figura 7 b) (Iriondo, 1987), a su vez éstas se dividen en unidades geomorfológicas menores que caracterizan a cada región (Figura 8).

La zona de estudio se halla en una compleja transición entre la región natural de Pampa Norte (sector norte de Venado Tuerto) y de Pampa Sur (Sector sur de Venado Tuerto y sur de Santa Fe en su totalidad. Esta yuxtaposición de regiones da como resultado cierta complejidad en la dinámica hidrológica de la región (Iriondo, 2012).

La región Pampa Norte (Figura 5), está caracterizada por la dinámica del río Paraná y los aportes eólicos de sedimentos cordilleranos, en un paisaje de llanura formado por grandes bloques tectónicos. A su vez, Pampa Norte se encuentra dividida en unidades geomorfológicas menores de las cuales la unidad *área con paleocauces enterrados* es la que se despliega la zona de estudio. Los sedimentos que la conforman representan la base de la capa del agua freática y determinan su flujo en el subsuelo hacia este, descargando en el río Paraná. (Figura 8).

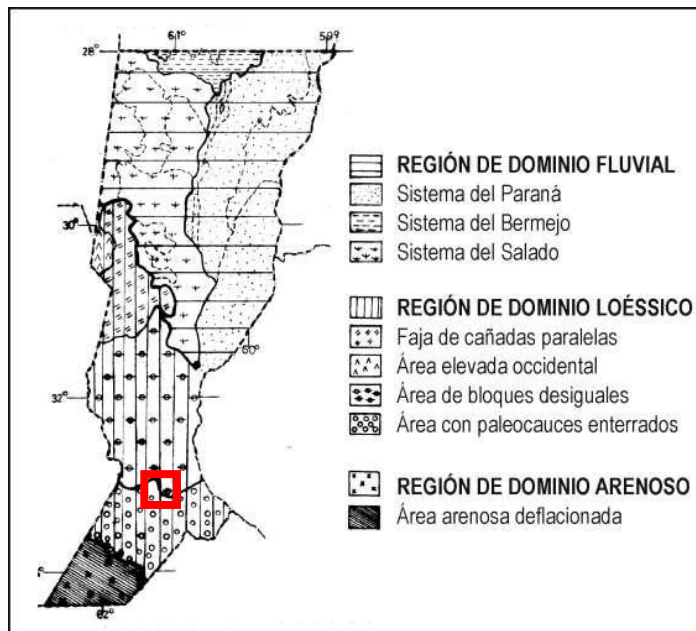


Figura 8: Unidades geomorfológicas de la provincia de Santa Fe La región de dominio fluvial, corresponde al Chaco Santafesino. La Región de Dominio Loésico a la Pampa Norte. La Región de Dominio Arenoso a la Pampa Sur. El área de estudio (recuadro rojo) se enmarca dentro de la Región de Dominio Loésico (Pampa Norte), específicamente en la unidad “área con paleocauces enterrados” y la Región de Dominio Arenoso perteneciente a la región Pampa Sur. (Iriondo, 1987; 2012).



La región Pampa Sur abarca la llanura argentina desde el río Colorado hasta la diagonal Villa María-Venado Tuerto-Junín-San Miguel del Monte. El área santafesina constituye un sector pequeño de esta gran región. Está compuesta superficialmente por un extenso manto de arena. El mismo conforma un excelente acuífero potable, utilizado para riego y consumo humano. Por debajo de este manto existe un relieve enterrado de paleocauces. Esta unidad menor se divide a su vez, en dos unidades de las cuales interesa el *área plana del este* que está caracterizada por la ausencia general de relieve y algunas cañadas de gran tamaño que reflejan en forma suavizada los paleocauces enterrados en el subsuelo a 10 y 15 metros de profundidad. Es una planicie arenosa, de textura arena fina y de carácter permeable. (Iriondo, 2012).

A rasgos generales, Venado Tuerto presenta suaves ondulaciones, de lomas bien drenadas circundadas por relieves cóncavos, formados por cubetas frecuentemente anegables y/o lagunas semipermanentes a permanentes.

Las pendientes del terreno no superan en general el 0,5% y en los interfluvios es bastante plano con pendientes muy pequeñas.

b) Caracterización hidrológica e hidrogeológica

Desde el punto de vista del estudio de las aguas superficiales y subterráneas, el territorio provincial está influido por tres factores principales: la estructura geológica, la geomorfología regional y la hidrología de llanuras (Iriondo, 2012).

Las cuatro unidades de interés hidrogeológico para el sector de estudio se refieren, de base a techo, a la Formación Paraná, Formación Arenas Puelches, Formación Pampeano y Sedimentos Post-Pampeano. (Pellegrino, et. al., 1986) (Figura 8).

Formación Paraná (Mioceno-Plioceno Superior): depósitos de origen marino acumulados en casi toda la llanura Chacopampeana. Se trata de arcillas de color verdoso, azules y grises amarillentas con restos de fósiles marinos (Russo, 1979). Se puede considerar a esta unidad como el basamento hidrogeológico (impermeable) en la zona de estudio. El techo de esta formación se encuentra a profundidades variables y según datos recopilados en la ciudad de Venado Tuerto se encontraría a 147 metros.

Formación Puelches (Plio-Pleistoceno): esta unidad se ha reconocido en casi toda la llanura Chacopampeana. Constituida por arenas muy friables castañas, blanquecinas, rojizas y grisáceas de grano fino hasta grueso, conglomeradas y pobremente seleccionadas. Según Auge y Hernández (1983) su origen podría ser fluvial. Es el principal acuífero en cuanto a calidad y caudal en el norte y noroeste de Buenos Aires y el litoral de Santa Fe. Según recopilaciones se estima que la profundidad del techo de esta formación en Venado Tuerto sería de 125 metros y su espesor de 23 metros.



Formación Pampeano (Pleistoceno): generalmente esta formación es visible a veces en cortes artificiales del terreno tales como excavaciones como pozos negros, cimentaciones, canales y desagües. Constituye la unidad geológica cuaternaria de mayor extensión areal. Se encuentra inmediatamente debajo del suelo de cultivo (de edad holocena). Los sedimentos que cubren norte de Buenos Aires, sur de Santa Fe, Córdoba y otras áreas han sido estudiados durante años y fueron denominados “loess pampeanos” (Cortelezzi, 1973). Se denomina loess al material depositado por el viento y limos a los sedimentos erosionados y redepositados (Frenguelli). Esta unidad está constituida fundamentalmente por depósitos eólicos loésicos y limo-arenosos rojizos que en sus tramos inferiores presenta intercalaciones de areniscas finas, friables con reacción calcárea. Ofrece concreciones carbonáticas (“tosca”) y materiales yesíferos rellenando oquedades. Presenta homogeneidad granulométrica, litológica y mineralógica tanto en profundidad como lateralmente. La profundidad de piso de esta formación en la zona de estudio se estima de 125 metros (Kreimer, 1969). Se comporta como acuífero libre en la parte superior y a mayor profundidad pasa a ser semilibre o semiconfinado.

Sedimentos Post-Pampeanos (Pleistoceno medio y superior-Holoceno): en la región de estudio se refiere en parte a depósitos eólicos, aluviales o lacustres correlacionables con otros sedimentos continentales y marinos. Incluye en sus horizontes más superiores (Holoceno) suelos principalmente del tipo Hapludol y Argiudol (materiales loésicos). Estos materiales dan lugar a acuíferos libres o también llamados niveles freáticos ubicados a continuación del estrato edafizado, cercanos a la superficie, de escaso espesor y poco potentes debido a su bajo caudal (Auge, 2004). Desde el punto de vista hidrogeológico es de gran interés ya que recibe la precipitación pluvial, transfiere la infiltración a los acuíferos inferiores y es el asiento de las zonas de descarga subterránea.

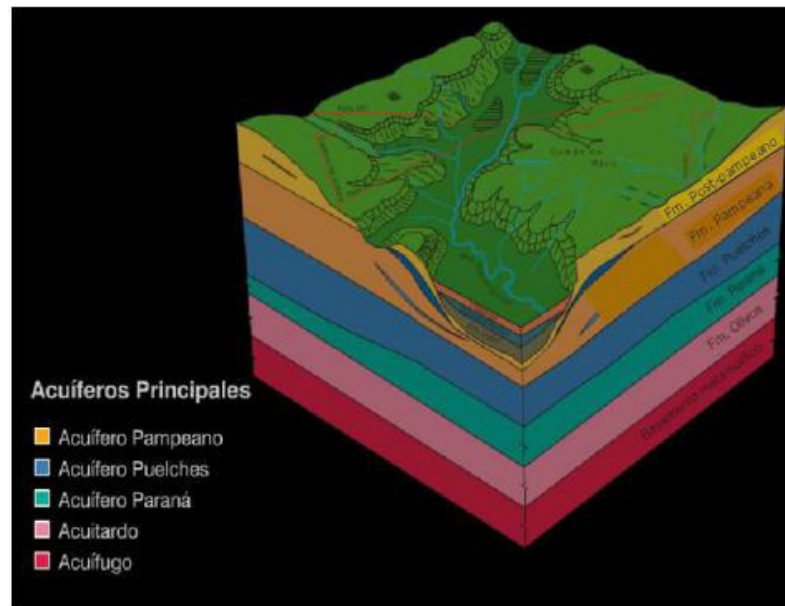


Figura 8: Acuíferos de la zona de estudio. Fuente: Zacarías, S. M., & Zimmermann, E. (2013).
Potencialidad hídrica de la región santafesina: el acuífero Guaraní en el territorio provincial.

En la zona de estudio el acuífero se encuentra alojado en los Sedimentos Pampeanos y Post-Pampeanos que en conjunto con la Formación Puelches constituyen la Sección Epiparanaeana, debido a que como se ha mencionado previamente se encuentran por encima de la Formación Paraná.

Los acuíferos Pampeano y Puelches, son clasificados como acuíferos multicapa de llanura, los cuales están, en algunos casos, hidráulicamente conectados. O sea, que si se explota sólo el más profundo (Acuífero Puelches), repercutirá en los acuíferos superiores, y además cualquier tipo de contaminación en éstos últimos se puede propagar hacia él. (Zacarías, Zimmerman, 2013)

En lo que respecta a los cuerpos de agua superficial en la zona de estudio se denominan autóctonos, que forman cuencas de llanura. Son numerosos y pueden agruparse en lagunas, pantanos y cañadas.

Existen cuencas cerradas de distinto tamaño vinculadas a los Salados y al Carcarañá que incluyen lagunas como la laguna Melincué y La Picasa.

La Lagunas Encadenadas, van ocupando paleocauces que han sido modificados por la acción del viento.

Las principales lagunas de la ciudad de Venado Tuerto son la Laguna el Basural y la Laguna El Hinojo y es a ella que en parte escurre el agua precipitada de la ciudad. (Pellegrino et al., 1986).



Laguna El Basural: tiene una superficie de 76 has, una profundidad media estimada de 0,80 metros. Durante épocas muy lluviosas la laguna aumenta su cota hasta alcanzar su cota máxima y luego se produce la descarga por un canal de desagüe que la comunica con la laguna La Victoria. Es dentro de las lagunas de carácter permanente, la más cercana a la ciudad.

Laguna El Hinojo: situada a 6 kilómetros al sureste de la ciudad, su superficie aproximada es de 240 has, valor que aumenta ante períodos de abundantes precipitaciones. Tiene una profundidad media estimada de 1 metro. En ella concluye en desagüe Cayetano Silva por el cual descargan los pluviales de un amplio sector de la ciudad y el aporte permanente proveniente de la planta de tratamiento de líquidos cloacales.

4.2 Marco Climatológico

La precipitación media anual, según los registros de la estación del Servicio Meteorológico Nacional, tomados en el “Aeródromo Municipal Tomás B. Kenny” es de 960 mm.

El clima es templado, con una temperatura media anual de 16,9°C, con la media máxima mensual en enero con 29°C y la media mínima mensual en julio con 5°C. Se caracteriza por veranos cálidos y húmedos, donde se registran la mayor cantidad de precipitaciones; e inviernos frescos con repeticiones de heladas (Figura 9).

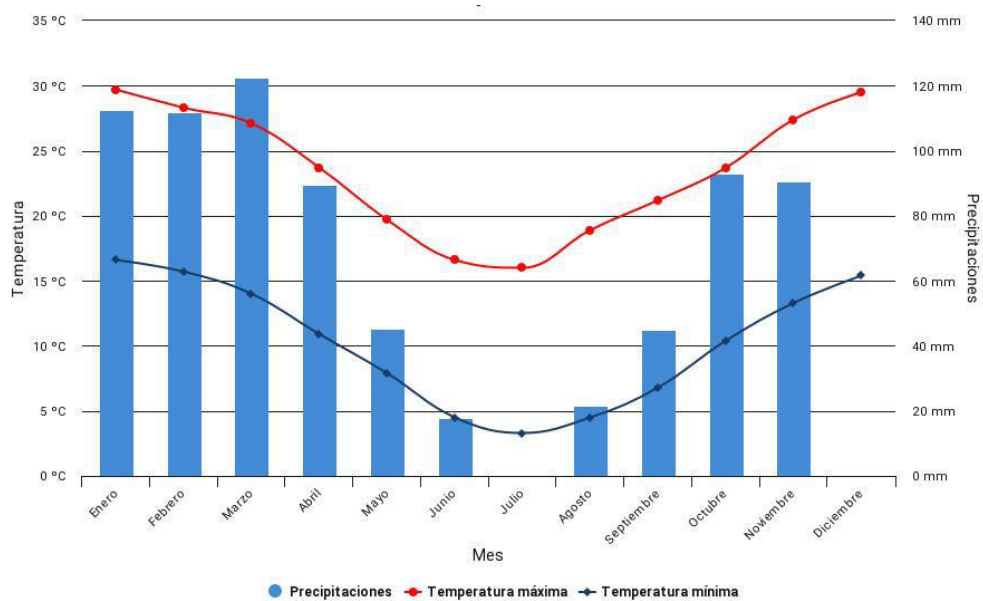


Figura 9: Valores climatológicos medios (serie 1991-2020) de la ciudad de Venado Tuerto.
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional



La característica fundamental del factor climático en la Pampa es que está formado por ciclos hidrológicos interanuales, es decir que varios años secos sucesivos son seguidos por otros húmedos, en un patrón irregular. Esto se ve representado en variaciones de las precipitaciones medias anuales dependiendo de los fenómenos “La Niña” o “El Niño” en el cual las mismas pueden aumentar en el primer caso o disminuir en el segundo (Figura 10).

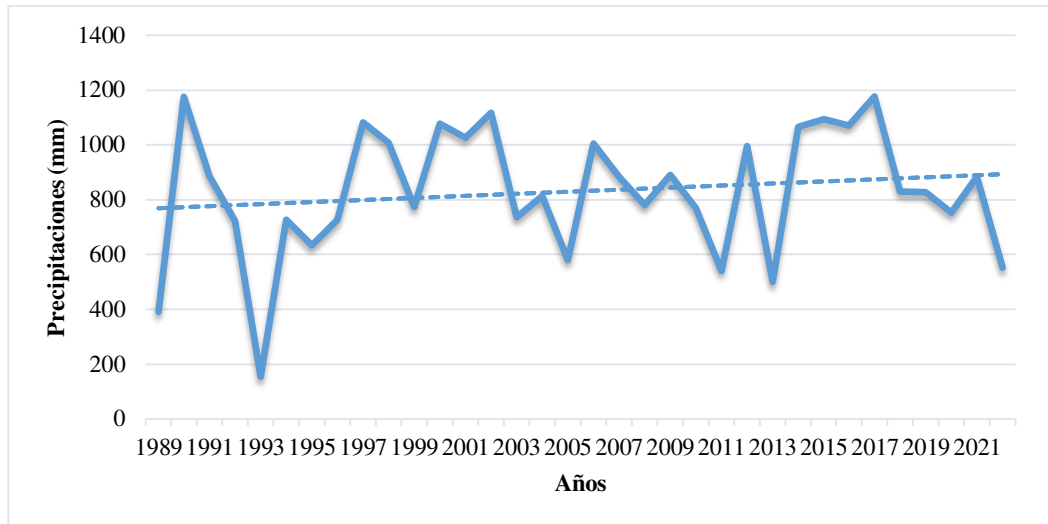


Figura 10: Registro de precipitaciones anuales de la ciudad de Venado Tuerto. Clara evidencia de marcados períodos húmedos y secos. Gráfico creado con datos otorgados por el SMN.

Durante los períodos hídricos normales y secos, el escurrimiento superficial en la región es de tipo endorreico hacia bajos y lagunas locales y el agua se evapora e infiltra desde estos cuerpos de agua. En estas condiciones predominan los procesos de transferencia de agua verticales sobre el escurrimiento (Paoli et al., 2005). En los períodos húmedos se produce una elevación generalizada del nivel freático que alcanza la superficie en los lugares más bajos, provocando surgencia y formando bañados. Si los excesos hídricos superan la capacidad de almacenamiento de los bajos y lagunas, éstos desbordan y se concatenan formando líneas temporarias de flujo superficial.

La proximidad de la capa freática a la superficie del terreno origina un aumento significativo del potencial de escurrimiento del terreno. Cuando la precipitación cae sobre un sistema saturado el porcentaje de la misma que se transforma en escurrimiento es mayor que el correspondiente a una condición de humedad antecedente normal. En consecuencia, el aumento del nivel freático, además de ser un efecto de la mayor generación de excesos hídricos, se ha convertido en una causa que potencia dicho aumento (Paoli et al., 2005; en Iriundo, 2012).



5. MODELO CONCEPTUAL

5.1 Fundamentos y conceptos previos: hidrología y aguas subterráneas

El agua en la hidrosfera se encuentra en los tres estados físicos: sólido, líquido y gaseoso, variando entre ellos de forma cíclica según el ciclo hidrológico. Se denomina ciclo hidrológico al movimiento general del agua en la superficie terrestre, ascendente por evaporación y descendente primero por las precipitaciones y después en forma de escorrentía superficial y subterránea (Figura 11). Este ciclo constituye el concepto central de la Hidrología (Custodio y Llamas, 1983).

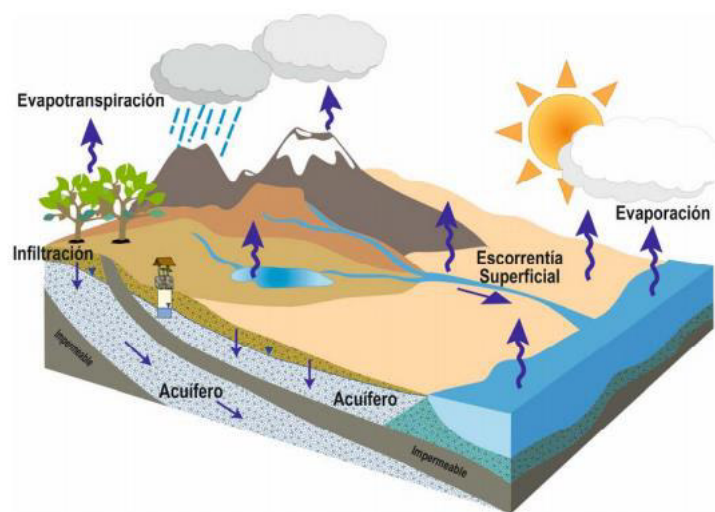


Figura 11: Esquema general del ciclo del agua, (Santana et al, 2014) extraído del trabajo de recarga Canarias.

Los ríos, lagos y humedales son manifestaciones superficiales de las aguas subterráneas, que intercambian caudales con los acuíferos que los alimentan cuando necesitan agua y toman algo de su flujo cuando el agua superficial está presente en exceso. El agua superficial que podemos ver está conectada por el reservorio de agua subterránea que está fluyendo continuamente y reabasteciendo el ciclo hidrológico.

Este flujo continuo de agua subterránea es una cinta transportadora tanto para la actividad natural como para la antropogénica. La precipitación es un componente vital de cómo el agua se mueve a través del ciclo del agua. Ésta ocurre cuando el peso del vapor de agua que se condensa en la atmósfera es demasiado pesado para ser soportada por la presión del aire. Esta precipitación ocurre como lluvia, niebla, neblina, nieve, escarcha y puede estar asociada con la topografía o generada por la mayor parte del aire que se origina de la evaporación sobre los océanos.



En la mayoría de los casos, el agua subterránea se origina como precipitación que infiltra en el suelo y se filtra hasta el nivel freático, que es una superficie conceptual existente en todas partes a cierta profundidad por debajo de la superficie terrestre (Figura 12).

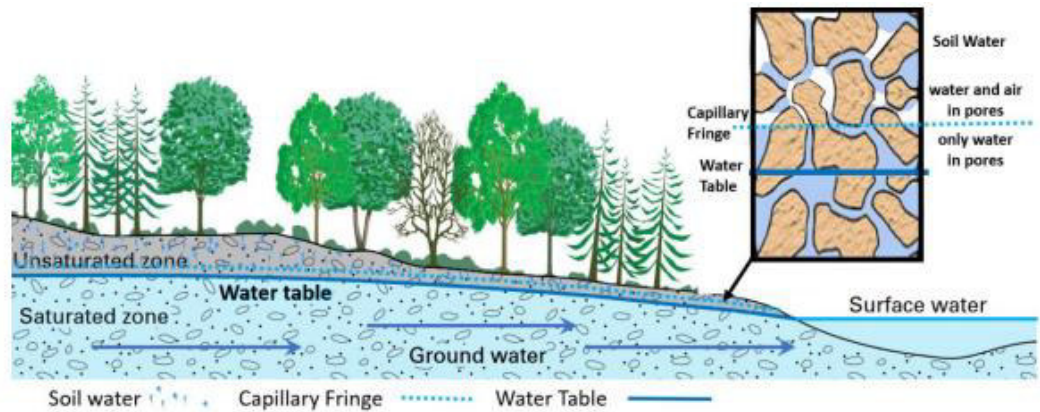


Figura 12: El nivel freático se extiende debajo del suelo donde la superficie de un cuerpo de agua se encuentra con la costa. Adaptación de USGS 2019 por Groundwater Project.

El agua se eleva una pequeña distancia en los poros del suelo por encima del nivel freático debido a las fuerzas de capilaridad que resultan de la adhesión de las moléculas de agua a los sólidos del subsuelo y la cohesión de las moléculas de agua entre sí. Estas fuerzas capilares atraen el agua del suelo hacia arriba, oponiéndose a la fuerza de gravedad que empuja el agua hacia abajo. Esta zona se denomina franja capilar.

Por encima de la zona capilar y extendiéndose hasta la superficie se encuentra la “zona no saturada” en la que algunos de los espacios están llenos de aire y algunos con agua.

Por debajo de la zona capilar, el agua ocupa todo el espacio entre las partículas de sedimento (poros), dentro de las grietas (fracturas) y en los canales (cuevas) de las rocas, esta zona se denomina “zona saturada”.

La superficie que separa conceptualmente estas dos últimas zonas es el denominado nivel freático.

Los volúmenes útiles de agua subterránea se almacenan y transmiten en capas geológicas denominadas acuíferos.

Dicho todo esto, podemos definir a los acuíferos libres como aquellos en los cuales el agua del nivel superior de la zona saturada se encuentra a presión atmosférica. Están constituidos por formaciones geológicas permeables, directamente expuestas a la recarga



por parte de la lluvia (impluvio), que contienen la franja saturada del terreno y que, habitualmente, no están saturadas en todo su espesor (cuando lo están, el agua aflora en la superficie del terreno). Por debajo del límite superior de la franja saturada, el agua contenida en estos acuíferos está sometida a exclusivamente a la presión hidrostática (presión debida al peso de la columna de agua existente sobre un punto determinado de la zona saturada) más la presión atmosférica.

El *nivel freático* es la cota absoluta, en metros sobre el nivel del mar, que corresponde a la parte superior de saturación en un acuífero libre. Es una variable de significado puntual, ya que la cota del agua varía espacialmente en el terreno.

Y la *superficie freática* es la superficie que limita superiormente la zona saturada de un acuífero libre.

A diferencia de esto, los *acuíferos confinados* son aquellos en los cuales el agua contenida está sometida, en cada punto del acuífero, a una presión mayor a la atmosférica, y que es distinta en cada punto del acuífero. Son formaciones geológicas permeables totalmente saturadas y situadas entre dos capas o formaciones geológicas de muy baja permeabilidad.

Al perforar un pozo en un acuífero confinado, el agua se descomprime y asciende por la entubación hasta alcanzar una posición situada por encima del techo del acuífero, a esto se denomina *nivel piezométrico*. La altura (cota absoluta sobre el nivel del mar) que alcanza el agua se denomina nivel piezométrico. El nivel piezométrico sólo se manifiesta allí donde existe una perforación.

La profundidad de un acuífero se puede medir perforando un pozo por debajo del nivel donde el agua comienza a fluir hacia el agujero y midiendo la profundidad desde la superficie del suelo hasta la superficie del agua. A esto se denomina freatómetro en el caso de los acuíferos libres y piezómetro en el caso de los acuíferos confinados. (Figura 13).

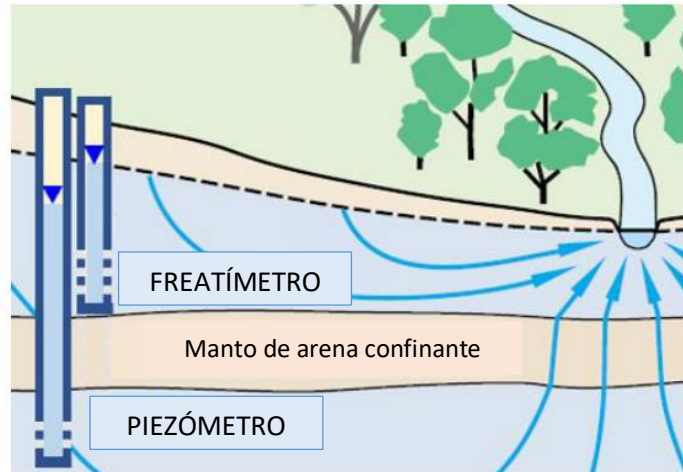


Figura 13: El agua en el pozo del acuífero no confinado se eleva al nivel de la capa freática, (Freatímetros) mientras que el nivel del agua en el pozo en el acuífero confinado se eleva por encima del parte superior del acuífero confinado debido a la presión contenida por el lecho de confinamiento (Piezómetro). Fuente: Adaptada de “The Groundwater Project”.

5.2 Modelo Conceptual

El primer paso en cualquier análisis de agua subterránea es desarrollar un modelo conceptual que es una representación simplificada del sistema para entender mejor la complejidad de éste. Se basa en la observación directa, los datos de campo y la experiencia o criterio de quién realice el análisis. La construcción de un modelo conceptual requiere la identificación y caracterización de los diferentes componentes del sistema hidrogeológico, como la geología, la topografía, el clima, la vegetación, el uso del suelo, la hidrología superficial, etc. Una vez que se han identificado estos componentes, se pueden desarrollar hipótesis sobre la forma en que interactúan. Debe ser lo suficientemente complejo para incluir todas las variables relevantes que afectan el comportamiento hidrogeológico del acuífero (Todd, 2005).

Los modelos conceptuales son muy útiles para evaluar el balance de agua subterránea en el acuífero y calcular la disponibilidad para los diferentes usos evaluando el impacto de la extracción y predecir el comportamiento del acuífero bajo diferentes escenarios climáticos.

En el caso de este estudio en particular planteamos lo siguiente:

- Entradas: precipitación directa sobre el acuífero, pérdidas de la red de abastecimiento de agua potable, pérdidas de la red cloacal, pérdidas de la red pluvial, infiltración de pozos negros domiciliarios, flujo subterráneo entrante.
- Salidas: bombeo para extracción de agua para potabilización, bombeo domiciliario de agua para consumo, flujo subterráneo saliente.



- Almacenamiento: varía según los procesos involucrados en las entradas y salidas.
- Flujo: el agua subterránea fluye desde las zonas de alta carga hidráulica en la parte alta del acuífero hacia las zonas de baja carga hidráulica en la parte baja del acuífero.
- Recarga: se produce principalmente por la infiltración de agua de lluvia a través del sustrato geológico y las pérdidas de las cañerías subterráneas que transportan servicios de agua o desaguan desechos ya sean cloacales como pluviales.
- Descarga: se produce a través de la extracción de agua subterránea y la descarga natural hacia lagunas y canales.

Este modelo conceptual ha sido desarrollado a partir de un análisis del ciclo hidrológico en entornos naturales y urbanos. En estos últimos, además de los componentes naturales, se han identificado una serie de características distintivas que son propias de estos escenarios. Estas características incluyen un aumento significativo de la escorrentía superficial, la implementación de sistemas de drenaje y tratamiento del agua, así como un uso intensivo de los recursos hídricos para satisfacer las demandas de la población.

La Figura 14 presenta de manera clara las variables clave involucradas en este modelo y cómo se interrelacionan entre sí. A continuación, se describen estas variables y sus relaciones:

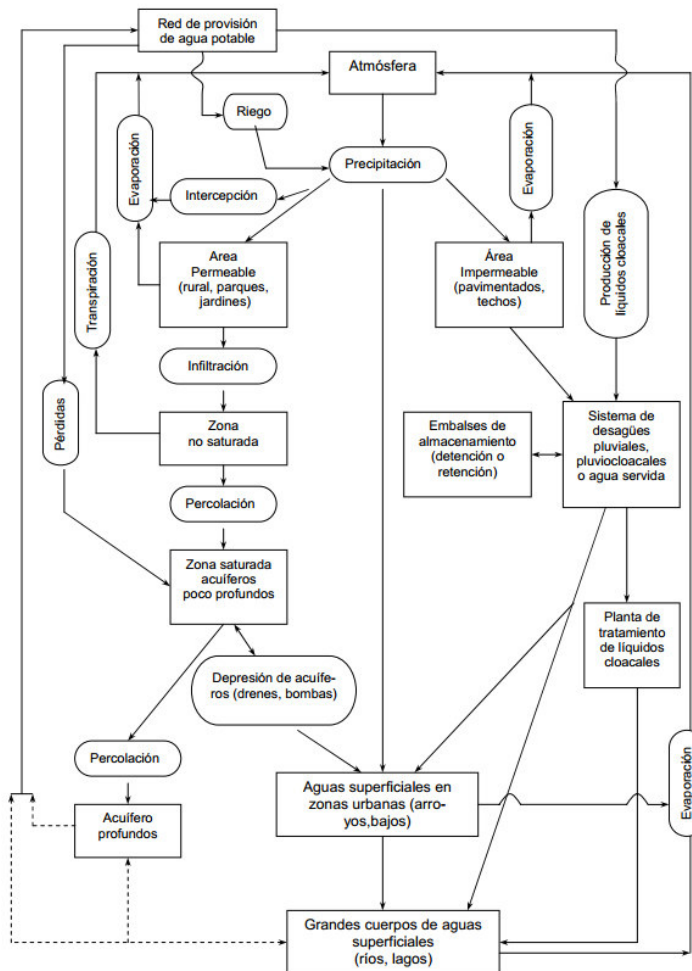


Figura 14: Sistema Hidrológico Urbano en términos de cantidad de agua (Van de Ven, 1990).

Es importante destacar que este modelo conceptual proporciona una visión general de las interacciones clave entre las variables hidrológicas en entornos urbanos. Sin embargo, cada contexto urbano puede presentar particularidades propias que pueden influir en la dinámica del ciclo hidrológico.

5.3 Material recopilado y elaborado para la confección del modelo conceptual

5.3.1 Pluviometría

Para el análisis de las precipitaciones, se utilizaron los registros mensuales de la ciudad proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional, tomados en el "Aeródromo Municipal Tomás B. Kenny". Durante el período mencionado, se registró un valor total de precipitación de 1705,90 mm.

En cuanto a las precipitaciones durante los períodos 2019-2020 y 2020-2021, se observaron valores anuales de 883 mm y 822,9 mm, respectivamente. Es importante destacar que estas cifras se mantuvieron aproximadamente 90 mm por debajo de la media anual reportada



para Venado Tuerto, la cual se sitúa en 960 mm, según lo informado por R. Martín en 2014. Esto puede atribuirse al fenómeno conocido como "El Niño", el cual fue mencionado en la descripción climatológica realizada en este estudio.

Esto mismo se ve graficado a continuación en la Figura 15:

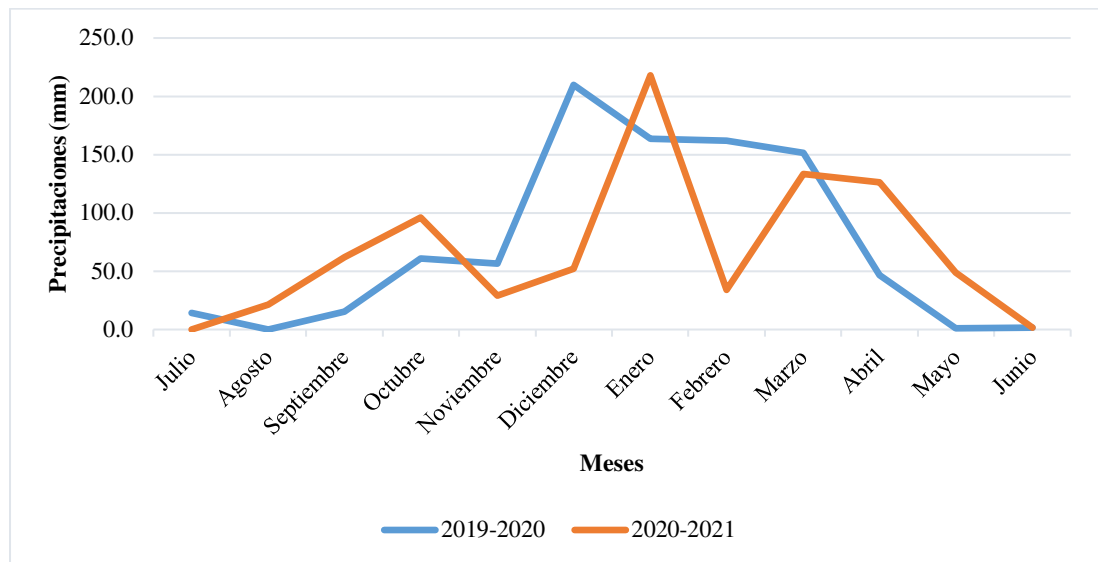


Figura 15: Gráfico de valores mensuales de precipitación en mm otorgados registrados en el “Aeródromo Municipal Tomás B. Kenny” por el SMN. Ver si mover este gráfico.

La cantidad diaria de precipitación desempeña un papel crucial en el proceso de recarga de acuíferos, ya que determina la cantidad de agua que se infiltrará en el suelo y contribuirá a la recarga. Cuando ocurren precipitaciones, el agua puede seguir diversos caminos, como ser absorbida por las plantas y evaporarse a través de la evapotranspiración, escurrir superficialmente o infiltrarse en el suelo y recargar los acuíferos.

Con el fin de registrar y organizar los datos diarios de precipitaciones, se generaron tablas que fueron utilizadas posteriormente en el balance hídrico correspondiente. Estas tablas, que detallan las mediciones de precipitación, se encuentran disponibles en el ANEXO TABLAS.

5.3.2 Registro de mediciones de freáticos

Como se mencionó previamente, los niveles de agua subterránea se obtuvieron de la red de freáticos del Laboratorio de Medio Ambiente de la UTN-FRVT. Los freáticos analizados fueron 15 en total.

En las siguientes tablas 2 y 3 se presentan los registros de profundidades correspondientes a cada freático:



MES	P (mm)	PROFUNDIDADES POR UBICACIÓN DE LOS FREATÍMETROS						
		E.B.Chacra 38	E.B. Parque industrial	E.B. Angel Lozano	Escuela 789	B. Cumelen	E.B. Juan XXIII	Planta Potabiliz
jul-19	14.40	-2.52	-3.69	-1.53	-1.23	-0.67	-2.24	-8.20
ago-19	0.00	-2.43	-3.36	-1.66	-1.30	-0.76	-2.37	-9.31
sep-19	15.20							
oct-19	60.90	-3.40	-4.50	-1.92	-1.27	-1.06	-2.61	-8.00
nov-19	56.50	-2.98	-4.07	-1.98	-1.75	-1.43	-2.54	-8.50
dic-19	211.80							
ene-20	163.40	-2.58	-3.41	-1.15		-1.26		
feb-20	162.00	-2.36	-3.60	-1.49	-0.93	-0.43	-2.06	-8.65
mar-20	151.50							
abr-20	46.70	-2.21	-3.18					-8.94
may-20	0.90			-1.30	-1.47	-0.65	-1.82	
jun-20	1.70	-2.45	-3.41	-1.52	-1.18	-0.58	-2.45	-8.94
jul-20	0.00	-2.27	-3.34					
ago-20	21.20							-10.36
sep-20	62.20	-2.44	-3.60	-1.37	-1.17	-0.47	-2.02	-9.18
oct-20	96.20							
nov-20	29.30			-1.47	-1.20	-0.60	-2.49	
dic-20	53.00	-2.87	-3.82	-2.06	-1.65	-1.07		-9.94
ene-21	218.00				-1.80	-1.47		
feb-21	35.20				-1.93	-1.32		
mar-21	133.30							-9.20
abr-21	126.00	-2.62	-3.77	-1.28	-1.80	-1.13	-1.87	
may-21	49.00				-1.30	-0.73		
jun-21	1.50				-1.32	-0.76		
jul-21	1.50	-2.71	-4.04	-1.78			-2.36	-9.76

Tabla 2: Profundidades del nivel freático de cada freaímetro de julio de 2019 a julio de 2021

MES	P (mm)	UBICACIÓN DE LOS FREATÍMETROS							
		E. "La Victoria"	Planta RSU	E.B. Central	Plaza San Martín	FFCC	Cementerio	Centenario	Polo Club
jul-19	14.40								
ago-19	0.00	-1.45	-4.39						
sep-19	15.20								
oct-19	60.90	-1.64		-4.62					
nov-19	56.50	-1.75	-2.89	-4.80					
dic-19	211.80				-9.49				
ene-20	163.40	-1.45	-2.41	-4.05	-9.26	-5.95	-6.05		
feb-20	162.00	-1.11	-2.55	-3.88	-8.86	-5.40	-5.63		
mar-20	151.50								
abr-20	46.70			-3.98			-5.52		
may-20	0.90	-1.39	-2.60		-8.63	-5.39	-5.70		
jun-20	1.70	-1.64	-2.59	-4.08	-8.68	-5.38			
jul-20	0.00	-1.53		-4.19					
ago-20	21.20	-1.58			-8.87				
sep-20	62.20	-1.28	-2.33	-4.03	-8.73	-5.73	-5.87	-8.72	-5.32
oct-20	96.20								
nov-20	29.30				-8.89	-5.59		-9.01	-5.47
dic-20	53.00	-1.82	-2.60	-5.22	-8.80	-5.83	-5.65	-8.87	-5.50
ene-21	218.00	-2.15	-2.88		-9.00	-6.07	-6.40	-9.17	-5.47
feb-21	35.20	-2.70	-3.00		-9.90	-6.30	-6.30	-8.80	-5.69
mar-21	133.30			-4.86					
abr-21	126.00	-1.92	-3.18		-9.50	-6.48	-6.15	-9.25	-5.70
may-21	49.00	-1.20	-2.54		-9.10	-5.93	-6.17	-8.10	-5.40
jun-21	1.50	-1.30	-2.44					-9.04	-5.40
jul-21	1.50				-9.00	-5.80	-5.98		

Tabla 3: Profundidades del nivel freático de cada freaímetro de julio de 2019 a julio de 2021

Si se observan las tablas se puede apreciar que ciertos meses no se pudieron determinar las profundidades o que algunas ubicaciones no cuentan con mediciones en determinados meses. Esto se debe a que, como es ampliamente conocido, la pandemia del COVID-19 afectó el desarrollo normal de actividades en todos los ámbitos, incluido el Laboratorio de Medio Ambiente.

A pesar de esta situación, el equipo de trabajo ha demostrado un gran esfuerzo y dedicación para intentar continuar con los muestreos en la medida de lo posible, aprovechando los permisos otorgados a nivel nacional y provincial.



En otros casos, la ausencia de datos se debe a que el freatómetro fue perforado y puesto en funcionamiento con posterioridad.

Como resultado del análisis de las fluctuaciones de los niveles freáticos en relación con las precipitaciones, se presenta el siguiente gráfico (Figura 16).

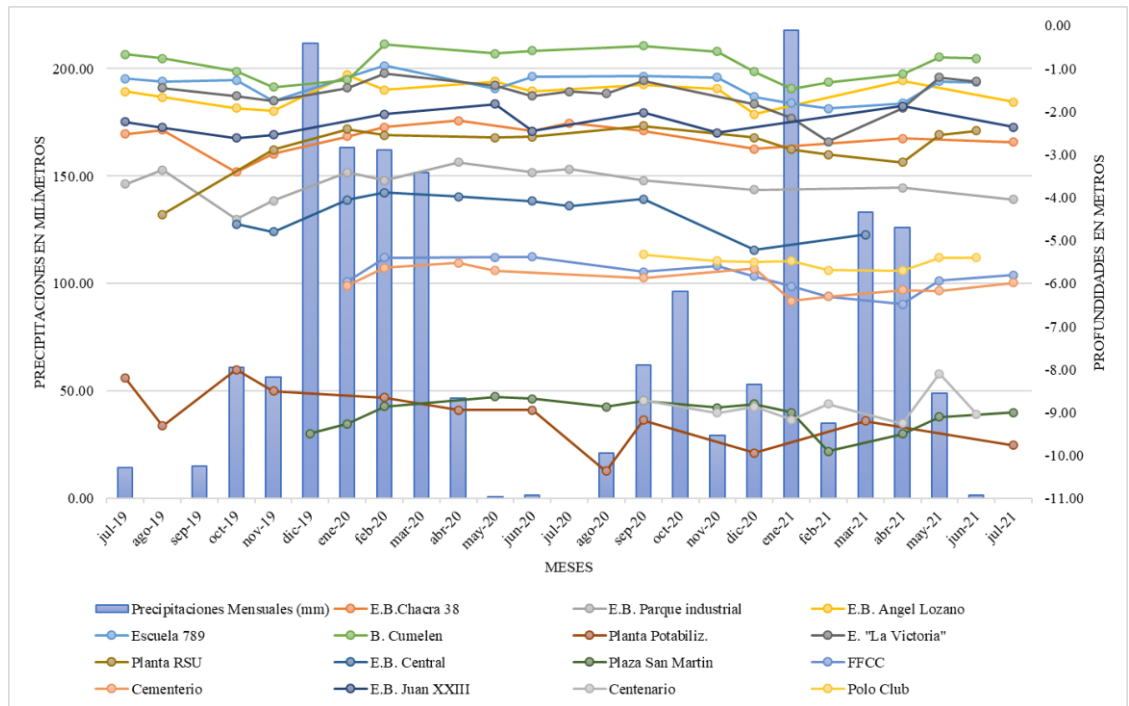


Figura 16: Precipitaciones oscilaciones del nivel freático en cada freatómetro mes a mes.

5.3.4 Nivelación de la Red de Freatómetros

Una de las actividades más relevantes de nuestro estudio es la comparación entre la topografía del terreno y la superficie del agua subterránea, ya que esto define líneas equipotenciales que nos permiten comprender el comportamiento de flujo del acuífero en nuestra área de estudio.

En primer lugar, se realizó la recopilación de datos existentes. Se comenzó con los datos de mayor confiabilidad proporcionados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), los cuales fueron extraídos de la copia de la carta topográfica de Venado Tuerto, específicamente la carta N°199, levantada en el año 1958.

Debido a la ubicación de los puntos fijos en la carta topográfica, que se encontraban a grandes distancias de nuestros freatómetros, no fue posible utilizarlos inicialmente debido a las limitaciones de las herramientas de medición disponibles.

Posteriormente, nos pusimos en contacto de manera formal con el ente municipal, y se nos proporcionaron los puntos fijos de la ciudad de Venado Tuerto. Estos puntos fijos, indicados en la misma carta, mostraban la ubicación de los pinchotes y sus respectivas cotas sobre el nivel



del mar. Estos pinchotes fueron establecidos localmente utilizando los puntos fijos del IGN para la ejecución de proyectos de pavimentación y urbanización. Algunos de ellos consisten en placas metálicas en muros o pequeños postes diseñados para este propósito, mientras que otros son simplemente tramos de cinco centímetros de hierro sobresaliendo en la parte inferior de los postes de electricidad de madera.

Inicialmente, se consideró el uso de un nivel óptico como la herramienta más conveniente debido a su precisión y disponibilidad. No obstante, con el objetivo de agilizar el proceso de nivelación, se tomó la decisión de utilizar un GPS prestado por uno de los docentes de la cátedra de Geotopografía de nuestra facultad. Además de brindarnos el equipo, este docente nos ofreció asistencia técnica y conocimientos especializados para llevar a cabo la nivelación de manera adecuada.

Sin embargo, surgieron dificultades debido a las interferencias urbanas y tecnológicas, como los cables de electricidad e internet de la ciudad, lo que limitó la nivelación con GPS en algunos puntos. Por lo tanto, se estableció una referencia en dos ocasiones donde era posible captar la señal del GPS, y luego se trasladó la cota utilizando el nivel óptico, generando así un sistema mixto de nivelación. En la Tabla 4 se presentan los freaímetros utilizados y la correspondiente herramienta de nivelación.

FREATIMETRO	FECHA	CONDICION
Polo	12/6/2021	Nivel
Plaza San Martin	19/6/2021	Nivel
Estacion de ferrocarril	19/6/2021	Nivel
Centenario	28/8/2021	Nivel
Estacion de agua potable	28/8/2021	Nivel
Escuela Almafuerde N° 789	29/10/2021	Nivel
Escuela Almafuerde N° 789	12/4/2023	GPS
Estacion central de bombeo	6/12/2021	Nivel
Est. La Victoria	16/3/2022	Nivel
Cumelen	12/4/2023	GPS
Zona Norte	12/4/2023	GPS
Juan XXIII	12/4/2023	GPS
Parque Industrial	23/6/2022	Nivel
Chacra 38	23/6/2022	Nivel
RSU	12/4/2023	GPS
Cementerio	29/5/2020	Nivel

Tabla 4: Ubicación del sitio de nivelación con su correspondiente fecha y método de trabajo



Para asegurar la precisión de las lecturas con nivel, se verificó de manera práctica que el error de colimación atribuido al instrumento de medición no fuera significativo.

El procedimiento comienza con el instrumento perfectamente nivelado y se observa la altura indicada por la mira parlante en el punto fijo, obteniendo la Lectura Atrás (LA). El punto donde se coloca el nivel se denomina estación, y se realizan las mediciones necesarias para cubrir la distancia deseada, teniendo en cuenta que el alcance visual varía entre 100m y 200m dependiendo de la marca del instrumento.

Posteriormente, se posiciona la mira parlante delante de la estación, en la dirección de la cota buscada, y se obtiene la Lectura Adelante (LB). De esta manera, se va llevando la cota del punto de referencia al que se desea nivelar utilizando la siguiente fórmula:

$$(\text{cota buscada}) = (LA) + (LB) - (\text{altura instrumento})$$

$$LA+CA=LB+CB$$

La incógnita es la CB, haciendo referencia esto a cada estación. Se obtiene despejando CB:

$$LA+CA-LB=CB$$

Siendo:

LA: Lectura del punto A.

CA: Cota de valor conocido en punto A.

LB: Lectura del punto B.

CB: Cota de valor desconocido en punto B.

Todos estos valores referidos a una estación de nivel.

En el ANEXO TABLAS se exponen las tablas de las de las nivelaciones correspondientes a las lecturas con nivel y su cálculo de valor final.

A continuación se presenta un resumen de los freatómetros nivelados con su correspondiente cota de terreno con respecto al nivel del mar (Tabla 5).



FREATIMETRO	COTA
Polo	111,25
Plaza San Martín	114,525
Estación de ferrocarril	113,23
Centenario	114,002
Estación de agua potable	111,643
Escuela Almafuerie N° 789	111,5
Escuela Almafuerie N° 789	110,63
Estación central de bombeo	110,245
Est. La Victoria	106,929
Cumelen	109,45
Zona Norte	112,97
Juan XXIII	110,25
Parque Industrial	111,114
Chacra 38	109,396
RSU	110,15
Cementerio	112,823

Tabla 5: Cota final con respecto al nivel del mar de los freáticos que componen la red.

En la Figura 17 se muestran fotografías que ilustran el proceso de nivelación con nivel óptico. Estas imágenes capturan los materiales utilizados, como el nivel óptico en sí, el trípode y las miras graduadas, en algunos de los lugares donde se llevó a cabo el trabajo de nivelación.

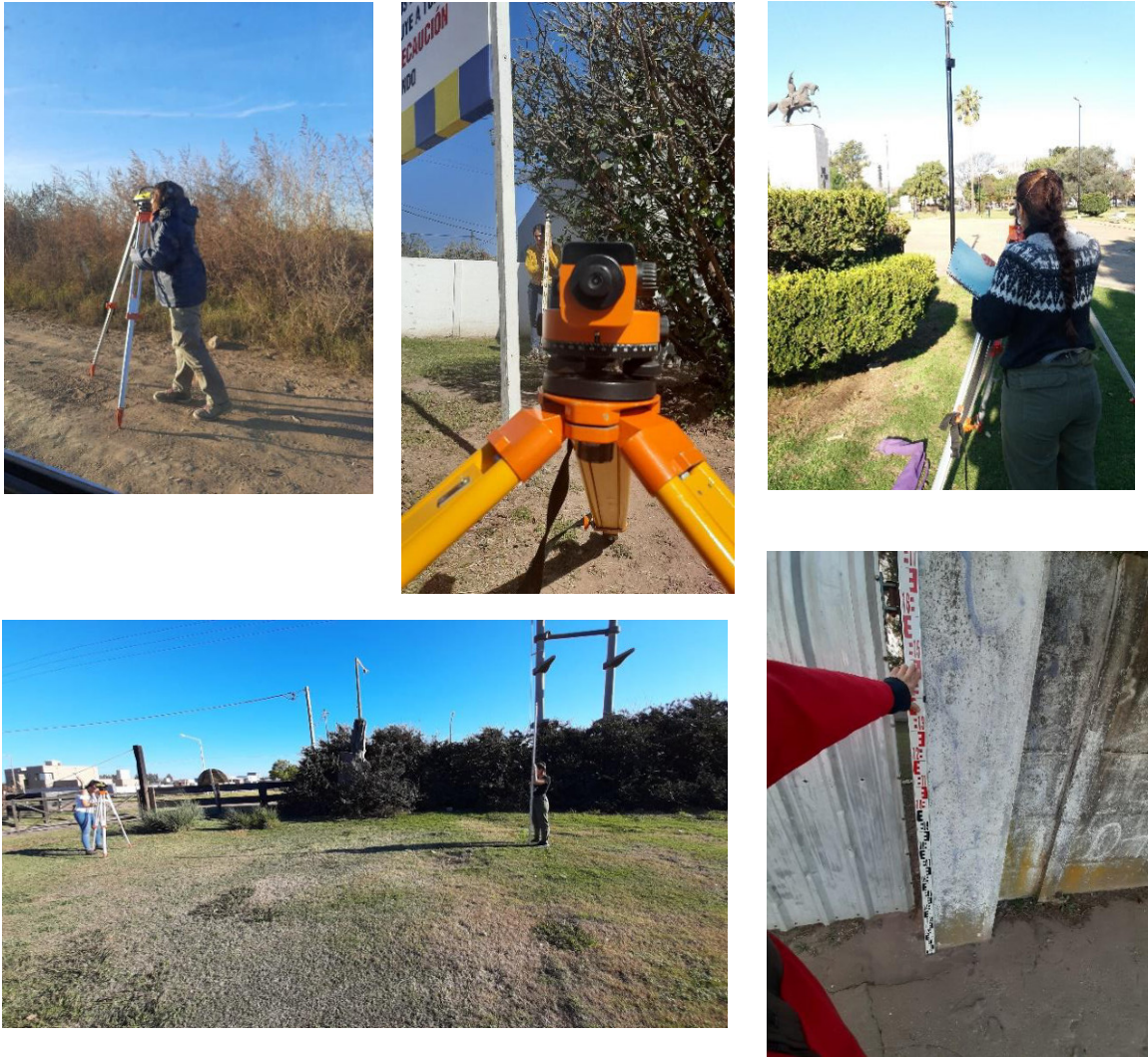


Figura 17: Nivelación con nivel óptico en Plaza San Martín, Polo Club, Centenario y Chacra 38.

En la Figura 18 se muestran fotografías que ilustran el proceso de nivelación con GPS. Estas imágenes capturan los materiales utilizados, como el receptor y la antena GPS, la estación base, el trípode, la cinta métrica y las estacas, en uno de los lugares donde se llevó a cabo el trabajo de nivelación.



Figura 18: Nivelación con GPS Barrio Cumelén. Estación base instalada en Polo Club.

A pesar de los desafíos iniciales, se lograron superar las complicaciones y completar la tarea de nivelación. Inicialmente se consideró el uso de un nivel óptico, valorando su precisión y disponibilidad. Sin embargo, con el objetivo de agilizar el proceso, se decidió utilizar un GPS. Se encontraron obstáculos como la falta de información sobre puntos fijos confiables para establecer una cota de referencia y las interferencias causadas por los cableados, lo que dificultó la recepción de señal del GPS. Esta adaptación en la elección de herramientas y nuestra determinación para sobreponernos a las dificultades presentadas nos permitió obtener los datos necesarios para el estudio en cuestión.

Los resultados obtenidos fueron información esencial para este estudio y quedan como base de datos y a disposición para estudios de cualquier otro tipo.



5.3.5 Aplicación de GIS (Sistemas de Información Geográfica) para la Clasificación de Áreas Permeables e Impermeables

Se realizó la clasificación del uso del suelo para poder distinguir las zonas impermeables y permeables de la ciudad, que luego fueron utilizadas para el balance hídrico.

Para esto se utilizó el software Qgis, específicamente, el plugin Semi- Automatic Classification Plugin, es un complemento del software destinado a realizar clasificación supervisada.

Para comenzar se buscó una imagen satelital que nos brinde la más precisa y actualizada clasificación. Se utilizó una imagen de los satélites SENTINEL-2 que es una misión europea de generación de imágenes multiespectrales de alta resolución y amplia franja. Lleva una carga útil de instrumento óptico que muestrea 13 bandas espectrales: cuatro bandas a 10 m, seis bandas a 20 m y tres bandas a 60 m de resolución espacial. El ancho de la franja orbital es de 290 km.

La imagen utilizada se denomina S2B_MSIL1C_20200913T140059_N0209_R067_T20HNNH_20200913T155435 lo cual su nombre indica información de la misma como por ejemplo su fecha de toma: 13 de septiembre de 2020.

Fue extraída de Copernicus Open Access Hub. Copernicus es el Programa de Observación de la Tierra de la Unión Europea, que mira a nuestro planeta y su medio ambiente. Ofrece servicios de información basados en datos de observación de la Tierra por satélite y en datos in situ espaciales). Los satélites SENTINEL 2 se utilizan para respaldar una variedad de servicios y aplicaciones ofrecidos por Copernicus, que incluyen gestión de tierras, agricultura, silvicultura, control de desastres, operaciones de ayuda humanitaria, mapeo de riesgos y preocupaciones de seguridad.

Se realizó la corrección atmosférica de la misma con Qgis anteriormente a su clasificación. La corrección atmosférica es un proceso que se aplica a las imágenes digitales, con el propósito de eliminar el efecto de los aerosoles y la radiancia intrínseca que se introduce en el sensor y se ve reflejado en la imagen, como producto de la interacción del sensor con la atmósfera (Arias, Zamora, Bolaños, 2014).

Se aplicó la clasificación supervisada con micro y macroclases y se limitó al área de estudio recortando las imágenes satelitales corregidas representada por todas las bandas. Se buscó separar en la mínima cantidad de rubros, no obstante, se necesitó de una cantidad considerable para no recaer en redundancias. Los rubros discriminados son árboles, cultivos, campos arados, viviendas, calles, rutas y agua superficial.



Luego de varias iteraciones, y gracias al conocimiento que se tiene de la ciudad, se encontró las clasificaciones óptimas aplicables a la zona de estudio.

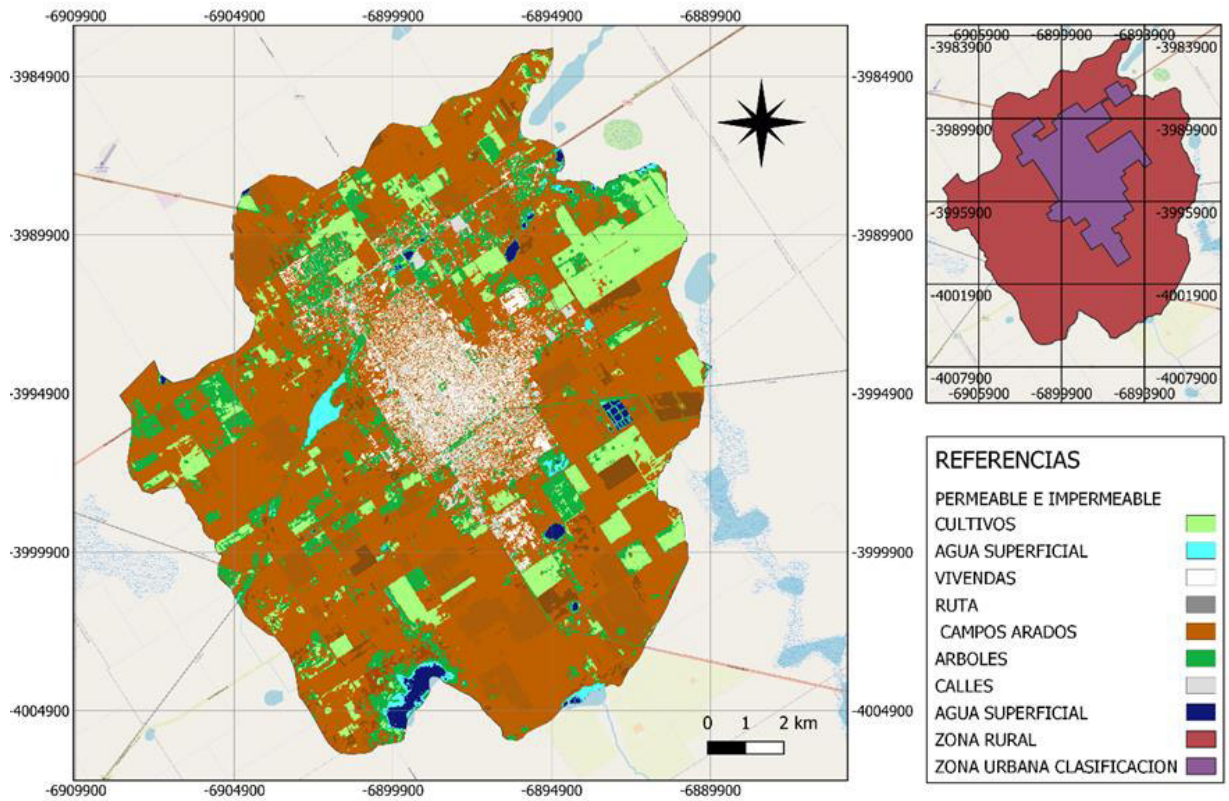


Figura 19: Clasificación realizada en QGIS de las áreas permeables e impermeables en zona urbana y rural.

Las áreas clasificadas con sus correspondientes valores se ven a las Tablas 6 y 7:

URBANO		
Etiquetas de fila	Suma de AREA km ²	%
AGUA SUPERFICIAL	0,201	0,113
ARBOLES Y PASTO	24,998	14,127
IMPERMEABLE	13,843	7,823
Total general	39,042	22,063

Tabla 6: áreas permeables e impermeables en zona urbana

RURAL		
Etiquetas de fila	Suma de AREA km ²	%
AGUA SUPERFICIAL	3,47	2,0
ARBOLES	15,06	8,5
CAMPO ARADO	101,26	57,2
CULTIVOS	18,13	10,2
Total general	137,92	77,94

Tabla 7: áreas permeables e impermeables en zona urbana



6. PIEZOMETRÍA

6.1 Generalidades

En el estudio de acuíferos es fundamental el análisis de las superficies equipotenciales que los caracterizan. Esto permite obtener información básica dentro de la cual se encuentra:

- Movimiento y comportamiento del agua subterránea, como es el caso de la dirección del flujo.
- Ubicación de zonas de recarga y descarga del acuífero.
- Existencia de heterogeneidades hidráulicas tales como cambios de permeabilidad dentro de una misma formación litológica o cambios de acuífero.
- Existencia de niveles acuíferos libres y confinados superpuestos o adyacentes,
- Existencia de flujos verticales o laterales entre formaciones distintas.

Un principio fundamental para este análisis es el *Principio de Bernoulli* en el cual se establece que la energía se conserva en todo su recorrido, compensándose de una forma u otra pero manteniendo su valor. Por ejemplo, cuando aumenta la velocidad, la presión disminuye para compensar esa diferencia de energía.

La expresión general es la siguiente:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + hf$$

Se observan los términos de energía de presión, energía cinética y energía potencial, considerándose la pérdida de carga también.

En el subsuelo, y particularmente en las zonas de llanura en donde las pendientes son muy bajas, la velocidad del agua es muy pequeña por lo que se puede despreciar. En hidráulica subterránea la energía resultante se define como una altura y se la conoce como altura piezométrica, nivel piezométrico, columna de agua o potencial hidráulico y tiene la siguiente expresión:

$$ha = \frac{PA}{\gamma} + ZA$$

Definiendo a “A” como un punto ubicado en el techo del acuífero libre o a un punto virtual en el caso de los confinados.

En los acuíferos el agua se mueve desde los puntos de mayor potencial hidráulico a puntos de menor potencial hidráulico.

Para representar las zonas de igual potencial hidráulico en los acuíferos se utilizan las líneas equipotenciales o líneas piezométricas que conforman los mapas de isopiezas.



Las superficies equipotenciales son representaciones virtuales de la geometría de la superficie que unen los puntos que señalan la altura del agua en un acuífero (o sector de acuífero) referida a una determinada profundidad en el mismo.

En el caso de los acuíferos libres, como es el caso del acuífero en estudio, las líneas piezométricas van dibujando la superficie freática ya que el nivel piezométrico es el nivel freático. En los acuíferos confinados esto no es así ya que la superficie piezométrica está definida por la proyección en superficie de la altura que alcanza el agua al ser liberada del acuífero (Figura 20).

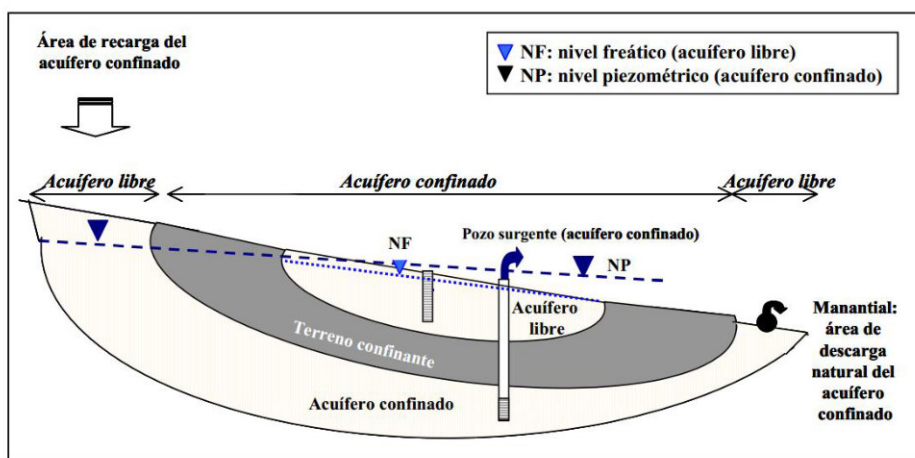


Figura 20: Ilustración de los conceptos de acuífero libre y confinado, nivel freático y piezométrico y pozo surgente. Figura extraída del apunte “Trazado e interpretación de superficies piezométricas de la cátedra Hidrología Subterránea” de la UPCT.

Perpendiculares a las líneas equipotenciales se encuentran las líneas de flujo que indican el sentido del flujo, tejiendo la red de flujo y entendiendo que éste se mueve en dirección del gradiente hidráulico y a una velocidad proporcional a éste (Figura 21).

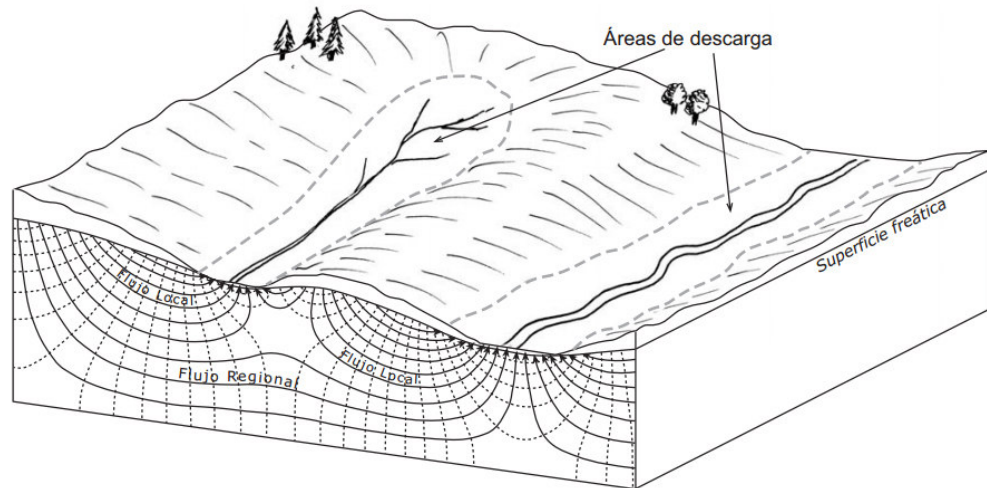


Figura 21: Representación de las líneas equipotenciales (en líneas de trazos) y las líneas de flujo (líneas llenas). Figura extraída del apunte “Conceptos básicos de hidráulica subterránea” de la Universidad de Salamanca.

Cuando se habla de gradiente hidráulico se debe considerar el nivel hidrostático que es la distancia vertical entre un nivel de referencia (normalmente el nivel del mar) y el nivel freático (Figura 22). Si imaginamos dos freatómetros en línea con el flujo de agua, el gradiente sería la diferencia de nivel hidrostático dividida la distancia horizontal entre ellos:

$$i \text{ (gradiente hidráulico)} = \frac{h_1 - h_2}{L} = \frac{dh}{dl}$$

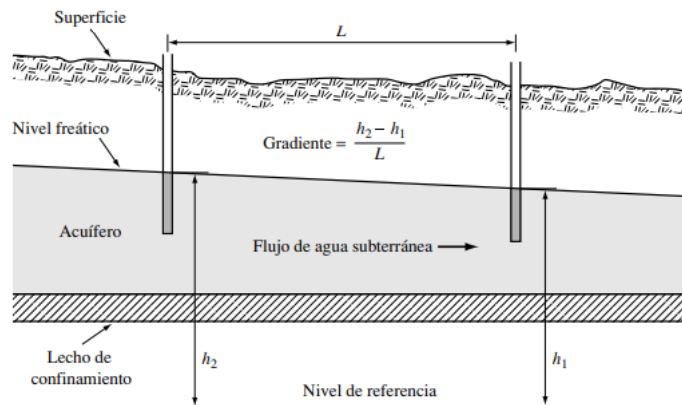


Figura 22: Nivel hidrostático y gradiente de un acuífero libre.

6.2 Trazado manual

Para este estudio se trazaron isopiezas a mano siguiendo criterios que se enunciarán a continuación y en una segunda instancia se realizó el trazado en un software especializado para poder obtener un producto digitalizado.



El trazado por ambos métodos fue muy productivo ya que se pudieron contrastar entre sí, y verificar que el software no estuviera realizando interpolaciones excesivas a que no se condijeran con la realidad.

Como sólo es posible obtener valores del nivel freático en un conjunto de puntos discretos de un acuífero (freatímetros) es a partir de ellos que se trazan las curvas de nivel (isopiezas) que sirven para definir la superficie piezométrica.

El trazado de las isopiezas de un acuífero requiere:

- Valores de nivel freático medidos de un mismo acuífero
- Niveles expresados en cotas absolutas, es decir en metros sobre el nivel del mar. Además, como lo que se mide en los sondeos es la profundidad del agua en un punto concreto del terreno, ese punto debe estar correctamente nivelado para *poder transformar la profundidad en cota*.

Una vez cumplidos estos requisitos la determinación del lugar por el cual pasan las isopiezas se realiza mediante interpolación geométrica sobre el mapa (Figura 23).

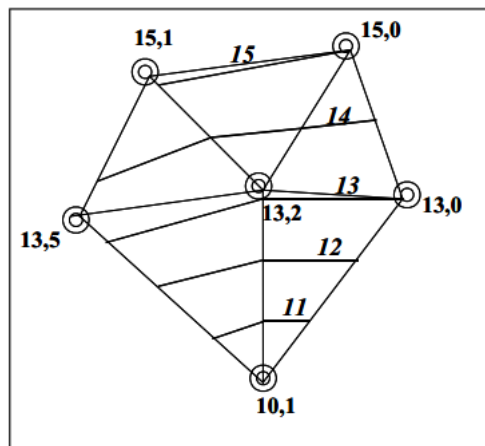


Figura 23: Trazado de líneas de isopiezas mediante interpolación. Figura extraída del apunte “Trazado e interpretación de superficies piezométricas” de la cátedra Hidrología Subterránea de la UPCT.

Requisitos y precauciones para dibujar la traza de isopiezas:

- Se supone que el medio es homogéneo e isótropo y que el nivel varía gradualmente.
- La traza de las isopiezas debe ser coherente con la topografía. Por ejemplo, en acuíferos libres la superficie freática no puede estar más alta que el terreno (salvo que se sepa que las isopiezas intersectan la topografía, generando descarga a manantiales, ríos, lagos, barrancos, etc.).



- Las isopiezas deben ser perpendiculares a los límites impermeables del acuífero y paralelas a las superficies y líneas de nivel constante (lagos, mar, etc.) que tengan conexión hidráulica con el acuífero.
- Relación entre las líneas de drenaje del acuífero y las isopiezas: las isopiezas se cierran de forma cóncava sobre las líneas que drenan al acuífero y de forma convexa sobre las líneas que son drenadas por el acuífero.
- La separación espacial entre isopiezas será menor cuando aumente el gradiente hidráulico (**i**) por alguna de estas razones: disminución de la permeabilidad del medio; existencia de una zona de descarga natural del acuífero; existencia de bombeos.
- Los puntos con valores de nivel anómalos respecto a los de su entorno deben ser desechados en el trazado de las isopiezas: un valor anómalo sin causa técnica (Ej. bombeos) o hidrogeológica conocida (Ej. cambios espaciales de permeabilidad) puede corresponder a un error de medida, a un nivel de otro acuífero distinto al que se está estudiando, a un pozo/sondeo en deficiente estado de conservación y con conexión hidráulica con el acuífero limitada, a un pozo/sondeo ranurado en varios niveles acuíferos (caso de acuíferos multicapa) y con entrada preferente de agua por uno de esos niveles.

En la figura 24, se muestran los resultados obtenidos manualmente:

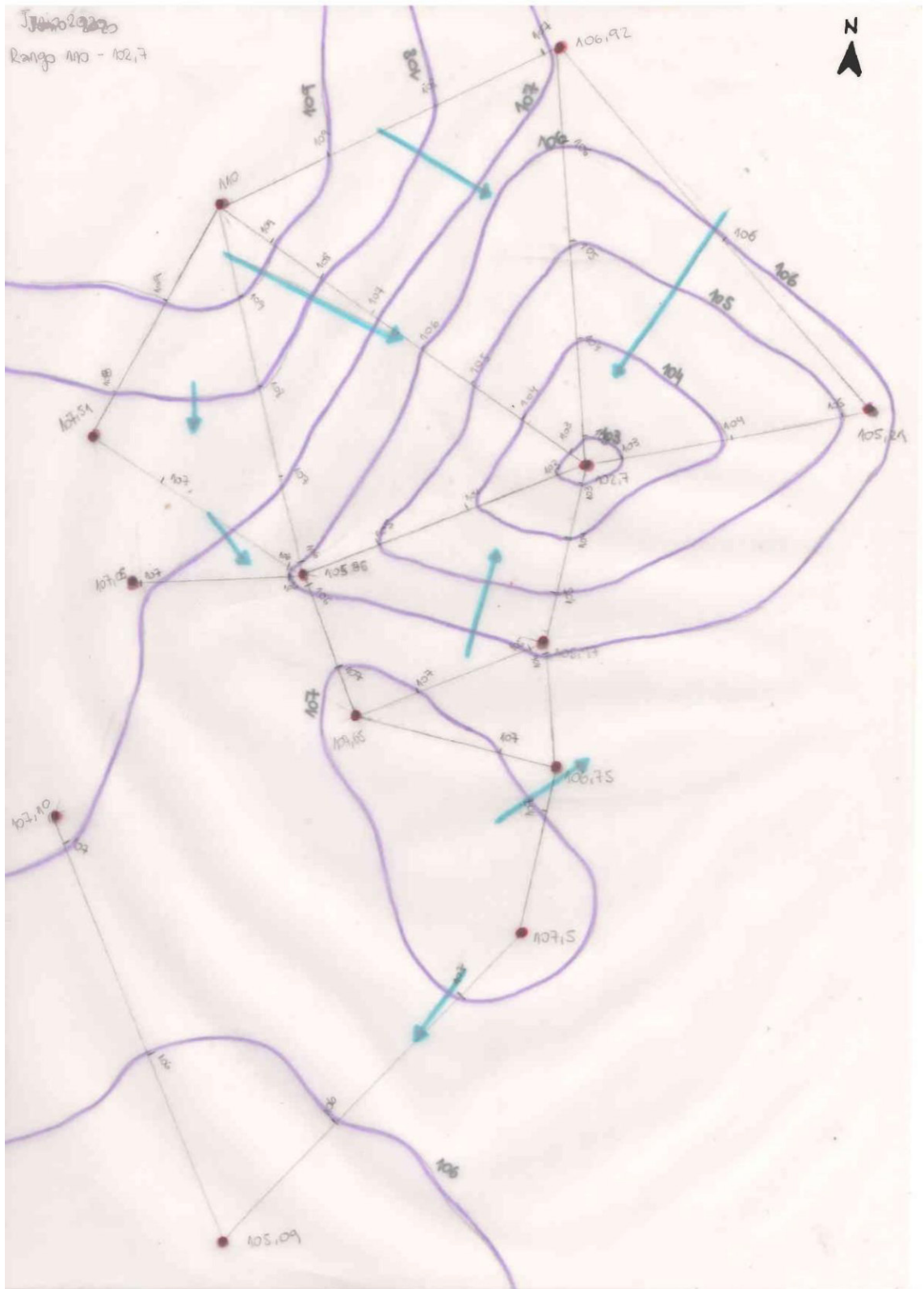


Figura 24: Interpolación geométrica y líneas equipotenciales y líneas de flujo trazadas manualmente.



6.3 Trazado digital

En esta sección se presentan los mapas de equipotenciales obtenidos mediante interpolación de las cotas absolutas de los puntos medidos. Las interpolaciones se realizaron en el programa Surfer mediante el método Kringing.

Los métodos de predicción espacial se fundamentan en el procedimiento que permite calcular el valor de una variable y su posición a partir de valores muestreados de la misma variable en otras posiciones del espacio, a través de algoritmos matemáticos que facilitan el cálculo de los mismos (Álvarez Osorio, D. S., Cárdenas Contreras, A., y Matiz León, J. C. (2011)). Es por ello que se elige, a través del software, el método de interpolación Kringing. Kringing es un método de inferencia espacial, el cual nos permite estimar los valores de una variable en lugares no muestreados utilizando la información proporcionada por la muestra (Velázquez, A. P. (2017)).

A diferencia de otros métodos en los que se intenta describir a la variable mediante una ecuación matemática prefijada, cuyos parámetros se encuentran por algún criterio de minimización, aquí la información es completamente estadística y se obtiene ya sea a través del variograma o de la covarianza (Sánchez Aspeytia, F. J., & Cortés Bracho, J. D. J. (2014)).

Las cotas utilizadas son la diferencia del valor de nivelación en cada freatímetro y el valor de profundidad correlativo de cada mes evaluado, ambos valores referidos a la boca del brocal (Tabla 8). Los valores de altitud son en metros sobre el nivel del mar. Como se mencionó anteriormente se enmarcó en un área de estudio predefinida y se representaron mediante sistema UTM la posición geográfica.

Freatímetros	X	Y	COTAS DE BOCA POZO	COTAS JULIO 2019	COTAS JULIO 2020	COTAS JULIO 2021
E.B. Angel Lozano (Azcoaga y RN N°8)	593374,80	6266987,10	112,97	111,11	111,25	110,99
E.B.Chacra 38 (Eva Peron y Begnis)	597934,00	6263699,00	109,4	106,68	106,75	106,49
Barrio Cumelen	597997,20	6270843,60	109,45	108,58	108,67	108,49
Cementerio	592974,00	6263228,40	112,82		107,1	106,64
E.B. Central cloacas	597847,30	6264950,30	110,25		105,97	105,65
E.B. Juan XXIII	593766,60	6265552,10	110,25	107,81	107,6	107,69
E.B. Parque industrial (Corelli y Garnier)	597590,90	6262048,70	111,11	107,18	107,5	106,87
Escuela 789 - B° Santa Rosa	594652,60	6269305,30	110,63	109,2	109,25	109,11
Estancia La Victoria	594628,70	6258994,20	106,93	105,28	105,09	105,43
FFCC	595965,50	6264224,50	113,23		107,65	107,23
Planta de reciclaje y relleno sanitario	601104,80	6267212,10	110,15		107,36	107,51
Planta potabilizadora	598288,50	6266694,40	111,64	103,44	102,7	101,88
Plaza San Martín	595461,40	6265636,10	114,53		105,85	105,53
Centenario	596534,42	6266260,75	114,002			104,76
Polo Club	597103,47	6267694,91	111,25			105,65

Tabla 8. Cotas de nivel freático en la red de freatímetros.



Las figuras 25, 26 y 27 corresponden a los mapas de equipotenciales para julio 2019, 2020 y 2021:

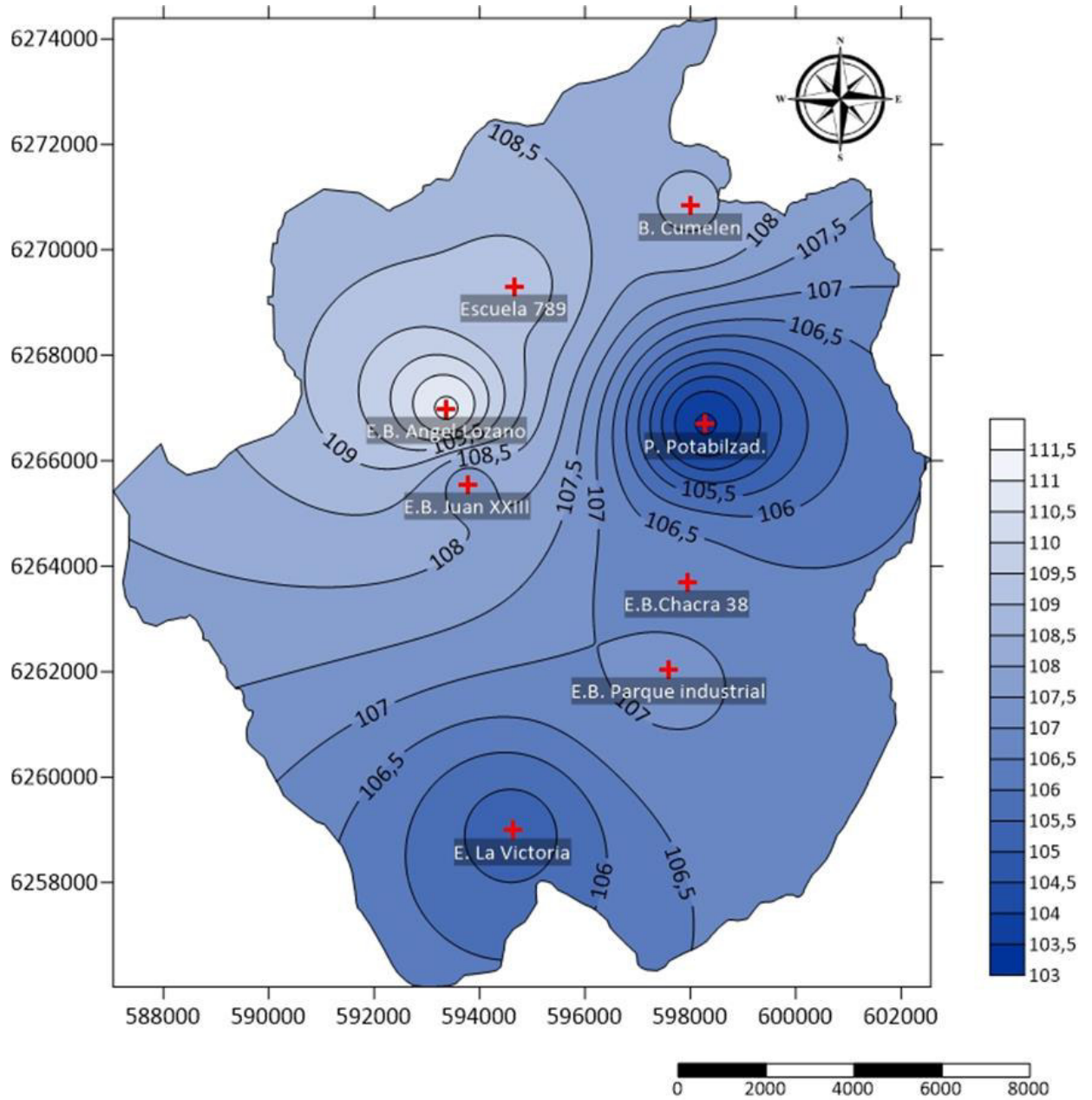


Figura 25. Mapa de líneas equipotenciales correspondientes a julio de 2019.

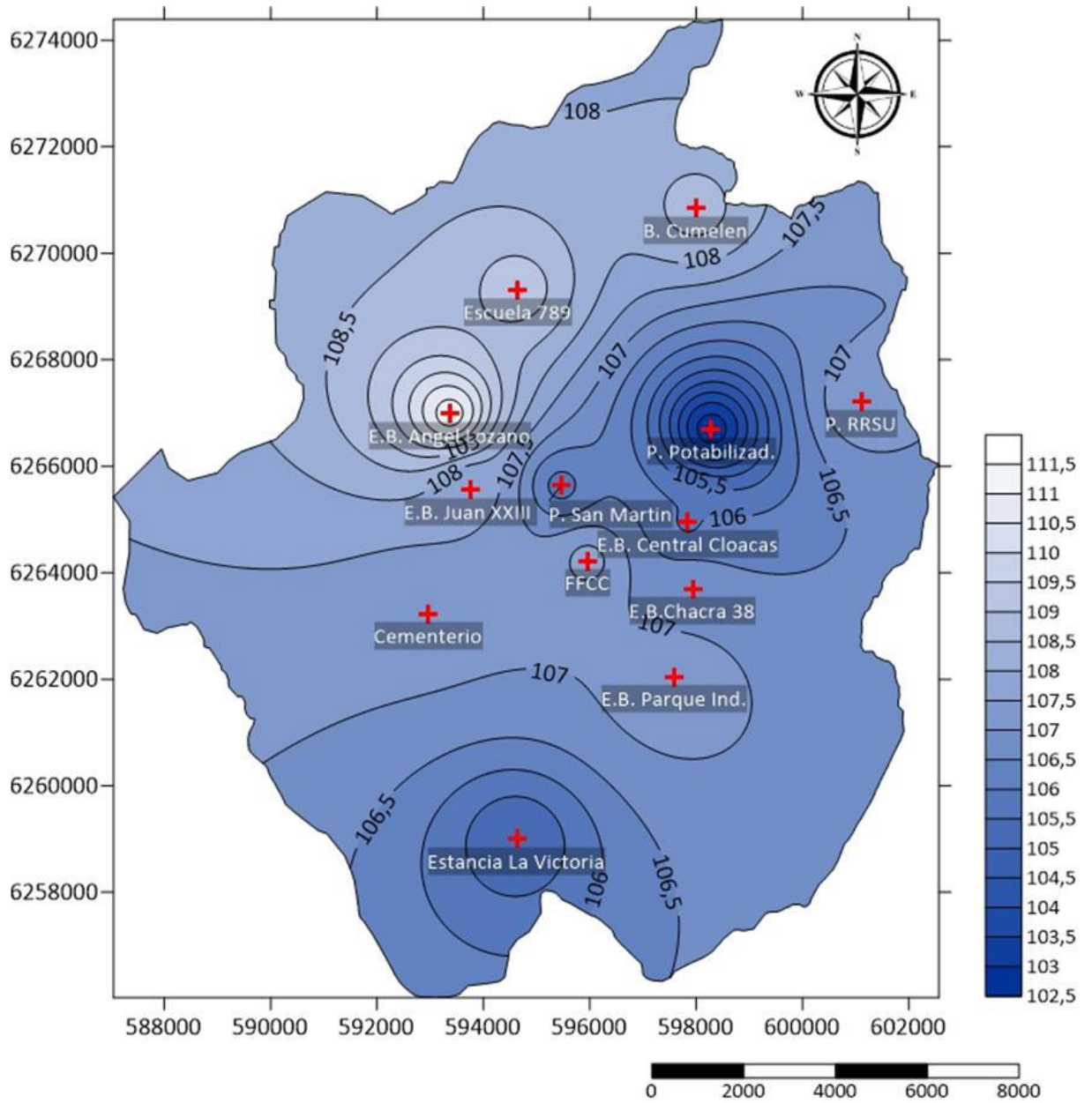


Figura 26. Mapa de líneas equipotenciales correspondientes a julio de 2020.

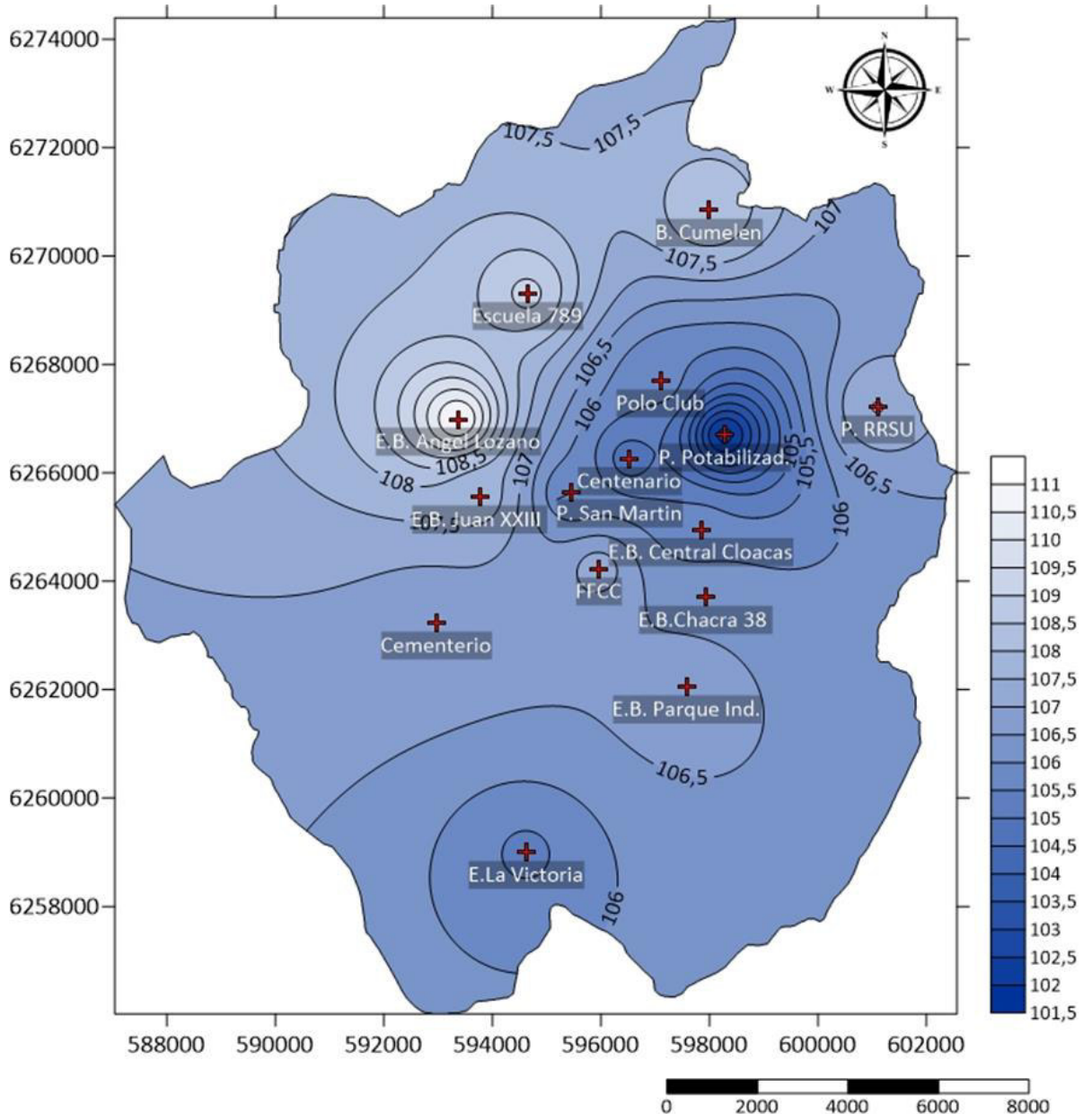


Figura 27. Mapa de líneas equipotenciales correspondientes a julio de 2021.

6.4 Comparación de resultados

Como se puede apreciar, los resultados obtenidos mediante ambos métodos mostraron una notable similitud, lo cual indica que los trazados manuales de líneas equipotenciales son consistentes y comparables con los resultados obtenidos a través de herramientas digitales, validando así la fiabilidad de esta técnica tradicional. Además, este resultado respalda y valida la interpolación realizada por el software utilizado, confirmando su precisión en la representación del nivel freático en el área de estudio. Estos resultados refuerzan la importancia de contar con diversas herramientas y enfoques, donde tanto los métodos manuales como el uso



de software especializado juegan un papel complementario en la obtención de datos precisos y confiables.

6.5 Red de flujo. Trazado e interpretación

La red de flujo y el mapa de equipotenciales permiten entender la dirección y velocidad de flujo del agua subterránea, así como su distribución espacial y cómo se relaciona con otros factores hidrogeológicos, como la topografía, la geología, la textura del suelo, entre otros.

La interpretación de la red de flujo, además, puede permitir la identificación de áreas de recarga y descarga del acuífero como se observa en la Figura 28.

Un área de descarga puede definirse como la porción de la cuenca de drenaje en la cual el flujo saturado neto de aguas subterráneas se dirige hacia el nivel freático. En una zona de recarga, el nivel freático suele estar a cierta profundidad; en una zona de descarga, suele estar en o muy cerca de la superficie. (Cherry and Freeze, 1979).

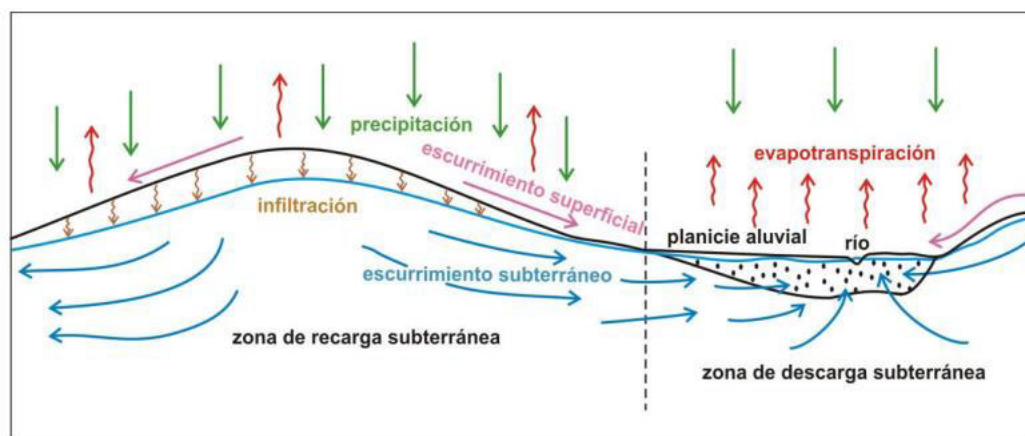


Figura 28: Representación de zonas de recarga y descarga subterránea en llanuras húmedas. Tomado de Hidrogeología de Llanuras, Auge 2009.

La separación entre las líneas equipotenciales indica la pendiente del potencial hidráulico, siendo mayor cuanto mayor es la separación entre las líneas. Esta información es importante para comprender cómo el agua subterránea fluye a través del sistema, ya que la dirección y velocidad del flujo se ven afectadas por la pendiente del potencial hidráulico.

La topografía y la geología también influyen en la interpretación de la red de flujo, ya que estas características pueden limitar o facilitar el movimiento del agua subterránea en la cuenca. Por ejemplo, en zonas con pendientes pronunciadas, el agua subterránea puede fluir rápidamente hacia los ríos o arroyos de la superficie, mientras que en zonas planas el flujo es más lento y se distribuye de manera más uniforme.



La textura del suelo también puede ser un factor importante que considerar en la interpretación de la red de flujo, ya que los suelos con mayor contenido de arena permiten un mayor flujo de agua subterránea que los suelos con mayor contenido de arcilla. Esto puede afectar la velocidad y dirección del flujo, así como la recarga y descarga.

Por otro lado, una red de flujo en estado estacionario es aquella en la que las condiciones de flujo, como la tasa de flujo y la presión, permanecen constantes en el tiempo. Esto significa que la cantidad de fluido que entra en cualquier punto de la red es igual a la cantidad de fluido que sale de ese punto en todo momento, y que no hay acumulación o pérdida de fluido en ningún punto de la red.

La utilización de redes de flujo en estado estacionario para la interpretación del flujo regional merece cierta discusión. El enfoque sólo es técnicamente válido en el caso poco realista en el que el nivel freático mantenga la misma posición durante todo el año. En la mayoría de los casos reales, las fluctuaciones en el nivel freático introducen efectos transitorios en los sistemas de flujo. Sin embargo, si las fluctuaciones del nivel freático son pequeñas en comparación con el espesor vertical total del sistema y si la configuración relativa del nivel freático permanece igual a lo largo del ciclo de fluctuaciones (es decir, los puntos altos permanecen más altos y los puntos bajos permanecen más bajos), tenemos argumentos para reemplazar el sistema fluctuante por un sistema estable (estacionario) con el nivel freático fijado en su posición media. Se debe pensar en el sistema estacionario como un caso de equilibrio dinámico en el que el flujo de agua entregado al nivel freático a través de la zona no saturada desde la superficie es justo el flujo necesario para mantener el nivel freático en su posición de equilibrio en cada punto a lo largo de su longitud en todo momento. Este enfoque se ha aplicado generalmente en cuencas de drenaje de tamaño pequeño a moderado (Cherry and Freeze, 1979).

En la Figura 29 y Figura 30 se presentan los mapas de equipotenciales con su correspondiente red de flujo para el período de estudio julio 2020 y julio 2021.

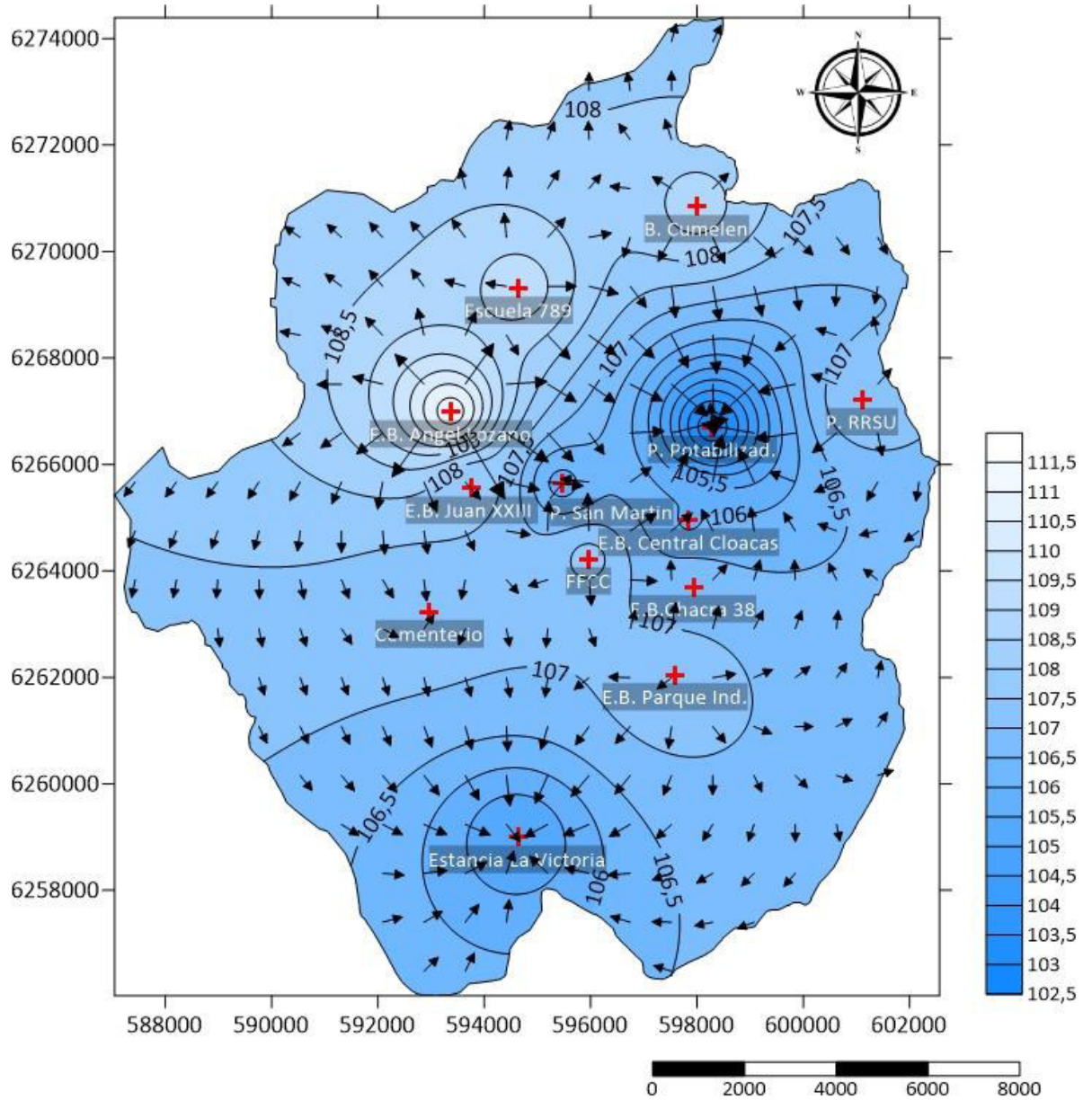


Figura 29. Mapa de líneas equipotenciales y líneas de flujo correspondientes a julio de 2020.

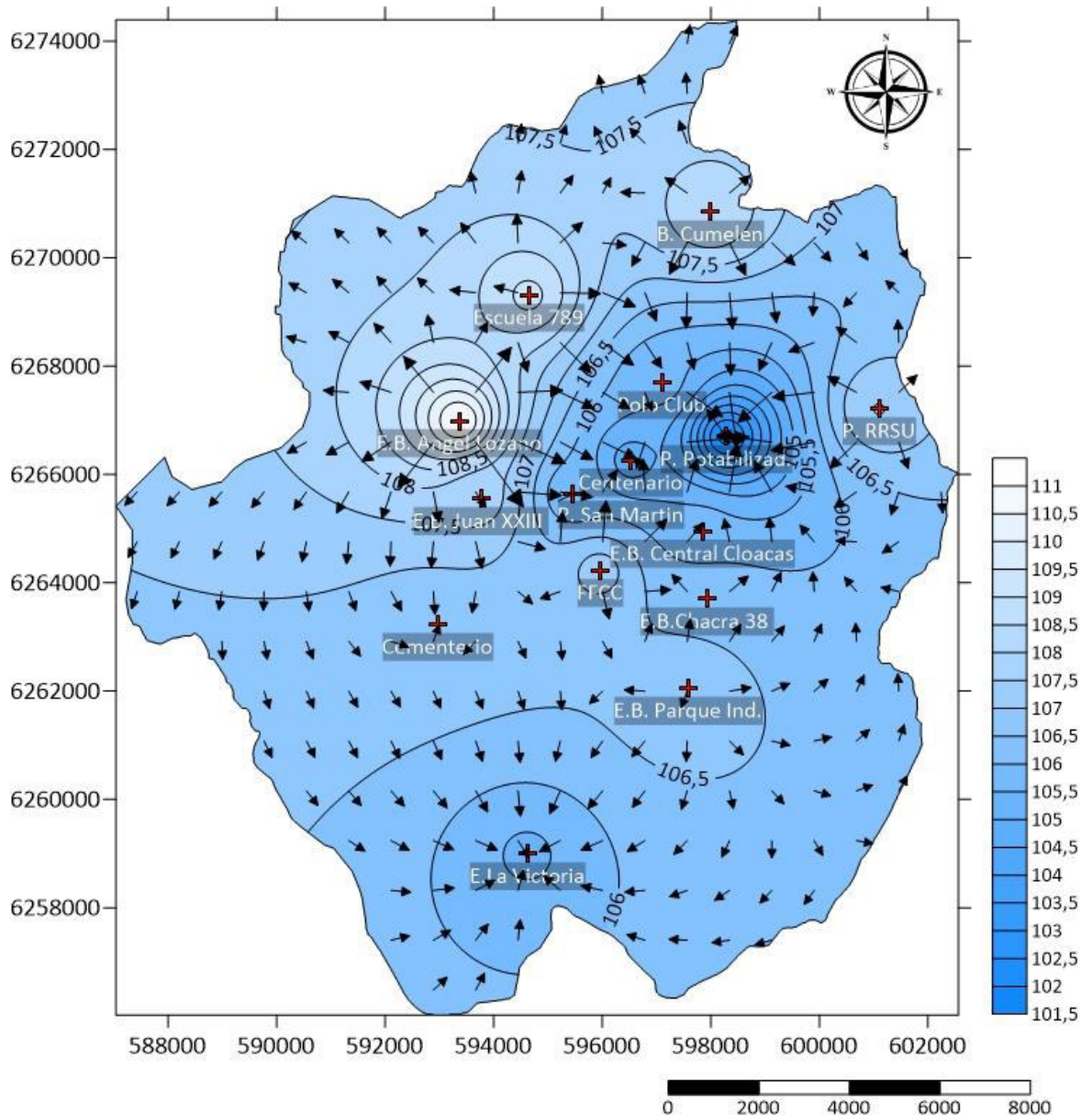


Figura 30. Mapa de líneas equipotenciales y líneas de flujo correspondientes a julio de 2021.

En el mapa de equipotenciales se puede observar que el flujo subterráneo ingresa del noroeste y toma rumbo sur.

Esto es coincidente con los rumbos regionales presentados en el antecedente del CRAS. Sin embargo, en este último se informa que además de tomar rumbo sur, el flujo toma rumbos noreste y sureste, lo cual no puede evidenciarse en el mapa resultado porque las zonas donde sucedería dicho flujo exceden el área de estudio.

Las líneas equipotenciales se observan más juntas en el noroeste del mapa, y a medida que el flujo se desplaza hacia el sureste, comienzan a separarse progresivamente. Esto evidencia



mayores gradientes en la parte alta de la zona de estudio, lo cual implicaría una mayor fuerza impulsora del flujo con sentido en la dirección previamente mencionada.

Además, se observa que las líneas de flujo divergen de las partes altas de la zona noroeste, lo cual evidencia una zona de recarga del acuífero.

En el sector sur del área de estudio se observa que las equipotenciales están más separadas lo cual implica que el gradiente es menor y que el flujo es más lento. Las líneas de flujo convergen hacia la zona donde se encuentra la laguna de la Estancia “La Victoria” evidenciando una zona de descarga del acuífero.

Por otra parte, se observa que el flujo subterráneo es convergente hacia la zona de bombeos localizados para la provisión de agua potable de la ciudad, formando un cono de depresión el cual representa una zona de descarga forzada del acuífero.

Según la descripción geológica previa, el Acuífero Pampeano exhibe características geológicas consistentes con la presencia de depósitos eólicos loésicos y limo-arenosos, con intercalaciones de areniscas finas. Además, se observan concreciones carbonáticas conocidas como "tosca" y materiales yesíferos. Al examinar el mapa de flujo, se puede inferir que las líneas de flujo en el sector sureste del acuífero Pampeano se disponen de manera paralela, lo que sugiere una posible homogeneidad geológica y uniformidad en términos de permeabilidad.

En el sector donde se observa una variación en el patrón de las líneas de flujo, es importante considerar que esta discrepancia no necesariamente se debe a una heterogeneidad geológica, sino que la extracción de agua subterránea, a través de una batería de pozos, ejerce una influencia significativa en el comportamiento hidrogeológico de la zona.

7. APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL BALANCE HÍDRICO AL SISTEMA ACUÍFERO

La cuantificación de las masas de agua que se encuentran en cada una de las partes del Ciclo hidrológico se denomina Balance Hídrico.

El balance hídrico consiste en la cuantificación del volumen de agua que hay en cada estado aplicando el principio de la conservación de la masa. La ecuación del balance hidráulico es la misma ecuación de la continuidad, basada en el axioma de Lavoisier de que “*nada se crea ni se destruye*” (Custodio y Llamas, 1983). Durante un determinado periodo de tiempo en el que se realiza el balance, la diferencia entre el total de entradas y de salidas debe ser igual a la cantidad que se queda almacenada en el acuífero.

$$\text{Entradas} = \text{Salidas} \pm \text{Variación de almacenamiento}$$



La zona de estudio se comporta hidrológicamente como una zona de llanura, es decir que los procesos predominantes son aquellos verticales (evapotranspiración e infiltración) por sobre los horizontales (escurrimiento superficial) debido a las escasas pendientes. Esto ha sido desarrollado y demostrado por reconocidos especialistas dentro de los cuales se pueden mencionar Fetter, Freeze y Cherry.

Por otro lado, las actividades antrópicas participan de la dinámica produciendo aumento o disminución de los niveles piezométricos del acuífero.

En este apartado se realizarán estimaciones que cuantificarán los procesos involucrados mencionados en el modelo conceptual que se observa en la Figura 31.

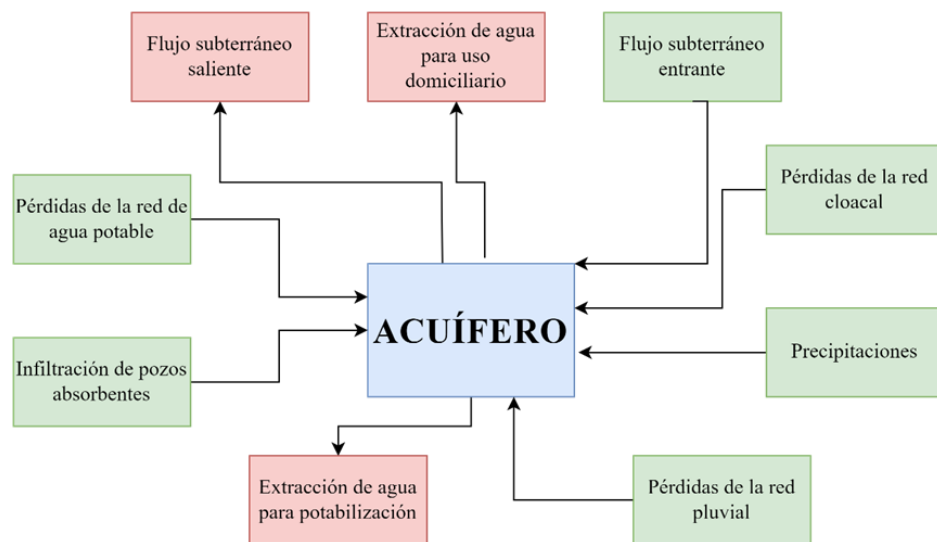


Figura 31: esquema del modelo conceptual de entradas (en verde) y salidas (en rojo) del acuífero que subyace a la ciudad de Venado tuerto.

La zona de estudio tiene un área de 17.695,16 hectáreas de las cuales el 78% corresponden al área rural y el 22% corresponden al área urbana. En el próximo apartado se procederá a cuantificar las distintas variables mencionadas en el modelo conceptual considerando y segregando estas áreas según sea necesario.

7.1 Entradas

7.1.1 Desarrollo del balance hidrometeorológico. Recarga directa por precipitaciones

Los componentes del ciclo hidrológico son:

- *Infiltración*, se denomina al proceso y la cuantificación de la penetración de agua desde la superficie hacia el interior del terreno. El agua en tránsito descendente se llama recarga en tránsito o agua de percolación. Una parte del agua infiltrada se puede mover más o menos rápidamente en sentido horizontal por la parte superior del suelo siguiendo



macroporos, canalículos, grietas etc. y luego reaparecer en superficie a menor altura como escorrentía superficial diferida o flujo hipodérmico, volviendo a unirse a la escorrentía superficial directa para formar la escorrentía superficial del evento de lluvia. La tasa de infiltración está limitada por la permeabilidad intrínseca del suelo y su estado de humedad. El agua infiltrada que no escurre subsuperficialmente ocupa todos o parte de los poros del terreno y tiende a descender verticalmente de forma lenta si se supera la llamada capacidad de campo del terreno. La capacidad de campo es el mayor contenido de humedad que queda retenido contra las fuerzas de la gravedad en un terreno según sus propiedades. Un terreno saturado se drena hasta alcanzar la capacidad de campo. Posteriormente, para seguir sacando agua hace falta un esfuerzo adicional como es la aplicación de energía solar para secar o la succión que producen las raíces de las plantas. Así, en el terreno hay una parte de agua infiltrada que desciende hacia el nivel freático por percolación, y otra superior que asciende para reponer las pérdidas a la atmosfera por evapotranspiración. La percolación es la parte de la recarga en tránsito que más tarde formará parte de la recarga al acuífero. La recarga por la lluvia, y en general la recarga producida a partir de aguas superficiales afecta a sistemas acuíferos, limitados superiormente por el medio no saturado (Custodio, 1997).

- *Evapotranspiración* que es la suma de los procesos de evaporación y transpiración. En los dos fenómenos, el agua pasa del estado líquido al estado gaseoso. Esa transformación se produce, en el caso de la evaporación, gracias a la energía proporcionada por el sol, o radiación neta, y en el caso de la transpiración por osmosis, después de haber recorrido el sistema circulatorio de las plantas: Evapotranspiración potencial (ETP): la que se produciría en teoría si se cumplieran condiciones óptimas de desarrollo vegetativo de las plantas y que el humedecimiento del suelo coincidiera con la capacidad de campo Evapotranspiración real (ETR): lo que realmente vuelve a la atmosfera, en las condiciones reales del área estudiada.

- *Escorrentía superficial* parte de agua de lluvia precipitada que no se infiltra en el terreno y que circula por la superficie en forma de torrentes, ríos o arroyos, cauces que constituyen la red hidrográfica o red de drenaje superficial. Mientras que la parte del agua que se infiltra y que llega a la zona saturada, incorporándose a las aguas subterráneas del acuífero, se le llama escorrentía subterránea (CoDo CIHS, 2009).

En síntesis, se define **recarga** como el volumen de agua que se incorpora a un acuífero procedente del exterior del contorno que lo limita. Esa agua puede proceder de la infiltración de



la precipitación (lluvia, nieve, nieblas, etc.), de las aguas superficiales o hasta de la transferencia desde otro acuífero. Corresponde al volumen de agua que penetra en un acuífero en un cierto intervalo de tiempo (L3T-1) aunque frecuentemente se considera también como altura por unidad de tiempo (LT-1). Esa tasa de recarga puede ser tanto el valor en un momento determinado, como el valor medio estimado para un largo periodo de tiempo. Estas circunstancias deben ser explicitadas cuando se dan los valores (Custodio, 1997).

La recarga de un acuífero es un fenómeno natural muy complejo, con destacable variabilidad espacial y temporal y que entraña una notable incertidumbre. Dado que su cuantificación es crucial para una correcta conservación, explotación y gestión de las aguas subterráneas, lo ideal es abordar su evaluación mediante diversas técnicas lo más independientes entre sí como sea posible para, comparando los resultados, determinar la bondad de las estimaciones realizadas. (Naranjo et al., 2015).

En este proyecto se ha realizado un balance diario de agua en el suelo, cuyos resultados se muestran a continuación.

El balance se escribe así:

$$P = ES + ETR + I$$

Donde:

P: precipitación (en mm/unidad de tiempo). Parámetro experimental que se obtiene de estaciones meteorológicas.

ES: escorrentía superficial (en mm/unidad de tiempo). Se mide en estaciones de aforo.

I: infiltración en el terreno (en mm/unidad de tiempo). Parte de la misma puede descargar de nuevo a la superficie del terreno tras un tiempo de permanencia más o menos corto, y otra parte se incorporará finalmente a la zona saturada, convirtiéndose en recarga efectiva al acuífero (R). I y R se pueden calcular tanto por medio de métodos experimentales como numéricos.

ETR: evapotranspiración real (en mm/unidad de tiempo). Es la suma de la evaporación directa de agua desde la superficie del terreno más la transpiración de las plantas. La máxima profundidad de alcance de las plantas es la longitud de las raíces.

Parámetros relacionados con la evapotranspiración:

ETP: evapotranspiración potencial. Es la cantidad de agua que perderá una superficie completamente cubierta de vegetación si en todo momento hay en el suelo agua suficiente para el crecimiento activo de las plantas.

ETR: evapotranspiración real. Es la cantidad de agua que realmente se pierde, por tanto siempre ocurre que $ETR \leq ETP$.



La recarga por precipitaciones se cuantificó realizando un balance hidrometeorológico para el cual se utilizó la planilla de cálculo Easy-Bal. La planilla fue construida por los profesores Enric Vázquez-Suñé y Adolfo Castro del Curso Internacional de Hidrología Subterránea (Barcelona, España) (Vázquez Suñé y Castro, 2002).

Esta planilla cuantifica los diferentes componentes del balance hídrico, como la variación de la reserva, la reserva útil, la evapotranspiración real, los excesos y déficits, y la recarga de acuíferos a través del uso de ecuaciones y modelos hidrológicos basados en los principios fundamentales de la hidrología, adaptados a las características específicas del área de estudio.

Este método permite estimar la Evapotranspiración Potencial (ETP) a partir de datos de temperaturas y de la latitud. Una vez calculada la ETP, la Evapotranspiración Real (ETR) se calcula teniendo en cuenta las características del suelo de la región en términos de disponibilidad de agua, es decir considerando la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente, la humedad inicial, la reserva útil, el espesor del suelo; y la precipitación para el período considerado.

Se parte de una reserva inicial, influenciada por la humedad inicial del suelo, el punto de marchitez y el espesor radicular, la cual es punto de partida para ir calculando día a día la variación en la reserva útil.

A partir de los datos de ETR y de precipitación se calcula el déficit o exceso hídrico, en caso de existir exceso de agua, aportará a la recarga.

El programa utiliza años naturales y no años hidrológicos, por lo tanto, la serie temporal que se utilizó fue de 5 años (2018-2022) y luego se seleccionaron las recargas que nos fueron de utilidad en el período de estudio analizado en este trabajo.

Los datos necesarios para ejecutar la planilla y obtener los valores de salida son:

- *Pluviometría*: Series mensuales de pluviometría total
- *Temperatura*: Series mensuales de temperatura media
- *Capacidad de campo*: Es el contenido de agua que queda después de dejar drenar por gravedad durante un período prolongado un suelo inicialmente saturado.
- *Humedad inicial*: Grado de humedad del suelo al comienzo del periodo de estudio
- *Espesor radicular*: Espesor del suelo en el que se desarrolla la actividad vegetal (zona de raíces)
- *Punto de marchitez*: Agua retenida en el suelo tras someterla a una succión o extracción de 15 atmósferas de presión. Es el contenido de agua más bajo al



que puede tener lugar la transpiración de una planta, para contenidos de agua menores, la planta se marchita.

- *Valor de laminación:* También llamado umbral de escorrentía es el valor por encima del cual ya se produce escorrentía. La capacidad de infiltración solo se alcanza normalmente durante unas horas cuando la lluvia es muy intensa.

Debido a las variables mencionadas anteriormente y a que la zona de estudio abarca áreas urbanas y no urbanas y considerando que cada sector tiene diferentes grados de impermeabilización y usos del suelo se procede a correr 2 balances distintos:

- A. Balance hidrometeorológico para zonas verdes urbanas con pastos y árboles
- B. Balance hidrometeorológico para zona rural con siembra de cereales y oleaginosas

Como ya se ha mencionado previamente los datos diarios de temperatura mínima, máxima y media y precipitaciones provienen del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

En lo que respecta a los demás parámetros se han ido completando a partir de la recopilación de información característica asociada a suelos, vegetación, pendiente, etc.

Se ha intentado ajustar las variables lo máximo posible al conocimiento, bibliografía y asesoramiento profesional de la zona de estudio ya que el cálculo de la reserva útil de agua presenta una sensibilidad muy alta a la variación o no de cada una de ellas.

Capacidad de Campo y Punto de Marchitez

Se presenta representación gráfica de estos dos conceptos para una mejor comprensión en la Figura 32:



Figura 32: Representación gráfica de los conceptos de capacidad de campo y punto de marchitez tomada del Instituto de Tecnología Agropecuaria.



En una primera instancia se obtuvieron del programa Soil Water Characteristics que calcula propiedades hidráulicas del suelo perteneciente al Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) diseñado por Keith E Saxton y Walter Rawls (2006).

Además, se obtuvo la clasificación textural del horizonte en estudio, que es una de las variables que nos será útil para obtener otros parámetros.

El programa consiste en una interfaz gráfica en la que las principales variables de entrada son los contenidos gravimétricos de arena y arcilla.

Para ingresar al programa se tomó la carta de suelos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) para la Serie Venado Tuerto (Figura 33).

HORIZONTE		A	BA	Bt	BC	C
Profundidad	cm	0	20	29	58	115
muestra	cm	20	29	58	115	160
Mat. orgánica	%	3.91	1.53	1.05	0.59	0.22
C orgánico	%	2.27	0.89	0.61	0.34	0.13
N total	%	0.198	0.095	0.077	0.060	---
Relación C/N	---	11	9	8	6	---
Arcilla < 2 μ	%	25.1	28.4	29.5	18.4	9.5
Limo 2-50 μ	%	60.0	52.5	50.6	56.3	56.7
Arena >50 μ	%	14.9	19.1	19.9	25.3	33.8
TOTAL	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Limo 2-20 μ	%	---	---	---	---	---
Arena:						
Muy fina 50-100 μ	%	13.1	17.3	18.6	22.7	31.0
Fina 100-250 μ	%	1.8	1.8	1.3	2.6	2.8
Media 250-500 μ	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gruesa 500-1000 μ	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Muy gruesa 1-2mm	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Calcáreo, CaCO ₃	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Equiv.humedad	%	30.0	29.6	29.4	25.2	18.4
Resist.pasta	ohms	---	---	---	---	---
Conductividad	mmhos/cm	---	---	---	---	---
pH pasta (1:1)	---	5.9	5.0	6.0	6.1	6.7
pH agua (1:2,5)	---	6.0	6.1	6.3	6.4	6.7
pH 1N ClK (1:2,5)	---	---	---	---	---	---
Ca++ intercambio	me/100g	13.5	11.5	12.2	10.9	7.6
Mg++ intercambio	me/100g	1.7	2.9	3.6	3.1	2.9
Na+ intercambio	me/100g	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1
K+ intercambio	me/100g	2.2	1.5	1.5	1.3	1.4
H+ intercambio	me/100g	7.1	5.4	6.0	4.0	2.0
(Na+/T)	%	0.9	1.0	0.5	1.1	0.7
C.I.C., (T)	me/100g	22.3	19.7	21.1	18.4	13.6
Suma bases (S)	me/100g	17.6	16.1	17.4	15.5	12.0
Sat.bases, (S/T)	%	79	82	82	84	88

Figura 33: carta de suelo correspondiente a la Serie Venado Tuerto. INTA

El display del software se observa de la siguiente manera, representando el triángulo textural y las características hidráulicas (Figura 34).

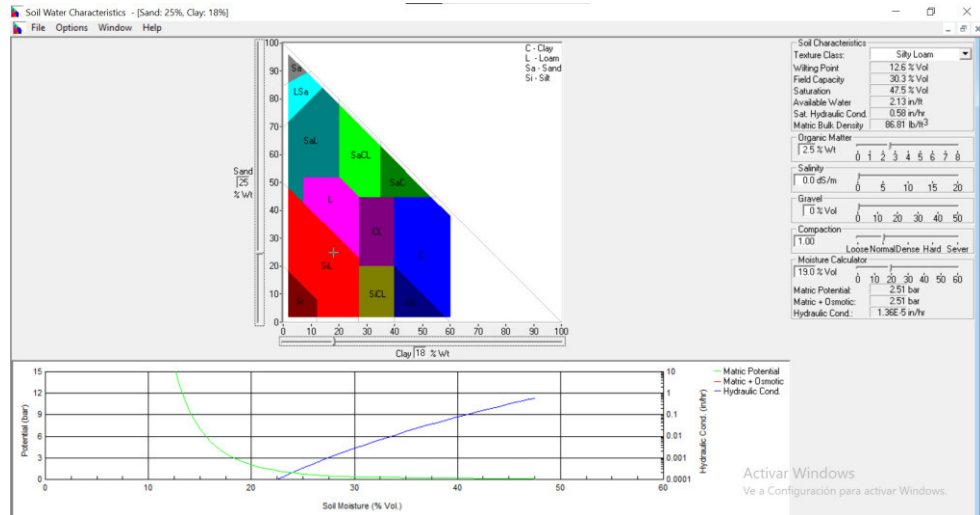


Figura 34: pantalla de salida del software Soil Water Characteristics del USDA correspondiente a los datos cargados para el presente trabajo.

Los resultados para cada uno de los horizontes fueron los siguientes:

- Horizonte A (0 a 20 cm): Franco Limoso, CC: 29,9%, PM: 16,5%
- Horizonte BA (20 a 29 cm): Franco Arcilloso, CC: 34,8%, PM: 17,9%
- Horizonte Bt (29 a 58 cm): Franco Arcilloso, CC: 35,3%, PM: 19%
- Horizonte BC (58 cm a 105 cm): Franco Limoso, CC: 30,3%, PM: 12,6%

Los *suelos francos* se caracterizan por presentar mezcla de arenas, limos y arcillas en proporciones bastante equilibradas. Estos suelos son los mejores para el crecimiento de la mayoría de las plantas (aunque hay plantas adaptadas y que prefieren los suelos arenosos muy permeables y otras los suelos arcillosos encharcables). Son ligeros, aireados y permeables (pero no tanto como los arenosos) y de media-alta capacidad de retención de agua (aunque no retienen tanta como los arcillosos).

Si bien estos datos teóricos nos fueron muy útiles para obtener primeros resultados del balance, especialistas del ámbito de la ingeniería agrónoma sugirieron que había diferencias con datos experimentales de capacidades de campo y puntos de marchitez. Debido a esto se procedió a ajustar el balance con datos tomados por un laboratorio de estudios agronómicos en esos mismos años en campos cultivados de la zona de estudio. Los valores a continuación en las Tablas 10 y 11.



CAPACIDADES DE CAMPO % (grs/grs)										
Profundidad										
(cm)	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	PROMEDIOS
20.00	25.70	25.10	24.80	25.70	25.70	25.20	25.10	25.30	24.80	25.27
40.00	26.80	26.30	27.60	26.80	26.80	26.30	26.30	28.10	26.20	26.80
60.00	26.30	27.50	26.80	27.10	26.20	27.20	27.30	27.60	24.10	26.68
100.00	24.90	23.30	26.40	25.40	24.90	24.50	24.90	23.90	22.30	24.50
150.00	24.10	20.80	25.20	24.00	24.10	22.10	22.30	21.20	20.40	22.69

Tabla 10: Capacidades de campo

PUNTO DE MARCHITÉZ % (grs/grs)										
Profundidad										
(cm)	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	PROMEDIOS
20.00	12.85	12.55	11.16	11.57	11.57	11.34	11.30	11.39	11.16	11.65
40.00	12.06	11.84	12.42	12.06	12.06	11.84	11.84	12.65	11.79	12.06
60.00	11.84	12.38	12.06	12.20	11.79	12.24	12.29	12.42	10.85	12.01
100.00	11.21	10.49	11.88	11.43	11.21	11.03	11.21	10.76	10.04	11.03
150.00	10.85	9.36	11.34	10.80	10.85	9.95	9.27	9.54	9.18	10.13

Tabla 11: Punto de marchitez

Humedad Inicial

Según el Instituto Minero Geológico de España se podría tomar como humedad inicial el valor de la capacidad de campo, sin embargo, esta simplificación es válida siempre que el período para el cual se realice el balance sea lo suficientemente largo y que el valor inicial de la humedad en el suelo no sea significativo al final del balance.

En este caso son 4 años, y no se podría aplicar esta hipótesis por lo que se cargaron los datos reales de humedad inicial tomados en la zona de estudio correspondientes al período de estudio, otorgados por el mismo laboratorio agronómico mencionado anteriormente.

Los valores son de **29,2%** (gr/gr) para 70 cm y de **27,1%** (gr/gr) para 40 cm.

Espesor Radicular

Se ha asignado en base a información disponible de vegetación.

- Para el caso A (zonas verdes urbanas con pasto y árboles): el mayor desarrollo de raíces del pasto se da en **10 cm**. La longitud de las raíces de los árboles oscilan entre 2 a 3 metros, sin embargo, muy pocas superan los 2 metros (Rizzardi, Calvo 2018) y el mayor desarrollo de raíces se da en los 40 cm. Utilizamos **40 cm**.

- Para el caso B (zonas no urbanas con plantaciones de cereales y oleaginosas): Se promedia la profundidad de raíces de los 3 cultivos típicos de la zona: maíz, soja, trigo. Soja: 40/50 cm a 100 cm. Trigo: 25 cm a 150 cm. Maíz: 45 cm a 200 cm. Promediamos estos cereales en una longitud de **70 cm**.

Valor de laminación o Umbral de Escorrentía



Una vez iniciadas las precipitaciones, la escorrentía superficial (P_e) no se produce hasta que las mismas no superan el umbral de escorrentía o abstracción inicial de la lluvia (P_0) y la abstracción continuada. Esto se ve representado en el siguiente hietograma, Figura 35:

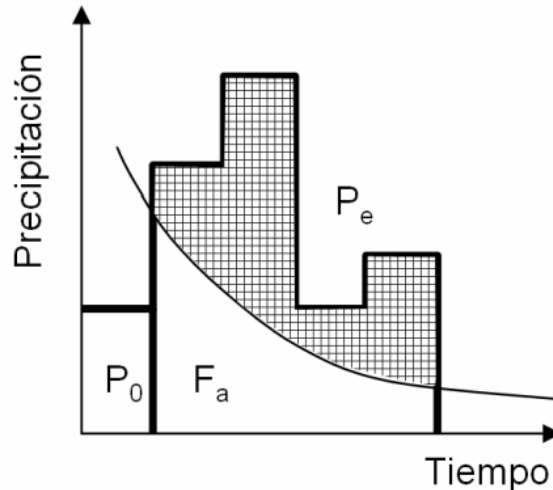


Figura 35: Hietograma, variables del método del Número de Curva del SCS, tomado de Prieto, 2013.

Para obtener este valor utilizamos la metodología del número de curva (NC ó CN) elaborada por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (SCS) que utiliza para determinar la escorrentía superficial. Es un método aplicado cuando se desea obtener una adecuada aproximación y generalmente aplicado a cuencas sin aforar. (Kent, 1968; SCS, 1972).

La ecuación de la escorrentía directa del SCS es:

$$Es = \frac{(P - P_0)^2}{P - P_0 + S}$$

Siendo P la precipitación total, P_0 el umbral de escorrentía y S la retención potencial máxima.

El umbral de escorrentía toma el valor

$$P_0 = \frac{5080}{NC} - 50,80$$

Éstos valores se encuentran tabulados en cuadro de triple entrada que incluye los valores de NC.

Las variables involucradas del método son: tipo y uso del suelo, cobertura del suelo, manejo del suelo y la hidrología o capacidad de infiltración del suelo.

- Grupo Hidrológico del suelo: se establece una clasificación del suelo en función de su mayor o menos capacidad de infiltración o permeabilidad, y por lo tanto de su potencial de generación de escorrentía. Hay cuatro diferentes grupos:



GRUPO A: suelos de mayor permeabilidad y menos escorrentía, profundos y de texturas gruesas (arenosos o arenosos-limosos)

GRUPO B: suelos de permeabilidad moderada, de textura franco-arenosa de mediana profundidad y suelos franco-profundos.

GRUPO C: suelos de poca permeabilidad, de texturas franco-arcillosos e incluso arcillosos con escasa capacidad de infiltración una vez saturados, o con algún estrato impermeable.

GRUPO D: se trata de suelos con gran impermeabilidad, arcillosos y también se incluyen terrenos que presentan una capa de arcilla.

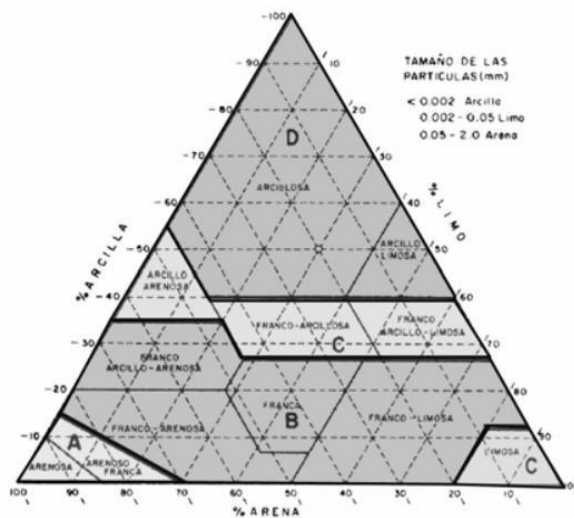


Figura 36: relaciones entre la clase textural del suelo y la clasificación del USDA.

- Uso del suelo o cubierta vegetal: se tienen en consideración la profundidad y extensión del sistema radicular de la cubierta vegetal y/o de la distribución y densidad de vegetación. De este modo, frente a la presencia de un suelo desnudo con síntomas de erosión, poco favorable a la infiltración de la precipitación, se encontrará asociado a números de curva NC elevados, mientras que suelos con cobertura vegetal densa y bien distribuida presentan condiciones favorables a la infiltración y penetración de agua, por lo que se encuentran vinculados a números de curva más reducidos. A la discretización en función del tipo de vegetación, también se tienen en cuenta su grado de cobertura (pobre, media y buena), así como se incorpora como criterio el de la existencia de laboreo del terreno considerando (N) las curvas de nivel o (R) distribuidos según la línea de máxima pendiente.

- Pendiente del terreno: el método original fue implementado sobre parcelas experimentales en terreno llano, por ello resulta de interés la incorporación del



criterio de la pendiente a la asignación del NC del terreno, dado que es incuestionable la influencia del factor pendiente sobre la capacidad de esorrentía e infiltración.

Como se explicó previamente los valores del umbral de esorrentía se consultaron de tablas con diversas variaciones que aparecen en los distintos manuales de hidrología. Hay tablas españolas que facilitan directamente los valores de Po a diferencia de las estadounidenses (que proporcionan CN) por lo que se utilizarán las primeras.

Se utilizan las tablas extraídas de la norma española BOE, *norma 5.2-IC* (2016) considerando humedad previa intermedia, basadas en el proyecto Corine Land Cover. (Figura 37).

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Figura 37: tabla de grupos hidrológicos de suelo a efectos de la determinación del valor inicial del umbral de esorrentía de la norma española BOE, *norma 5.2-IC* (2016).

En las figuras 38 y 39 se presentan las tablas utilizadas de la norma española BOE, *norma 5.2-IC* (2016).

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
12300	Zonas portuarias			1	1	1	1
12400	Aeropuertos			24	14	8	6
13100	Zonas de extracción minera			16	9	6	5
13200	Escombreras y vertederos			20	11	8	6
13300	Zonas de construcción			24	14	8	6
14100	Zonas verdes urbanas			53	23	14	10
14200	Instalaciones deportivas y recreativas			79	32	18	13

Figura 38: Tabla de norma española BOE para obtención de umbrales de esorrentía



24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R	≥ 3	26	15	9	6
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	N	≥ 3	28	17	11	8
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R/N	< 3	30	19	13	10
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		≥ 3	62	28	15	10
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		< 3	75	34	19	14
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		≥ 3	39	20	12	8
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R	≥ 3	37	20	12	9
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	N	≥ 3	42	23	14	11
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R/N	< 3	47	25	16	13
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		≥ 3	80	34	19	14
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		< 3	95	42	22	15

Figura 39: Tabla de norma española BOE para obtención de umbrales de escorrentía

Para el caso que nos ocupa en este trabajo nos corresponde seleccionar:

- Casos A (pasto y árboles): zonas verdes urbanas, con pendiente menor al 3%, y el grupo de suelo B (franco-limoso), nos arroja un **valor de Po de 23 mm**.
- Caso B (cereales y oleaginosas): mosaico de cultivos permanentes en secano, con pendiente menor al 3%, y el grupo de suelo B (franco-limoso), nos arroja un **valor de Po de 34 mm**.

Evapotranspiración Potencial

Además de las variables desarrolladas previamente, el software calcula evapotranspiración potencial día a día.

En una primera instancia se calcularon las evapotranspiraciones mensuales por el método de Thornthwaite.

Para llegar a la fórmula Thornthwaite recopiló las observaciones realizadas por Blaney y Cridall sobre la cantidad de agua consumida por las plantas y sobre consumo de agua en cultivos en distintas partes del mundo. Al hacer la representación gráfica de los valores obtuvo una serie de curvas (una para cada lugar), que presentaban la particularidad de que todas las curvas, aún de distintas localidades, tendían a converger en un punto: 26,5 °C y 135 mm de evapotranspiración. Sin embargo, para las distintas localidades, una misma temperatura daba distintos valores de evapotranspiración. Al analizar los factores que en cada localidad hacían variar la cantidad de evapotranspiración correspondiente a una temperatura, Thornthwaite despreció la humedad del aire y la velocidad del viento, por considerar que esas condiciones no eran estables o conservativas cuando la superficie evaporante era grande. En contraposición, la



cantidad de radiación anual fue considerada importante. Como la radiación solar era un elemento poco registrado, Thornthwaite desarrolló un índice calórico mensual que resultó igual a la quinta parte de la temperatura media del mes, elevado a 1,514. Este índice traduce, en cierta medida, el efecto calórico de la radiación recibida. La sumatoria, para un lugar determinado de los 12 valores de índices calóricos mensuales da el índice calórico anual, distinto para cada localidad y tanto más grande cuando más cálida es la localidad, variando entre 40 a 120 aproximadamente.

Entonces:

$$e = 1,6 * \frac{10t^a}{I}$$

Donde:

e: evapotranspiración potencial media diaria del mes (mm/día) para meses de 30 días y 12 horas de luz diaria. Como ninguna de ambas cosas son siempre ciertas, los valores de e se deben corregir.

t: temperatura media diaria del mes (°C) en la zona de estudio. Calculada a partir de las medias diarias.

I: índice de calor anual. Calculado como suma de los índices de calor mensual de los 12 meses del año.

$$I = \sum_1^{12} i = \sum_1^{12} \frac{t^{1,514}}{5}$$

Donde:

i: índice de calor mensual.

t: temperatura media diaria del mes (°C) en la zona de estudio.

a: coeficiente experimental de ajuste.

$$a = (675 * 10^{-9}) * I^3 - (771 * 10^{-7}) * I^2 - (1972 * 10^{-5}) * I - 0,4924$$

Una vez obtenido e hay que corregir su valor para la latitud y n° de horas de sol diarias reales de la zona de estudio. Para ello hay que multiplicarlo por el coeficiente de corrección **F**, llamado índice de iluminación mensual, que varía con la latitud (n° de horas del sol) y con el mes (n° de días del mes). F se puede calcular según la expresión:

$$F = \left(\frac{N}{12}\right) * \left(\frac{d}{30}\right) * d$$

Donde:

N: n° máximo de horas de sol según la latitud del lugar

D: n° de días del mes en cuestión

Por último, la evapotranspiración potencial para un lugar dado según el método de Thornthwaite es:



$$ETP = F * e$$

A pesar de que es muy común ver en trabajos de este tipo que el cálculo de evapotranspiración se hace a través del método de Thornthwaite, esta estimación es sólo de utilidad para una primera aproximación ya que análisis detallados han demostrado la necesidad de utilizar metodologías de mayor precisión. (Kruse y Rojo, 1895).

Uno de los métodos utilizados por Easy Bal es el método de Hargreaves.

La fórmula de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985) para evaluar la Evapotranspiración Potencial necesita datos de temperaturas y de Radiación Solar. La expresión general es la siguiente:

$$ET0 = 0,0135 (t_{med} + 17,78)R_s$$

Donde:

$ET0$ = Evapotranspiración potencial diaria, mm/día

t_{med} = temperatura media, °C

R_s = radiación solar incidente, convertida en mm/día

La radiación solar incidente R_s , se evalúa a partir de la radiación solar extraterrestre (la que llega a la parte exterior de la atmósfera, que sería la que llegaría al suelo si no existiera atmósfera); ésta última aparece según los autores como R_0 o R_a , y la leemos en tablas en función de la latitud del lugar y del mes.

Obtención de la Radiación Solar Incidente (R_s). Samani (2000) propone la siguiente fórmula:

$$R_s = R_0 * KT (t_{máx} - t_{mín})^{0,5}$$

Puesto que los valores de R_0 están tabulados y las temperaturas máximas y mínimas son datos empíricos relativamente fáciles de obtener, la dificultad para aplicar esta sencilla expresión la encontramos en el coeficiente KT . Para evaluar la Radiación Solar Extraterrestre (R_0) existen varias tablas, todas ellas en función de la latitud y del mes. Al final de este documento se incluye la tabla de R_0 de Allen et al (1998). La tabla original está en MJulio/m²/día, aquí la presentamos en mm./día (de agua evaporada). El coeficiente KT de la expresión es un coeficiente empírico que se puede calcular a partir de datos de presión atmosférica, pero Hargreaves (citado en Samani, 2000) recomienda $KT = 0,162$ para regiones del interior y $KT = 0,19$ para regiones costeras.

La fórmula simplificada del método sustituyendo el valor de R_s en la expresión inicial y tomando para el coeficiente KT el valor medio 0,17, resulta la siguiente expresión ampliamente citada y usada:

$$ET0 = 0,0023 (t_{med} + 17,78)R_0 * (t_{máx} - t_{mín})^{0,5}$$



Por otro lado, se consultaron datos diarios de evapotranspiración potencial al Servicio Meteorológico Nacional. El ente calcula la evapotranspiración por método de Penman-Monteith, siguiendo el protocolo de trabajo recomendado por la Food and Agriculture Administration (FAO) en su manual “Requerimientos de Agua de los Cultivos, 1998”.

Se contrastaron los resultados con las evapotranspiraciones obtenidas por el método de Thornwaithe, por Hargreaves y por Penman-Monteith. Se utilizaron los datos otorgados por el SMN ya que el método Penman-Moneith arroja valores intermedios entre los otros dos.

A continuación, se presenta en la Tabla 12 una comparación de los resultados mensuales arrojados por los tres métodos:

MES	Período 2019-2020			Período 2020-2021		
	ETP (P-M)	ETP (Harg)	ETP (Thor)	ETP (P-M)	ETP (Harg)	ETP (Thor)
	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes
Julio	29.2	52.37	5.93	27.5	49.69	14.04
Agosto	52.4	76.3	8.48	57	83.37	31.39
Septiembre	78	117.81	14.81	75.2	114.15	42.75
Octubre	113.5	151.24	41.1	119.9	155.43	65.7
Noviembre	144.6	212.23	69.37	150.6	223.34	105.1
Diciembre	165.9	246.3	75.34	170.5	257.81	119.6
Enero	153.9	220.74	131.42	161.3	230.57	126.53
Febrero	127.6	177	105.51	123.3	170.32	96.99
Marzo	109.6	154.73	109.44	95.3	134	82.77
Abril	65.8	97.74	68.04	67	98.31	65.27
Mayo	35.7	69.39	42.5	35.3	66.56	30.88
Junio	23.9	52.44	27.56	25	47.68	19.15
	1100.1	1628.3	699.5	1107.9	1631.2	800.18

Tabla 12: Comparación de los tres métodos utilizados para comparar la evapotranspiración.

Una vez cargados todos los datos desarrollados hasta aquí se procedió a correr el software Easy Bal cuyos resultados detallados se adjuntan en el ANEXO TABLAS. En el mismo se presenta el desarrollo del balance hídrico día a día, lo que nos permite observar y analizar cómo se comportan las diferentes variables a lo largo del tiempo, esto mismo se representa en la Figura 40 para el balance rural y en la Figura 41 para el balance urbano:

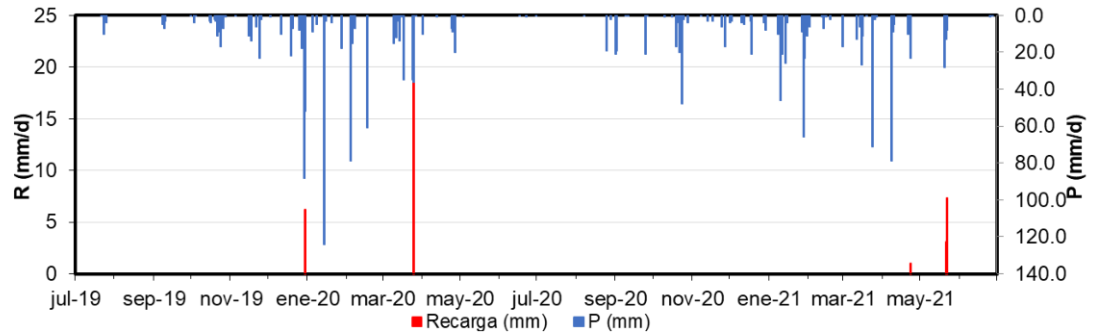


Figura 40: Gráfico precipitaciones diarias vs. Recargas diarias en la zona rural.

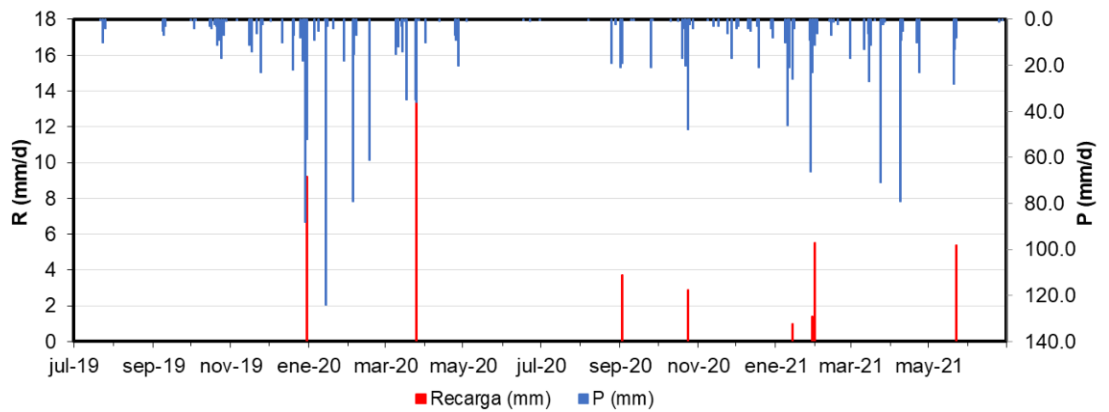


Figura 41: Gráfico precipitaciones diarias vs. Recargas diarias en la zona rural

Se observa que en algunos días, la evapotranspiración supera la precipitación, lo que reduce el agua disponible en el suelo y causa déficit hídrico si no satisface la demanda. Sin embargo, también hay días en los que la precipitación supera la demanda, lo que permite la acumulación de agua en el suelo y contribuye a la reserva de agua para el futuro. Algunos días permiten la recarga del acuífero cuando la cantidad de precipitación es suficiente para infiltrarse en el suelo. Otros días, el agua se retiene en el suelo debido a su capacidad de campo. Por último, en algunos casos, la precipitación excede el umbral de escorrentía superficial, lo que provoca que parte del agua escurra superficialmente.

Dicho esto, se detallan a continuación los resúmenes por período de todo lo mencionado.

En la zona rural, se observó que 40 mm de las precipitaciones recargaron directamente el acuífero. Por otro lado, la evapotranspiración real se calculó en 1316 mm, lo cual representa el 77,14% de la precipitación total en esa superficie. Asimismo, mediante la aplicación de la ecuación de balance de agua en el suelo, se determinó que 349,90 mm escurrieron superficialmente, representando el 20,51% de la precipitación. Por último, se registró que únicamente el 2,34% de las precipitaciones recargaron el acuífero.

En las figura 42 y 43, se observan en porcentaje y discriminados en 2019-2020 y 2020-2019 la recarga, evapotranspiración y escurrimiento superficial para la zona rural:

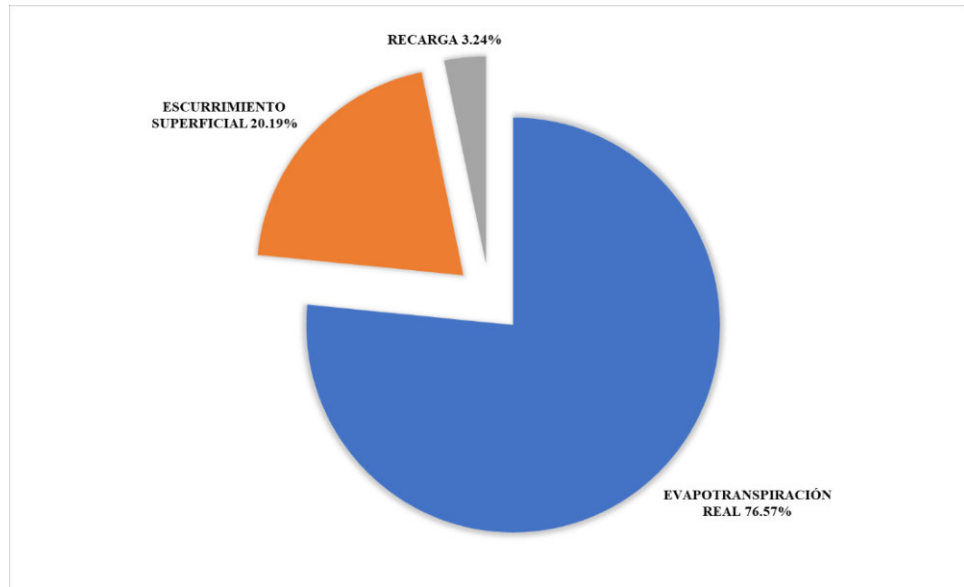


Figura 42: Valores porcentuales de ETR, ES y Recarga para el área rural en el período julio 2019-junio 2020.

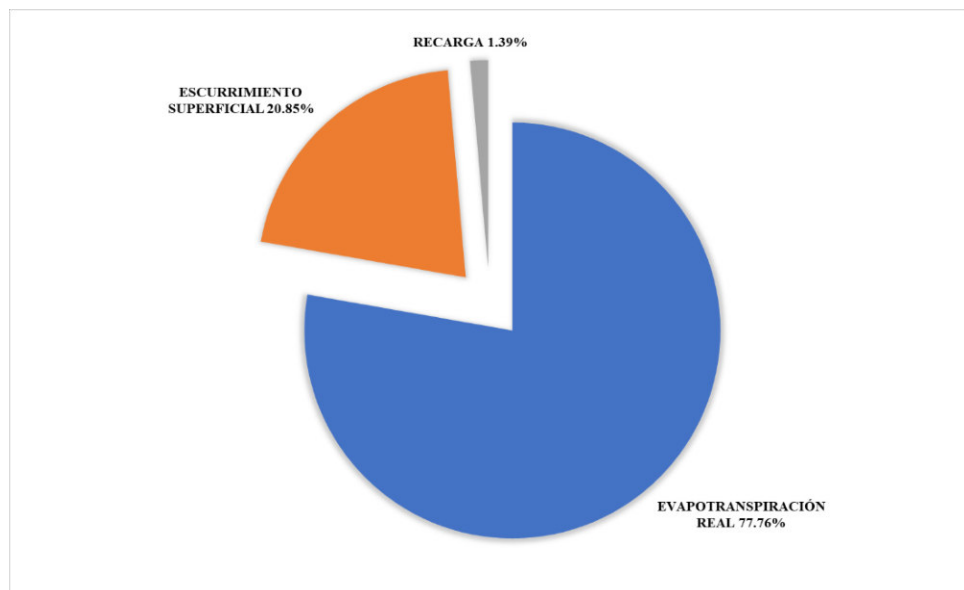


Figura 43: Valores porcentuales de ETR, ES y Recarga para el área rural en el período julio 2020-junio 2021.

En contraste, en la zona urbana, donde existe un alto grado de antropización, se llevó a cabo una clasificación de la superficie en áreas permeables e impermeables. En las áreas impermeables, el agua precipitada fluye hacia la red pluvial de la ciudad. Sin embargo, en las áreas permeables, se identificó que 45,50 mm de las precipitaciones recargaron el acuífero. La evapotranspiración real en esta zona se estimó en 1164,20 mm, lo que equivale al 68,24% de la precipitación total en esa superficie. Además, según los cálculos basados en la ecuación de balance de agua en el suelo, se determinó que 496,30 mm escurrieron superficialmente,



representando el 29,09% de la precipitación. Solamente un 2,67% de las precipitaciones contribuyó a la recarga del acuífero en esta área. Esto mismo se ve representado en el siguiente gráfico:

En las figuras 44 y 45, se observan en porcentaje y discriminados en 2019-2020 y 2020-2019 la recarga, evapotranspiración y escurrimiento superficial para la zona urbana:

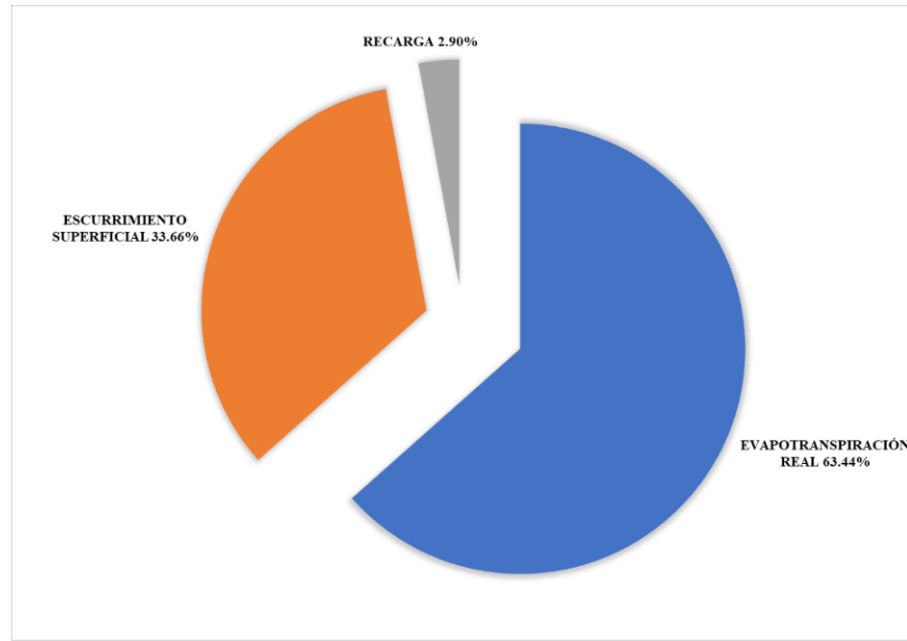


Figura 44: Valores porcentuales de ETR, ES y Recarga para el área urbana en el período julio 2019-junio 2020.

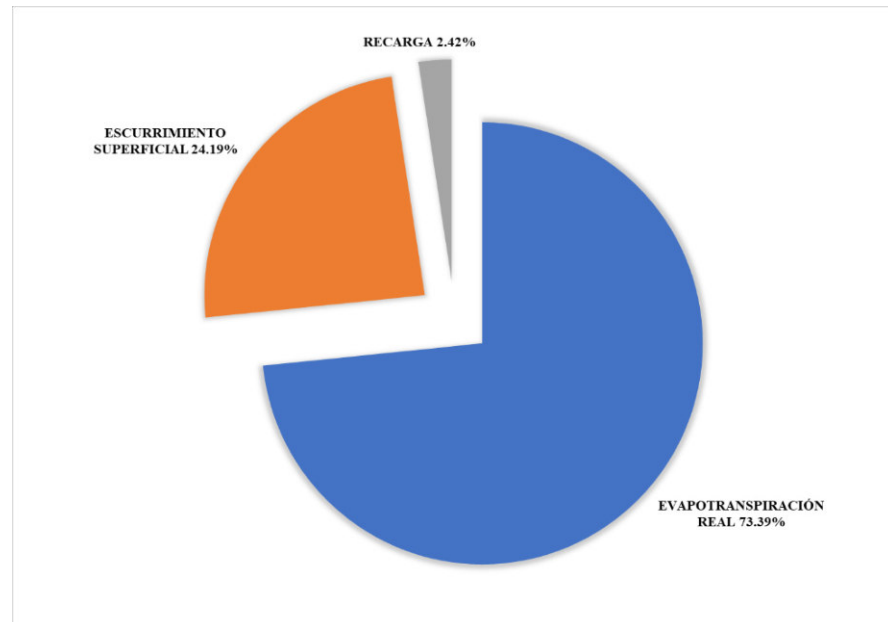


Figura 45: Valores porcentuales de ETR, ES y Recarga para el área urbana en el período julio 2020-junio 2021.

Notar que los escurrimientos superficiales cuantificados en ambos cálculos están relacionados a áreas permeables ya sean urbanas o rurales.



A continuación, se representan las recargas al acuífero en las áreas rurales y urbanas en contraste con las precipitaciones. Esto se observa en la Figura 46:

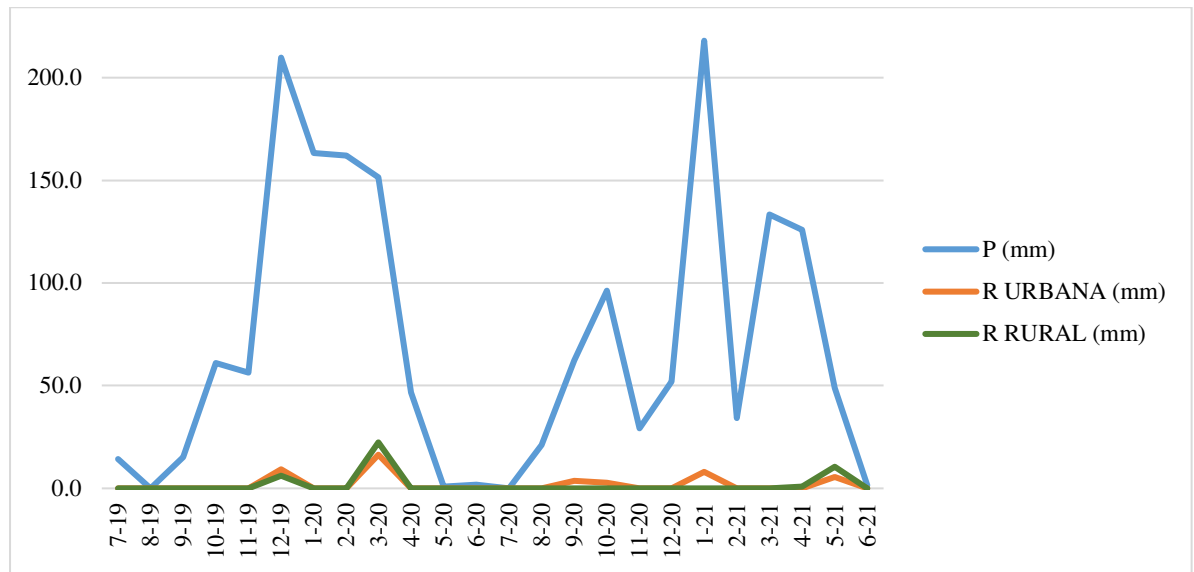


Figura 46: Recargas y precipitaciones mensuales (2019-2021) en la zona de estudio

Se ha observado una relación entre el nivel de precipitaciones y las recargas hídricas en ambos casos, lo que respalda la premisa de que el nivel freático responde al ingreso de precipitaciones. Sin embargo, al analizar cuándo se produjeron estas recargas, se observó que ocurrieron durante períodos de precipitaciones continuas. Esto permitió que, una vez que se superó la capacidad de campo del suelo, el exceso de agua recargara el acuífero.

En nuestra zona, donde la capacidad de campo del suelo es alta, cuando no se produjeron eventos de lluvia adicionales poco después de una precipitación, el agua quedó retenida en el suelo por su propia capacidad de almacenamiento y luego se evaporó o fue utilizada por las plantas lo que no permitió que ocurriera una recarga significativa del acuífero.

Estos hallazgos ayudan a interpretar la diferencia en las recargas entre los períodos de 2019-2020 y 2020-2021, a pesar de que la mayoría de las variables involucradas en el proceso tuvieron la misma magnitud en ambos años. En el primer período, hubo una mayor cantidad de precipitaciones continuas que además no superaron el umbral de escorrentía, mientras que en el segundo período no ocurrió lo mismo. Una vez más, se enfatiza la importancia de analizar no solo la cantidad de precipitación, sino también su distribución temporal.

Los valores en milímetros de las recargas se utilizaron para determinar el volumen total de agua incorporado al acuífero, lo cual permitió su inclusión en el balance de masas. Durante el período de estudio (2019-2021), las recargas fueron de 6,66 hm³ en una extensión de 17.695,16 hectáreas. Los resultados detallados se presentan en las tablas 13 y 14:



Recargas extraídas de Easy Bal- ZONA RURAL				
MES	Recarga (mm)	Recarga (hm3)	Recarga (mm)	Recarga (hm3)
	2019-2020		2020-2021	
Julio	0.00	0.00	0.00	0.00
Agosto	0.00	0.00	0.00	0.00
Septiembre	0.00	0.00	0.00	0.00
Octubre	0.00	0.00	0.00	0.00
Noviembre	0.00	0.00	0.00	0.00
Diciembre	6.20	0.86	0.00	0.00
Enero	0.00	0.00	0.00	0.00
Febrero	0.00	0.00	0.00	0.00
Marzo	22.40	3.09	0.00	0.00
Abril	0.00	0.00	1.00	0.14
Mayo	0.00	0.00	10.40	1.43
Junio	0.00	0.00	0.00	0.00
	28.60	3.94	11.40	1.57

Tabla 13: Recargas obtenidas de Easy-Bal para zona rural.

Recargas extraídas de Easy Bal- ZONA URBANA				
MES	Recarga (mm)	Recarga (hm3)	Recarga (mm)	Recarga (hm3)
	2019-2020		2020-2021	
Julio	0.00	0.00	0.00	0.00
Agosto	0.00	0.00	0.00	0.00
Septiembre	0.00	0.00	3.70	0.09
Octubre	0.00	0.00	2.90	0.07
Noviembre	0.00	0.00	0.00	0.00
Diciembre	9.20	0.23	0.00	0.00
Enero	0.00	0.00	7.90	0.20
Febrero	0.00	0.00	0.00	0.00
Marzo	16.40	0.41	0.00	0.00
Abril	0.00	0.00	0.00	0.00
Mayo	0.00	0.00	5.40	0.14
Junio	0.00	0.00	0.00	0.00
	25.60	0.65	19.90	0.50

Tabla 14: Recargas obtenidas de Easy-Bal para zona urbana.

La utilización de Easy-Bal ha brindado una metodología eficiente para el cálculo del balance hídrico en el área de estudio. Esta herramienta ha permitido una estimación de los diferentes componentes del balance, proporcionando información relevante sobre los flujos de agua y la disponibilidad de recursos hídricos. Es importante mencionar que Easy-Bal ha sido validado en la comunidad científica y ha demostrado su capacidad para obtener resultados consistentes y confiables. Sin embargo, es fundamental considerar las limitaciones inherentes a cualquier herramienta y los supuestos utilizados en los modelos hidrológicos.



7.1.2 Recarga por pérdidas de la red de agua potable

La recarga de origen antrópico está relacionada con el grado de ocupación del territorio por instalaciones urbanas, tales como la distribución espacial y temporal de áreas impermeables (casas, edificios, calles y áreas de suelo compactado) y redes de agua potable y de desagüe pluvial y cloacal (Lerner, 1986).

En algunas áreas urbanas, la recarga antrópica puede ser igual o exceder a la recarga natural. (Scioli et al, 2013).

A continuación, se establecen ciertas consideraciones que se han tenido en cuenta, no sólo para la recarga por pérdidas de agua potable sino que para la cuantificación de todas las entradas o salidas antrópicas.

Debido a la falta de datos actualizados por ciudad del Censo Nacional de Viviendas de la Nación Argentina en el año 2022, se utilizaron los datos del censo del año 2010 ajustados estadísticamente por el gobierno de la provincia de Santa Fe, aplicando un coeficiente de crecimiento de 1,13. De esta manera, se estima que la población de Venado Tuerto en el año 2019 fue de 87.132 habitantes y de 88.166 habitantes en el año 2020.

Para ciertos cálculos se tomó que la cantidad de habitantes por vivienda en la ciudad de Venado Tuerto es en promedio de 2.7 habitantes por viviendas según el estudio “Capacidad Locativa de la ciudad de Venado Tuerto” realizado en el año 2018 por la Ing. Lucrecia Bezmalinovich.

Según el estudio "Planificación y Gestión del Agua" del Instituto Nacional del Agua de Argentina, la dotación diaria de agua varía entre 150 y 300 litros en distintas áreas urbanas del país, con una dotación promedio por día por persona de 250 litros.

En la ciudad de Venado Tuerto, la provisión de agua para consumo humano y uso domiciliario se obtiene de dos fuentes, dando lugar a diferentes escenarios. Algunos hogares cuentan con una conexión completa a la red de agua potable, mientras que otros disponen de una conexión a la red con una única canilla y complementan su abastecimiento mediante una bomba domiciliaria. Asimismo, existen hogares que dependen exclusivamente de una bomba domiciliaria para extraer agua, obteniendo agua potable a través de canillas públicas ubicadas en distintos puntos de la ciudad.

Para el cálculo del balance de masas, se homogeneizaron las diferentes situaciones mencionadas anteriormente, distribuyendo los datos de producción de agua potable en toda la población y luego descontando este valor a la dotación diaria. De esta manera, se obtuvieron volúmenes de agua potable y volúmenes de extracciones domiciliarias diarias.



Se asumió que las pérdidas de tuberías confinadas, como son los desagües pluviales, cloacales y las redes de agua, recargan directamente el acuífero. Esta suposición se da debido a la presencia de una capa impermeable (cubiertas, calles, veredas, etc.) que recubre la mayor parte de la superficie sobre las tuberías, lo que impide la evaporación del agua. Además, debido a las pérdidas constantes de las tuberías, la zona del suelo alrededor de ellas se encuentra saturada, lo que favorecería su infiltración hacia el acuífero; en ambientes de llanura, donde el flujo de agua subterránea es predominantemente vertical, esta suposición es razonable.

Las pérdidas en una red de agua potable se refieren a la cantidad de agua que se pierde en el sistema de distribución debido a fugas en las tuberías, conexiones defectuosas y otros problemas similares. En el caso de este estudio, se obtuvo la cantidad de agua potable consumida mes a mes en el área de estudio a partir de los datos proporcionados por la Cooperativa de Obras Sanitarias de la ciudad de Venado Tuerto (COSVT), que es el ente encargado de prestar el servicio en la ciudad.

Se sabe, según información otorgada por la prestadora, que las pérdidas presentan en promedio anual valores de entre 30% y 35% de agua no contabilizada para la ciudad.

Además, según la bibliografía consultada, el porcentaje frecuente de pérdidas de las redes de agua potable varía entre el 20% y el 50%. Aquí se aplicó un 30% de pérdidas del volumen producido mensualmente en coincidencia con Scioli, Vives, Burgos y Martínez (2013) en su estudio sobre la modelación del flujo subterráneo en la cuenca Matanza-Riachuelo, Provincia de Buenos Aires, presentado en el VIII Congreso Argentino de Hidrogeología y VI Seminario Latinoamericano.

Los resultados se muestran en la Tablas 15 y 16:

Recargas por pérdidas red agua potable Julio 2019- Junio 2020						
MES	Prod. h20 potable (m3)	Pérdidas (m3)	Recarga (m3)	Recarga (lts)	Recarga (mm)	Recarga (hm3)
Julio	127220.00	38166.00	38166.00	38.166	0.22	0.038
Agosto	123710.00	37113.00	37113.00	37.113	0.21	0.037
Septiembre	123600.00	37080.00	37080.00	37.08	0.21	0.037
Octubre	128520.00	38556.00	38556.00	38.556	0.22	0.039
Noviembre	127720.00	38316.00	38316.00	38.316	0.22	0.038
Diciembre	133853.00	40155.90	40155.90	40.1559	0.23	0.040
Enero	140776.00	42232.80	42232.80	42.2328	0.24	0.042
Febrero	132380.00	39714.00	39714.00	39.714	0.22	0.040
Marzo	133870.00	40161.00	40161.00	40.161	0.23	0.040
Abril	124640.00	37392.00	37392.00	37.392	0.21	0.037
Mayo	135111.00	40533.30	40533.30	40.5333	0.23	0.041
Junio	131440.00	39432.00	39432.00	39.432	0.22	0.039
TOTALES	798217.00	468852.00	468852.00	468.85	2.65	0.47

Tabla 15: Recargas por pérdidas de la red de agua potable Julio 2019-Junio 2020.



Recargas por pérdidas red agua potable Julio 2020-Junio 2021						
MES	Prod. h20 potable (m3)	Pérdidas (m3)	Recarga (m3)	Recarga (lts)	Recarga (mm)	Recarga (hm3)
Julio	138530.00	41559.00	41559.00	41.559	0.23	0.042
Agosto	137130.00	41139.00	41139.00	41.139	0.23	0.041
Septiembre	131320.00	39396.00	39396.00	39.396	0.22	0.039
Octubre	135441.00	40632.30	40632.30	40.6323	0.23	0.041
Noviembre	136740.00	41022.00	41022.00	41.022	0.23	0.041
Diciembre	149490.00	44847.00	44847.00	44.847	0.25	0.045
Enero	152150.00	45645.00	45645.00	45.645	0.26	0.046
Febrero	133440.00	40032.00	40032.00	40.032	0.23	0.040
Marzo	150472.00	45141.60	45141.60	45.1416	0.26	0.045
Abril	141350.00	42405.00	42405.00	42.405	0.24	0.042
Mayo	133790.00	40137.00	40137.00	40.137	0.23	0.040
Junio	130110.00	39033.00	39033.00	39.033	0.22	0.039
TOTALES	841312.00	500988.90	500988.90	500.99	2.83	0.50

Tabla 16: Recargas por pérdidas de la red de agua potable Julio 2020-Junio 2021.

7.1.3 Recarga por pérdidas de la red cloacal

Para calcular las pérdidas en la red de agua residual, se consideró el volumen de agua que se filtra en el acuífero debido a fugas que suelen producirse por la deterioración de las cañerías, falta de adecuación de diámetros al aumentar la población servida, elevada presión en los conductos y baja calidad constructiva (Scioli et al, 2013). Para obtener los datos necesarios para el cálculo, se utilizaron registros de aforo proporcionados por la COSVT de una canaleta Parshall que mide los volúmenes diarios de agua residual cloacal de la población conectada a las redes colectoras.

Para calcular el volumen de agua consumido por la ciudad, se multiplicó la dotación diaria por la cantidad de habitantes conectados. Se consideró que únicamente el 90% de este volumen retorna al sistema cloacal, mientras que el porcentaje restante se retiene en el cuerpo humano o se destina a otros fines. Posteriormente, se restó el volumen mensual registrado en la canaleta, permitiendo así la determinación del volumen de agua no detectado por este sistema. Este último valor cuantifica la cantidad de agua que se pierde en el trayecto a través de las tuberías.

Los resultados se muestran en la Tablas 17 y 18:



Recargas por pérdidas red cloacal Julio 2019- Junio 2020						
MES	Aforo Parshall (m3)	Pérdidas (m3)	Recarga (m3)	Recarga (lts)	Recarga (mm)	Recarga (hm3)
Julio	318094.30	209215.70	209215.70	209215700.00	1.18	0.209
Agosto	338929.70	188380.30	188380.30	188380300.00	1.06	0.188
Septiembre	336322.30	173977.70	173977.70	173977700.00	0.98	0.174
Octubre	365409.10	161900.90	161900.90	161900900.00	0.91	0.162
Noviembre	392643.40	117656.60	117656.60	117656600.00	0.66	0.118
Diciembre	419889.70	107420.30	107420.30	107420300.00	0.61	0.107
Enero	410971.80	116338.20	116338.20	116338200.00	0.66	0.116
Febrero	371731.30	104548.70	104548.70	104548700.00	0.59	0.105
Marzo	409434.90	117875.10	117875.10	117875100.00	0.67	0.118
Abril	321853.00	188447.00	188447.00	188447000.00	1.06	0.188
Mayo	302210.30	225099.70	225099.70	225099700.00	1.27	0.225
Junio	293332.30	216967.70	216967.70	216967700.00	1.23	0.217
TOTALES	4280822.10	1927827.90	1927827.90	1927827900.00	10.89	1.93

Tabla 17: Recargas por pérdidas de la red de cloacal Julio 2019-Junio 2020

Recargas por pérdidas red cloacal Julio 2020-Junio 2021						
MES	Aforo Parshall (m3)	Pérdidas (m3)	Recarga (m3)	Recarga (lts)	Recarga (mm)	Recarga (hm3)
Julio	297374.60	229935.40	229935.40	229935400.00	1.30	0.230
Agosto	322883.00	204427.00	204427.00	204427000.00	1.16	0.204
Septiembre	327160.10	183139.90	183139.90	183139900.00	1.03	0.183
Octubre	357701.50	169608.50	169608.50	169608500.00	0.96	0.170
Noviembre	360776.80	149523.20	149523.20	149523200.00	0.84	0.150
Diciembre	390692.10	136617.90	136617.90	136617900.00	0.77	0.137
Enero	409151.40	118158.60	118158.60	118158600.00	0.67	0.118
Febrero	335675.20	140604.80	140604.80	140604800.00	0.79	0.141
Marzo	343817.60	183492.40	183492.40	183492400.00	1.04	0.183
Abril	356338.60	153961.40	153961.40	153961400.00	0.87	0.154
Mayo	323818.60	203491.40	203491.40	203491400.00	1.15	0.203
Junio	283285.40	227014.60	227014.60	227014600.00	1.28	0.227
TOTALES	4108674.90	2099975.10	2099975.10	2099975100.00	11.87	2.10

Tabla 18: Recargas por pérdidas de la red de cloacal Julio 2020-Junio 2021

7.1.4 Recarga por infiltración de pozos absorbentes

El funcionamiento de un pozo absorbente se basa en la capacidad del suelo para filtrar y tratar los contaminantes presentes en las aguas residuales. Una vez depositadas en el pozo, las aguas residuales se infiltran en el suelo circundante, donde son tratadas y depuradas por procesos biológicos y físicos, como la acción de microorganismos y la filtración. Luego de este proceso, debido al estado de saturación del suelo, las aguas tratadas se desplazan hacia las capas más profundas del suelo, donde eventualmente recargan el acuífero subterráneo.

Si bien es cierto que el cálculo de la infiltración en un pozo absorbente es un proceso complejo y depende de varios factores, como las características del suelo, el consumo de agua y la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales, aquí se realizó una estimación basada en el libro “Source book of alternative technologies for freshwater augmentation in Latin



America and the Caribbean” de la OAS (Organization of American States). En esta publicación se cita un informe del Gobierno de Barbados titulado "Barbados Water Resources Study, Vol. 3: Water Resources and Geohydrology", en el cual se estimó que aproximadamente la mitad del agua de consumo doméstico que se deposita en un pozo absorbente retorna al acuífero como efluentes tratados en el caso del buen funcionamiento del sistema. El resto se evapora debido a la exposición del pozo a procesos de evaporación y presencia de vegetación propia de los jardines que aumenta la demanda de agua.

Además, se estimó una tasa de vuelco del 90% hacia el sistema de cámara séptica y pozo absorbente.

Para determinar el volumen de agua que se dirige a los pozos negros, se identificaron los barrios sin cobertura cloacal y el porcentaje de ellos que no está conectado a la red de desagüe. Ellos son: Barrio Santa Rosa, Barrio Malvinas Argentinas, Barrios El Cruce y Villa Casey, Barrio San Vicente, Barrio Juan XXIII, Barrio La Chetonia, Barrio Los Pinos, Barrio Los Robles, Barrio Iturbide, Barrio Echeverría, Barrio Polo Club, Barrio Cumelén.

Posteriormente, considerando una dotación diaria de 250 litros por persona, y tomando en consideración el mencionado porcentaje de retorno del 90%, se realizó el cálculo para determinar el volumen diario de agua que se destina a los pozos negros en base a la cantidad de habitantes en áreas sin conexión a la red.

Los resultados se muestran en las Tablas 19 y 20:

Recargas por filtración de pozos absorbentes Julio 2019- Junio 2020					
MES	Volúmen hacia pozos negros (m3)	Recarga (m3)	Recarga (lts)	Recarga (mm)	Recarga (hm3)
Julio	69324.53	34662.26	34662263.06	0.20	0.035
Agosto	69324.53	34662.26	34662263.06	0.20	0.035
Septiembre	67088.25	33544.13	33544125.54	0.19	0.034
Octubre	69324.53	34662.26	34662263.06	0.20	0.035
Noviembre	67088.25	33544.13	33544125.54	0.19	0.034
Diciembre	69324.53	34662.26	34662263.06	0.20	0.035
Enero	69324.53	34662.26	34662263.06	0.20	0.035
Febrero	62615.70	31307.85	31307850.50	0.18	0.031
Marzo	69324.53	34662.26	34662263.06	0.20	0.035
Abril	67088.25	33544.13	33544125.54	0.19	0.034
Mayo	69324.53	34662.26	34662263.06	0.20	0.035
Junio	67088.25	33544.13	33544125.54	0.19	0.034
TOTALES	816240.39	408120.19	408120194.07	2.31	0.41

Tabla 19: Recargas por filtración de pozos absorbentes julio 2019-junio 2020



Recargas por filtración de absorbentes Julio 2020-Junio 2021					
MES	Volúmen hacia pozos negros (m3)	Recarga (m3)	Recarga (lts)	Recarga (mm)	Recarga (hm3)
Julio	69719.18	34859.59	34859590.27	0.20	0.035
Agosto	69719.18	34859.59	34859590.27	0.20	0.035
Septiembre	67470.17	33735.09	33735087.36	0.19	0.034
Octubre	69719.18	34859.59	34859590.27	0.20	0.035
Noviembre	67470.17	33735.09	33735087.36	0.19	0.034
Diciembre	69719.18	34859.59	34859590.27	0.20	0.035
Enero	69719.18	34859.59	34859590.27	0.20	0.035
Febrero	62972.16	31486.08	31486081.54	0.18	0.031
Marzo	69719.18	34859.59	34859590.27	0.20	0.035
Abril	67470.17	33735.09	33735087.36	0.19	0.034
Mayo	69719.18	34859.59	34859590.27	0.20	0.035
Junio	67470.17	33735.09	33735087.36	0.19	0.034
TOTALES	820887.13	410443.56	410443562.88	2.32	0.41

Tabla 20: Recargas por filtración de pozos absorbentes Julio 2020-Junio 2021

7.1.5 Recarga por pérdidas de la red pluvial

Se ha atribuido las pérdidas de la red de desagüe pluvial a la baja calidad de los materiales y técnicas constructivas utilizadas en su construcción, los cuales suelen ser inferiores a los utilizados en la construcción de las redes de agua potable o desagües cloacales.

Para calcular estas pérdidas, se tomó en cuenta la cantidad de agua de lluvia que cae mensualmente y se multiplicó por la superficie impermeable de la ciudad, la cual fue obtenida a través del software Qgis. Se asumió que el 100% del volumen resultante fluye hacia la red de desagüe pluvial. Según la bibliografía consultada y estimaciones generales basadas en la experiencia de expertos en el campo de la gestión de agua, se estima que las pérdidas en las redes de desagüe pluvial pueden oscilar entre el 30% y el 50% del caudal total que fluye por la red. Para este estudio en particular, se consideró un porcentaje de pérdidas del 30%.

Los resultados se muestran en las Tablas 21 y 22:

Recargas por pérdidas en la red pluvial Julio 2019- Junio 2020						
MES	Precipit. (mm)	Área urbana imp (m2)	Vol. hacia pluviales (lts)	Recarga (lts)	Recarga (mm)	Recarga en (hm3)
Julio	14.40	13843000.00	199339200.00	59801760.00	0.34	0.06
Agosto	0.00	13843000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Septiembre	15.20	13843000.00	210413600.00	63124080.00	0.36	0.06
Octubre	60.90	13843000.00	843038700.00	252911610.00	1.43	0.25
Noviembre	56.50	13843000.00	782129500.00	234638850.00	1.33	0.23
Diciembre	209.80	13843000.00	2904261400.00	871278420.00	4.92	0.87
Enero	163.40	13843000.00	2261946200.00	678583860.00	3.83	0.68
Febrero	162.00	13843000.00	2242566000.00	672769800.00	3.80	0.67
Marzo	151.50	13843000.00	2097214500.00	629164350.00	3.56	0.63
Abril	46.70	13843000.00	646468100.00	193940430.00	1.10	0.19
Mayo	0.90	13843000.00	12458700.00	3737610.00	0.02	0.00
Junio	1.70	13843000.00	23533100.00	7059930.00	0.04	0.01
TOTALES	883.00	166116000.00	12223369000.00	3667010700.00	20.72	3.67

Tabla 21: Recargas por pérdida de la red pluvial Julio 2019-Junio 2020



Recargas por pérdidas en la red pluvial Julio 2020-Junio 2021						
MES	Precipit. (mm)	Área urbana imp (m2)	Vol. hacia pluviales (lts)	Recarga (lts)	Recarga (mm)	Recarga en (hm3)
Julio	0.00	13843000.00	0.00	0.00	0.00	0.000
Agosto	21.20	13843000.00	293471600.00	88041480.00	0.50	0.088
Septiembre	62.20	13843000.00	861034600.00	258310380.00	1.46	0.258
Octubre	96.20	13843000.00	1331696600.00	399508980.00	2.26	0.400
Noviembre	29.30	13843000.00	405599900.00	121679970.00	0.69	0.122
Diciembre	52.00	13843000.00	719836000.00	215950800.00	1.22	0.216
Enero	218.00	13843000.00	3017774000.00	905332200.00	5.12	0.905
Febrero	34.20	13843000.00	473430600.00	142029180.00	0.80	0.142
Marzo	133.30	13843000.00	1845271900.00	553581570.00	3.13	0.554
Abril	126.00	13843000.00	1744218000.00	523265400.00	2.96	0.523
Mayo	49.00	13843000.00	678307000.00	203492100.00	1.15	0.203
Junio	1.50	13843000.00	20764500.00	7267575.00	0.04	0.007
TOTALES	822.90	166116000.00	11391404700.00	3418459635.00	19.32	3.42

Tabla 22: Recargas por pérdida de la red pluvial Julio 2020-Junio 2022

7.1.6 Recarga por flujo subterráneo entrante

Se empleó la Ley de Darcy para el cálculo de las entradas de flujo subterráneo, con el fin de determinar el caudal "Q" que circula en un medio poroso. La Ley de Darcy se expresa de la siguiente manera:

$$Q = k * A * i$$

Donde:

$Q =$ caudal que circula por el medio poroso $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

$A =$ área transversal al flujo (m2)

$k =$ conductividad hidráulica del medio $\left(\frac{m}{s}\right)$

$i =$ es el gradiente hidráulico, adimensional

Es importante destacar que esta ley es macroscópica y describe el comportamiento promedio de un gran número de poros. No representa de ninguna manera el comportamiento del agua a nivel individual en cada poro, pero permite tratar el flujo subterráneo como un flujo no viscoso (Custodio, 1983).

El cálculo del flujo se realizó considerando los sectores de entrada y salida identificados en el mapa de flujo elaborado para este estudio. Para determinar el caudal de entrada, se delimitaron las celdas de flujo utilizando las líneas de flujo y las curvas equipotenciales de 109,50 y 109 msnm. El ajuste y la medición de cada celda se llevaron a cabo utilizando los programas Surfer y AutoCAD 2D.

Cabe mencionar que en la fórmula de la Ley de Darcy es posible reemplazar parámetros para utilizar el valor de transmisividad, el cual se obtiene a partir de ensayos de bombeo. Por lo tanto, podemos expresarla de la siguiente manera:

$$Q = T * B * i$$



Donde:

$Q =$ caudal que circula por la celda de flujo $\left(\frac{m^3}{d}\right)$

$B =$ longitud de la celda (m)

$T =$ transmisividad $\left(\frac{m^2}{d}\right)$

$i = \frac{\Delta h}{L}$, gradiente hidráulico, adimensional

Para una mejor comprensión se ilustra el desarrollo descrito en la Figura 47:

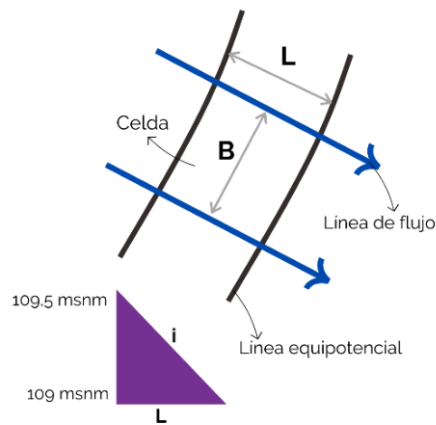


Figura 47: representación gráfica de los parámetros de la ecuación del caudal Q

En la Figura 48 se pueden observar las celdas delimitadas para la entrada y la salida:

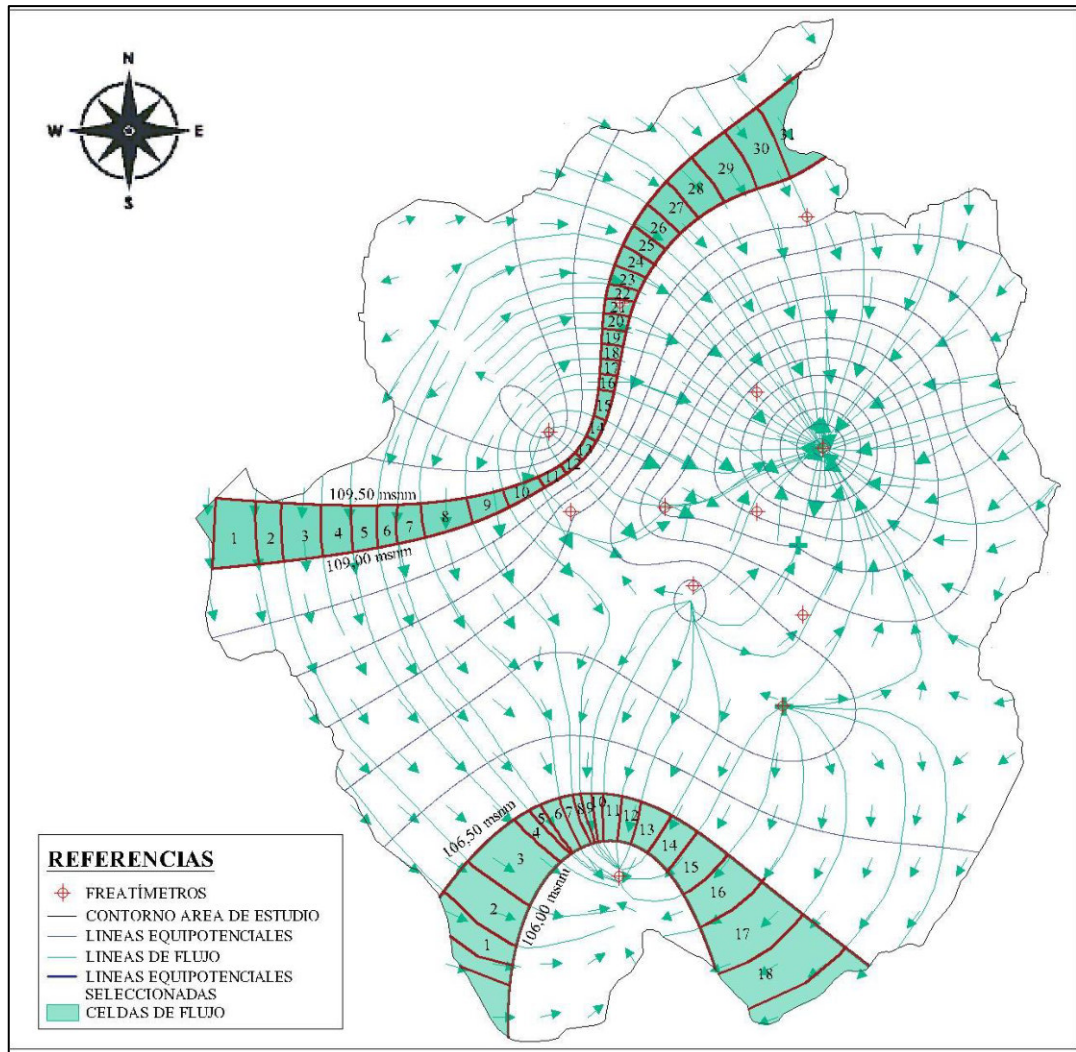


Figura 48: Mapa para cálculo de entrada y salida de agua subterránea con la delimitación correspondiente de cada celda

Se utilizaron datos de transmisividad proporcionados por el Centro Regional de Agua Subterránea (CRAS), obtenidos en un estudio realizado en 1986 en colaboración con la Municipalidad de Venado Tuerto. Se llevaron a cabo ensayos de bombeo en 5 pozos distribuidos en un área determinada, y se seleccionó el punto considerado más apropiado para este cálculo. La transmisividad determinada para dicho punto seleccionado fue de $410 \text{ m}^2/\text{día}$.

De la sumatoria del caudal que circula por cada una de las celdas obtuvimos el caudal total que circula por día entre las curvas equipotenciales que se consideraron de ingreso al área de estudio.

En la Tabla 23 se pueden observar los resultados:



FLUJO SUBTERRÁNEO ENTRANTE							
Celda	Equipot 1 (msnm)	Equipot 2 (msnm)	L (m)	B (m)	i	T (m ² /día)	Q (m ³ /d)
1	109.50	109.00	1190.57	734.44	0.00042	410.00	126.46
2	109.50	109.00	1102.02	466.49	0.00045	410.00	86.78
3	109.50	109.00	992.56	708.09	0.00050	410.00	146.25
4	109.50	109.00	886.00	545.99	0.00056	410.00	126.33
5	109.50	109.00	802.52	454.67	0.00062	410.00	116.14
6	109.50	109.00	734.68	340.98	0.00068	410.00	95.14
7	109.50	109.00	656.68	482.86	0.00076	410.00	150.74
8	109.50	109.00	539.26	876.07	0.00093	410.00	333.04
9	109.50	109.00	395.41	686.20	0.00126	410.00	355.76
10	109.50	109.00	304.70	361.83	0.00164	410.00	243.44
11	109.50	109.00	240.68	337.36	0.00208	410.00	287.35
12	109.50	109.00	208.04	467.53	0.00240	410.00	460.70
13	109.50	109.00	191.20	341.94	0.00262	410.00	366.62
14	109.50	109.00	196.31	390.52	0.00255	410.00	407.81
15	109.50	109.00	220.96	406.13	0.00226	410.00	376.80
16	109.50	109.00	266.63	505.21	0.00188	410.00	388.43
17	109.50	109.00	298.50	289.45	0.00168	410.00	198.78
18	109.50	109.00	334.64	273.11	0.00149	410.00	167.31
19	109.50	109.00	370.39	273.11	0.00135	410.00	151.16
20	109.50	109.00	410.89	273.11	0.00122	410.00	136.26
21	109.50	109.00	453.02	273.11	0.00110	410.00	123.59
22	109.50	109.00	501.25	273.11	0.00100	410.00	111.70
23	109.50	109.00	543.35	232.68	0.00092	410.00	87.79
24	109.50	109.00	584.66	212.62	0.00086	410.00	74.55
25	109.50	109.00	634.64	344.62	0.00079	410.00	111.32
26	109.50	109.00	694.33	356.48	0.00072	410.00	105.25
27	109.50	109.00	752.17	432.75	0.00066	410.00	117.94
28	109.50	109.00	836.71	436.65	0.00060	410.00	106.98
29	109.50	109.00	928.58	597.23	0.00054	410.00	131.85
30	109.50	109.00	1087.11	735.66	0.00046	410.00	138.73
31	109.50	109.00	1272.47	676.08	0.00039	410.00	108.92
TOTAL						5939.90	m³/día
						2168061.92	m³/año
						2.17	hm³/año

Tabla 23: Tablas de flujo subterráneo entrante.

7.2 Salidas

7.2.1 Salidas por bombeo a cargo del ente de provisión de agua potable

La Cooperativa de Obras Sanitarias de Venado Tuerto, entidad encargada de proveer el servicio de agua potable, proporcionó los datos de extracción de agua destinados a la potabilización en la ciudad. La Cooperativa cuenta con un total de 32 perforaciones, las cuales tienen una profundidad de 34 metros y un caudal de extracción de 17 m³/h cada una. Todo esto se puede apreciar en las Tablas 24 y 25:



Salida por bombes COS Julio 2020-Junio 2021				
MES	Extracción (m3)	Extracc. (lts.)	Extracción (mm)	Extracción (hm3)
Julio	152664.00	152664000	0.86	0.15
Agosto	148452.00	148452000	0.84	0.15
Septiembre	148320.00	148320000	0.84	0.15
Octubre	154224.00	154224000	0.87	0.15
Noviembre	153264.00	153264000	0.87	0.15
Diciembre	160623.60	160623600	0.91	0.16
Enero	168931.20	168931200	0.95	0.17
Febrero	158856.00	158856000	0.90	0.16
Marzo	160644.00	160644000	0.91	0.16
Abril	149568.00	149568000	0.85	0.15
Mayo	162133.20	162133200	0.92	0.16
Junio	157728.00	157728000	0.89	0.16
TOTALES	1875408.00	1875408000.00	5.41	1.88

Tabla 24: Salida por bombes de la prestadora de servicios Julio 2019-Junio 2020.

Salida por bombes COS Julio 2020-Junio 2021				
MES	Extracción (m3)	Extracc. (lts.)	Extracción (mm)	Extracción (hm3)
Julio	166236.00	166236000	0.94	0.17
Agosto	164556.00	164556000	0.93	0.16
Septiembre	157584.00	157584000	0.89	0.16
Octubre	162529.20	162529200	0.92	0.16
Noviembre	164088.00	164088000	0.93	0.16
Diciembre	179388.00	179388000	1.01	0.18
Enero	182580.00	182580000	1.03	0.18
Febrero	160128.00	160128000	0.90	0.16
Marzo	180566.40	180566400	1.02	0.18
Abril	169620.00	169620000	0.96	0.17
Mayo	160548.00	160548000	0.91	0.16
Junio	156132.00	156132000	0.88	0.16
TOTALES	2003955.60	2003955600.00	5.71	2.00

Tabla 25: Salida por bombes de la prestadora de servicios Julio 2020-Junio 2021.

7.2.2 Salidas por Bombes domiciliarios

En relación al suministro de agua para uso domiciliario en la ciudad de Venado Tuerto, se han identificado diversas situaciones, tal como se ha explicado previamente. Con el fin de estimar los volúmenes mensuales de bombeo a nivel residencial, se utilizó una dotación de 250 litros por persona por día. A partir de esta cifra, se restó el consumo diario de agua potable distribuido en toda la población, el cual fue proporcionado por la prestadora del servicio COS VT, tal como se mencionó anteriormente. De esta manera, se obtuvieron los volúmenes bombeados por los habitantes de la ciudad.



Es importante destacar que esta aproximación se llevó a cabo debido a la falta de datos precisos sobre la cantidad de hogares que cuentan con una bomba para la extracción de agua. Por último, el resultado obtenido fue multiplicado por la cantidad de habitantes correspondiente al período de estudio.

Los resultados se observan en las Tablas 26 y 27:

Salida por bombeos domiciliarios Julio 2020-Junio 2021				
MES	Extracc. (m3)	Extracc. (lts)	Extracción (mm)	Extracción (hm3)
Julio	590225.75	590225750.00	3.34	0.59
Agosto	592682.75	592682750.00	3.35	0.59
Septiembre	573638.47	573638467.74	3.24	0.57
Octubre	589315.75	589315750.00	3.33	0.59
Noviembre	570847.50	570847500.00	3.23	0.57
Diciembre	585582.65	585582650.00	3.31	0.59
Enero	580736.55	580736550.00	3.28	0.58
Febrero	529844.68	529844677.42	2.99	0.53
Marzo	585570.75	585570750.00	3.31	0.59
Abril	572933.95	572933951.61	3.24	0.57
Mayo	584702.05	584702050.00	3.30	0.58
Junio	568327.50	568327500.00	3.21	0.57
TOTALES	6924408.35	6924408346.77	39.13	6.92

Tabla 26: Salida por bombeos domiciliarios Julio 2019-Junio 2020.

Salida por bombeos domiciliarios Julio 2020-Junio 2021				
MES	Extracc. (m3)	Extracc. (lts)	Extracción (mm)	Extracción (hm3)
Julio	590310.63	590310625.00	3.34	0.59
Agosto	591290.63	591290625.00	3.34	0.59
Septiembre	576152.54	576152540.32	3.26	0.58
Octubre	592472.93	592472925.00	3.35	0.59
Noviembre	572480.93	572480927.42	3.24	0.57
Diciembre	582638.63	582638625.00	3.29	0.58
Enero	580776.63	580776625.00	3.28	0.58
Febrero	536401.98	536401983.87	3.03	0.54
Marzo	581951.23	581951225.00	3.29	0.58
Abril	569358.02	569358024.19	3.22	0.57
Mayo	593628.63	593628625.00	3.35	0.59
Junio	576972.22	576972217.74	3.26	0.58
TOTALES	6944434.97	6944434968.55	39.24	6.94

Tabla 27: Salida por bombeos domiciliarios Julio 2020-Junio 2021.

7.2.3 Salidas por Flujo subterráneo saliente

Se aplicó la misma metodología que para el cálculo del caudal de entrada del flujo subterránea a diferencia que en este caso se utilizaron las curvas equipotenciales 106 y 106,50 msnm.



En la Tabla 28 se pueden observar los resultados:

FLUJO SUBTERRÁNEO SALIENTE							
Celda	Equipot 1 (msnm)	Equipot 2 (msnm)	L (m)	B (m)	i	T (m ² /día)	Q (m ³ /d)
1	106.50	106.00	1667.00	492.97	0.00030	410.00	60.62
2	106.50	106.00	1500.00	787.83	0.00033	410.00	107.67
3	106.50	106.00	1331.00	1036.62	0.00038	410.00	159.66
4	106.50	106.00	1109.00	278.38	0.00045	410.00	51.46
5	106.50	106.00	1122.00	118.43	0.00045	410.00	21.64
6	106.50	106.00	1004.00	246.21	0.00050	410.00	50.27
7	106.50	106.00	956.00	207.48	0.00052	410.00	44.49
8	106.50	106.00	919.00	131.46	0.00054	410.00	29.32
9	106.50	106.00	896.00	137.08	0.00056	410.00	31.36
10	106.50	106.00	866.00	145.30	0.00058	410.00	34.40
11	106.50	106.00	823.00	294.65	0.00061	410.00	73.39
12	106.50	106.00	791.00	295.82	0.00063	410.00	76.67
13	106.50	106.00	779.00	490.89	0.00064	410.00	129.18
14	106.50	106.00	832.00	516.52	0.00060	410.00	127.27
15	106.50	106.00	957.00	643.86	0.00052	410.00	137.92
16	106.50	106.00	1192.00	749.82	0.00042	410.00	128.95
17	106.50	106.00	1608.00	980.15	0.00031	410.00	124.96
18	106.50	106.00	1984.00	876.90	0.00025	410.00	90.61
TOTAL						1479.85	m³/día
						540143.72	m³/año
						0.54	hm³/año

Tabla 28: Salida por flujo subterráneo.

8. CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DEL ALMACENAMIENTO POR EL MÉTODO DEL BALANCE HÍDRICO

A partir de las entradas y salidas se estimó la variación de almacenamiento. Los resultados se observan en las Tablas 29 y 30.



ENTRADAS Período 2019/2020	
	hm ³ /año
Recarga por precipitaciones	4.59
Recarga por pérdidas red de agua potable	0.47
Recarga por pérdida red cloacal	1.93
Recarga por filtración pozos absorbentes	0.41
Recargas por pérdidas en la red pluvial	3.67
Recarga por flujo subterráneo entrante	2.17
TOTAL	13.23

SALIDAS Período 2019/2020	
	hm ³ /año
Salidas por bombeos domiciliarios	6.92
Salidas por bombeos COS	1.88
Salidas por flujo subterráneo saliente	0.54
TOTAL	9.34

ΔV	3.89
-----------	-------------

Tabla 29: Entradas y salidas al acuífero en el período julio 2019-junio 2020.

ENTRADAS Período 2020/2021	
	hm ³ /año
Recarga por precipitaciones	2.07
Recarga por pérdidas red de agua potable	0.50
Recarga por pérdida red cloacal	2.10
Recarga por filtración pozos absorbentes	0.41
Recargas por pérdidas en la red pluvial	3.42
Recarga por flujo subterráneo entrante	2.17
TOTAL	10.67

SALIDAS Período 2020/2021	
	hm ³ /año
Salidas por bombeos domiciliarios	6.94
Salidas por bombeos COS	2.00
Salidas por flujo subterráneo saliente	0.54
TOTAL	9.49

ΔV	1.18
-----------	-------------

Tabla 30: Entradas y salidas al acuífero en el período julio 2020-junio 2021.

Durante el período 2019-2020, se observaron diferentes contribuciones a la recarga del acuífero. Las precipitaciones representaron el 35% de la recarga total, lo que indica que la lluvia fue la principal fuente de recarga en ese período. Le siguió la recarga por pérdidas en la red pluvial, que contribuyó con el 28%. El flujo subterráneo entrante representó el 16% de la



recarga, mientras que la pérdida por red cloacal y la recarga por pérdidas de la red de agua potable representaron el 15% y el 4%, respectivamente. Por último, la recarga por infiltración de pozos negros fue del 3%. Esto se observa gráficamente en la Figura 49:

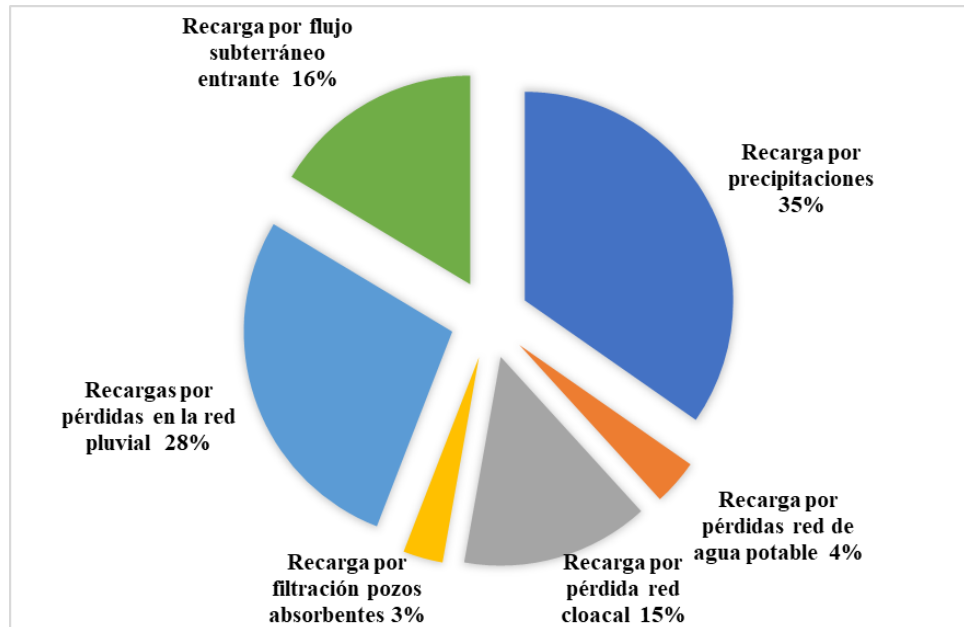


Figura 49: Gráfico de valores porcentuales de recargas en el período julio 2019-junio 2020.

En el período 2020-2021, hubo cambios en las contribuciones a la recarga del acuífero. Las precipitaciones disminuyeron y representaron solo el 19% de la recarga total. La recarga por pérdidas en la red pluvial aumentó al 32%, lo que indica una mayor influencia de las pérdidas en el sistema de drenaje urbano. El flujo subterráneo entrante se mantuvo estable en un 20%. La pérdida por red cloacal también representó el 20%, mientras que la recarga por pérdidas de la red de agua potable aumentó ligeramente al 5%. La recarga por infiltración de pozos negros se mantuvo en el 4%. Esto se observa gráficamente en la Figura 50:

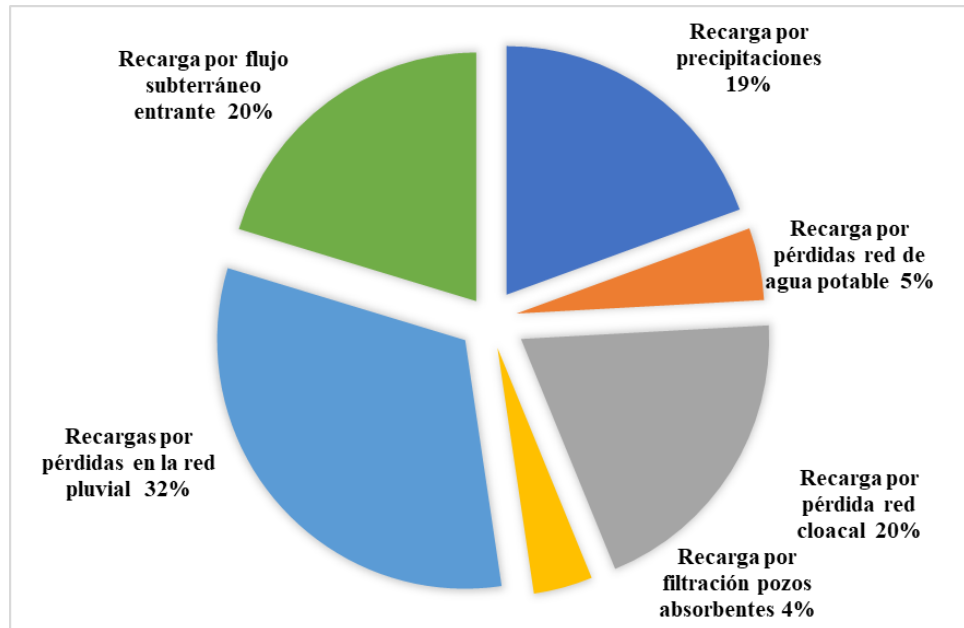


Figura 50: Gráfico de valores porcentuales de recargas en el período julio 2020-junio 2021.

En cuanto a las salidas del acuífero, durante ambos períodos, las extracciones por bombes domiciliarios fueron la principal fuente de salida y representaron alrededor del 73-74% del total. Los bombes realizados por la compañía de servicios (COS) representaron aproximadamente el 20-21%. Por último, el flujo subterráneo saliente se mantuvo constante en un 6% en ambos períodos. Todo esto se puede ver gráficamente en las Figuras 51 y 52:

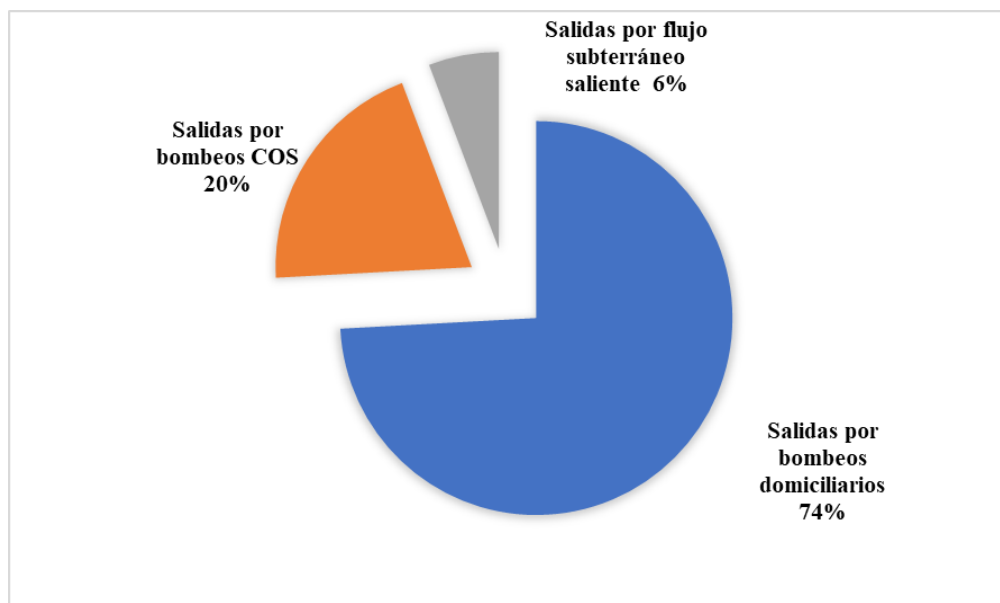


Figura 51: Gráfico de valores porcentuales de salidas en el período julio 2019-junio 2020.

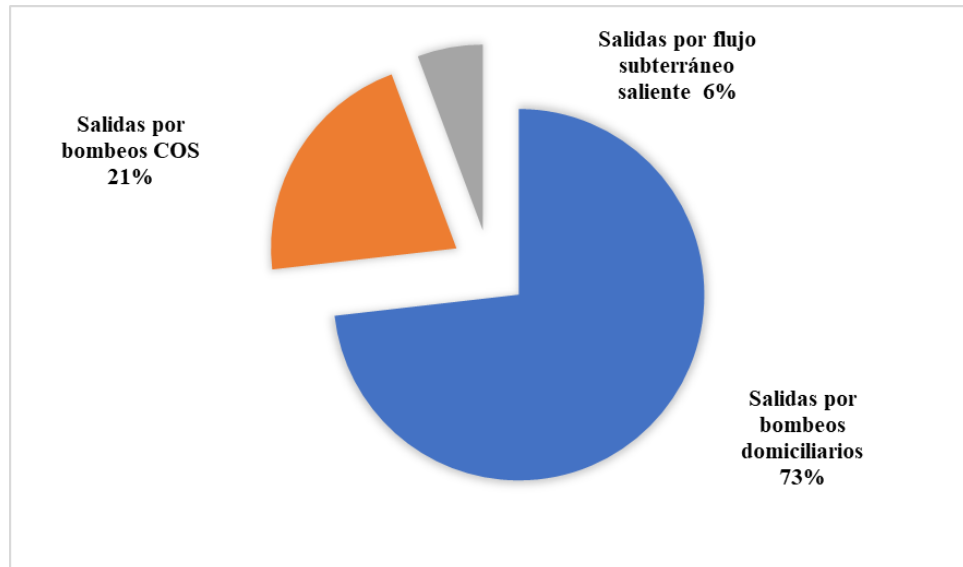


Figura 52: Gráfico de valores porcentuales de salidas en el período julio 2020-junio 2021.

Se destaca que en ambos períodos el balance fue positivo, lo que implica que las entradas al acuífero superan a las salidas. Sin embargo, se observa una variación significativa en las contribuciones a la recarga del acuífero entre los períodos estudiados. Las precipitaciones y las pérdidas en la red pluvial experimentaron cambios notables, debido a las variaciones en las precipitaciones. Por otro lado, las extracciones por bombes domiciliarios y los bombes de la compañía de servicios se mantuvieron relativamente estables, lo que indica una demanda constante de agua subterránea.

9. CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DEL ALMACENAMIENTO POR EL MÉTODO DE VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FREÁTICA

En esta sección, se describe la metodología utilizada para calcular la variación del almacenamiento mediante el método de la variación de la superficie freática (VSF). Este enfoque evalúa la recarga analizando la variación volumétrica entre las superficies freáticas a lo largo del tiempo. Este método se basa en el trabajo titulado "Evaluación Comparativa de Métodos de Cálculo de Recarga en Ambientes de Llanura. La llanura Interserrana Bonaerense (Argentina), como caso de estudio" (Londoño et al., 2011).

Se considera que el volumen almacenado cuantifica el flujo de agua que entra o sale del sistema en la zona de estudio, y se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta V = A * \Delta h * S_y$$

Donde:



ΔV = Variación del almacenamiento

A = área de estudio del balance, m²

Δh = Recuperación o abatimiento del nivel del acuífero

S_y = Rendimiento específico

Para realizar los cálculos, se utilizó el software Surfer. Se superpusieron mallas que representan las superficies equipotenciales correspondientes a los años 2019-2020 y 2020-2021, y mediante el comando "grid/volumen", se obtuvieron el volumen global y los volúmenes de corte y relleno (ΔV) existentes entre estas mallas.

Surfer calcula la diferencia de carga hidráulica de las dos superficies para cada celda de la malla, y posteriormente, realiza una integración doble para calcular, por medio de la multiplicación de la diferencia de cargas y el área en cada celda de la malla, la sumatoria total de los diferenciales de volumen de cada celda. Esto quiere decir que Surfer realiza el cálculo de la diferencia global entre cargas hidráulicas entre ambas superficies, multiplicada por el área total del balance, y por tanto, calcula la diferencia de volumen de agua entre las dos configuraciones o bien, $A_b * \Delta h$ (González, 2013).

En este proceso, el software utiliza tres métodos de integración: la regla trapezoidal, la regla trapezoidal de Simpson y la regla trapezoidal 3/8 de Simpson. Estas fórmulas de integración calculan el volumen contenido entre dos superficies definidas por grillas con los mismos límites geográficos.

Multiplicando el resultado obtenido del software por el rendimiento específico, se obtiene ΔV . Todo esto se observa en la Figura 53 a. y b.:

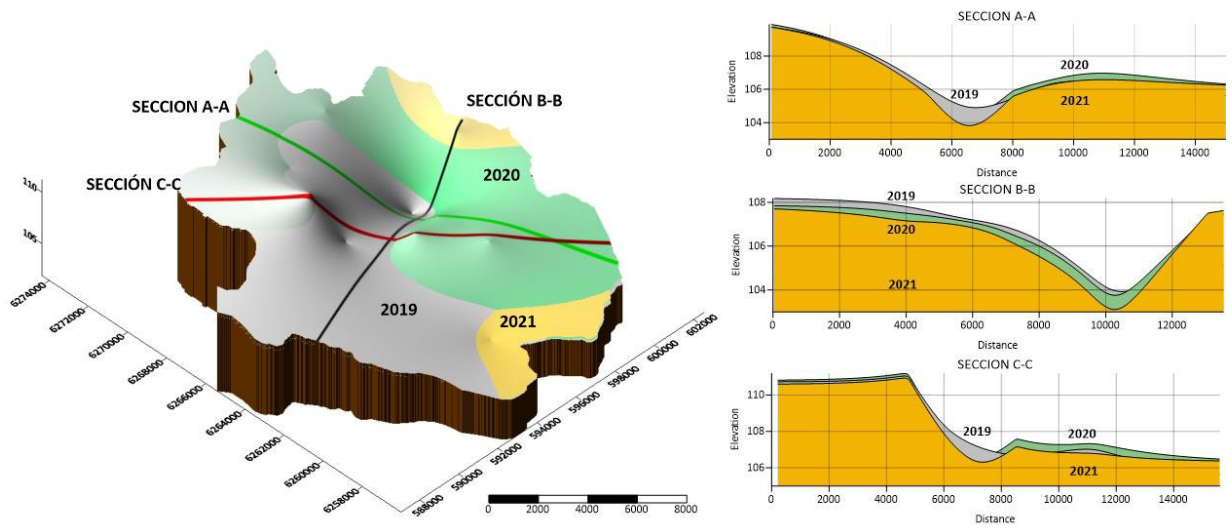


Figura 53 a.: Secciones de las superficies freáticas correspondientes a los años 2019, 2020 y 2021 y representación 3D de la superposición de las mismas.

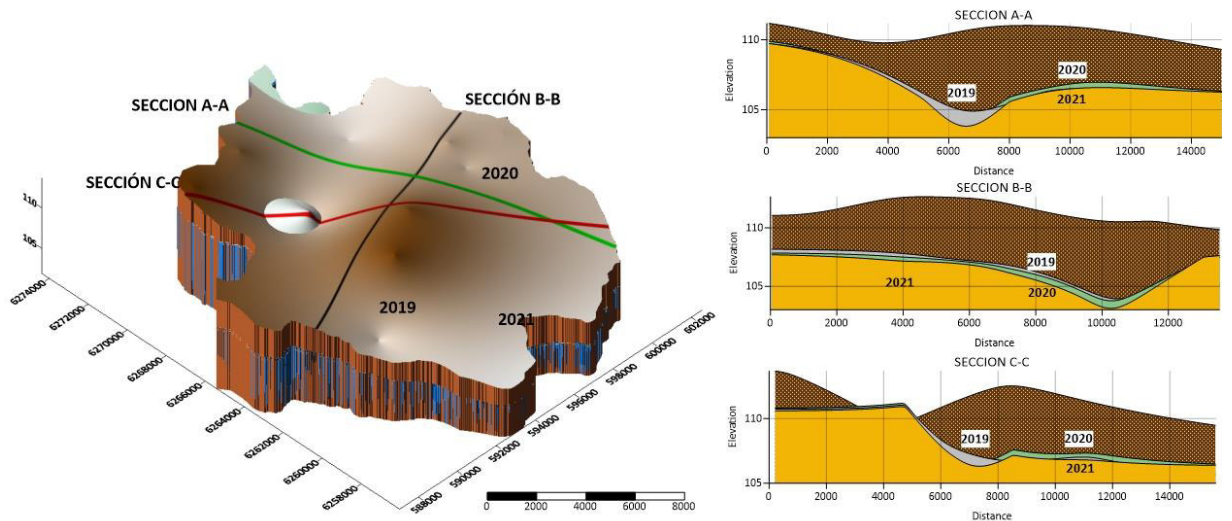


Figura 53 a.: Superficies freáticas en los años 2019, 2020 y 2021 y comparación con la superficie del terreno.

El rendimiento específico se define como la relación entre el volumen de agua que un suelo o una roca saturada puede proporcionar por gravedad y el volumen total de la roca o el suelo. El rendimiento específico suele expresarse como un porcentaje. El valor no es definitivo, ya que la cantidad de agua que drenará por gravedad depende de variables como la duración del drenaje, la temperatura, la composición mineral del agua y varias características físicas de la roca o el suelo en consideración. No obstante, los valores de rendimiento específico ofrecen un



medio conveniente para estimar las capacidades de producción de agua de los materiales terrestres y, como tal, son muy útiles en estudios hidrológicos (Jhonson, 1967).

Para este cálculo, se adoptó un rendimiento específico del 7%, correspondiente a una textura franco limosa, como se indica en el libro "Specific Yield-Compilation of Specific Yields for Various Materials" del USGS. Principio del formulario

En las Figuras 54 y 55 se observan los volúmenes resultados obtenidos para cada período:

Volumes	
Z Scale Factor:	1
Total Volumes by:	
Trapezoidal Rule:	30074327.837205
Simpson's Rule:	30076099.071752
Simpson's 3/8 Rule:	30073657.189164
Cut & Fill Volumes	
Positive Volume [Cut]:	50755195.418135
Negative Volume [Fill]:	20680867.580932
Net Volume [Cut-Fill]:	30074327.837204

Figura 54: Volumen obtenido para los años 2019-2020

Volumes	
Z Scale Factor:	1
Total Volumes by:	
Trapezoidal Rule:	-27538256.77934
Simpson's Rule:	-27538410.38716
Simpson's 3/8 Rule:	-27538260.24092
Cut & Fill Volumes	
Positive Volume [Cut]:	4257229.6389981
Negative Volume [Fill]:	31795486.418338
Net Volume [Cut-Fill]:	-27538256.779339

Figura 55: Volumen obtenido para los años 2020-2021

Luego, calculamos ΔV para el período 2019-2020:

$$\Delta V = 30073657,19 \text{ m}^3 * 0,07 = 2.105.155,99 \text{ m}^3 = 2,10 \text{ hm}^3$$

Para el período 2020-2021:

$$\Delta V = -27538256,77 \text{ m}^3 * 0,07 = -1.927.677,92 \text{ m}^3 = -1,92 \text{ hm}^3$$

La interpretación del signo de ΔV surge de comparar geográficamente y en el tiempo las profundidades de cada freatímetro y como ascendió o descendió el nivel freático.



Debido a que las superficies representadas son tres y corresponden a los años, 2019, 2020 y 2021, para el análisis nos posicionamos en el último año de medición y miramos con respecto al anterior, la situación actual. Por lo tanto, el valor positivo implica una recarga al acuífero, mientras que el valor negativo representa una salida del mismo.

Los resultados revelan que durante el período 2019-2020 se registró una incorporación neta de 2,10 hm³ al acuífero, indicando un saldo positivo entre las entradas y salidas de agua. Sin embargo, en el período 2020-2021, se observa una mayor salida de agua en comparación con las entradas, lo cual resultó en una reducción de 1,92 hm³ del almacenamiento.

10. MAPAS DE PROFUNDIDAD COMO HERRAMIENTAS PARA EL EJERCICIO DE LA PROFESIÓN

En esta sección, se presentan mapas que representan las variaciones de las profundidades del nivel freático en condiciones mínimas y máximas. Estos mapas se generaron utilizando datos recopilados por el Laboratorio de Medio Ambiente a través de la Red de Freatímetros, desde el inicio de su implementación en el año 2019, los mismos se ven plasmados en la Tabla 31.

Freatímetros	X	Y	PROF. JUNIO 2020	PROF. DICIEMBRE 2020
E.B. Angel Lozano (Azcoaga y RN N°8)	593374,8	6266987,1	-1,72	-2,26
E.B. Chacra 38 (Eva Peron y Begnis)	597934	6263699	-2,65	-3,07
Barrio Cunelen	597997,2	6270843,6	-0,78	-1,27
Cementerio	592974	6263228,4	-5,72	-5,85
E.B. Central cloacas	597847,3	6264950,3	-4,28	-5,42
E.B. Juan XXIII	593766,6	6265552,1	-2,65	-2,69
E.B. Parque industrial (Corelli y Gamier)	597590,9	6262048,7	-3,61	-4,02
Escuela 789 - B° Santa Rosa	594652,6	6269305,3	-1,38	-1,85
Estancia La Victoria	594628,7	6258994,2	-1,84	-2,02
FFCC	595965,5	6264224,5	-5,58	-6,03
Planta de reciclaje y relleno sanitario	601104,8	6267212,1	-2,79	-2,8
Planta potabilizadora	598288,5	6266694,4	-8,94	-9,94
Plaza San Martín	595461,4	6265636,1	-8,68	-8,8

Tabla 31: Valores de profundidades utilizados en los mapas de isoprofundidad.

Además se utilizaron cotas del Instituto Geográfico Nacional para modelar la superficie topográfica, los mismos se ven en la Tabla 32:



PUNTO FIJO	ZONA	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	TIPO	COTA (Chapa Pilar)
PF35N(73)	20 H	599810.48 m E	6266273.59 m S	Alta Precisión	110.789
PF36N(73)	20 H	601682.23 m E	6265382.11 m S	Alta Precisión	110.292
PF32N(73)	20 H	593148.11 m E	6262348.80 m S	Alta Precisión	113.629
PF34N(73)	20 H	599433.94 m E	6265008.41 m S	Alta Precisión	110.126
PF33N(73)	20 H	595383.70 m E	6263913.08 m S	Alta Precisión	113.275
PF31N(73)	20 H	590772.13 m E	6260819.23 m S	Precision	109.218
PF1n(79)A	20 H	597950.14 m E	6269567.24 m S	Precision	108.777
PF2n(79)A	20 H	599324.68 m E	6272279.16 m S	Precision	108.207
PF1n(79)C	20 H	593232.85 m E	6267341.13 m S	Precision	109.218
PF2n(79)C	20 H	590619.09 m E	6270175.46 m S	Precision	113.711
PF7n(79)e	20 H	593601.09 m E	6270781.29 m S	Topográfica	112.443
PF4n(77)d	20 H	593431.01 m E	6254213.96 m S	Topográfica	106.539
PF2n(79)d	20 H	586044.72 m E	6263071.59 m S	Topográfica	112,87

Tabla 32: Cotas obtenidas del Instituto Geográfico Nacional.

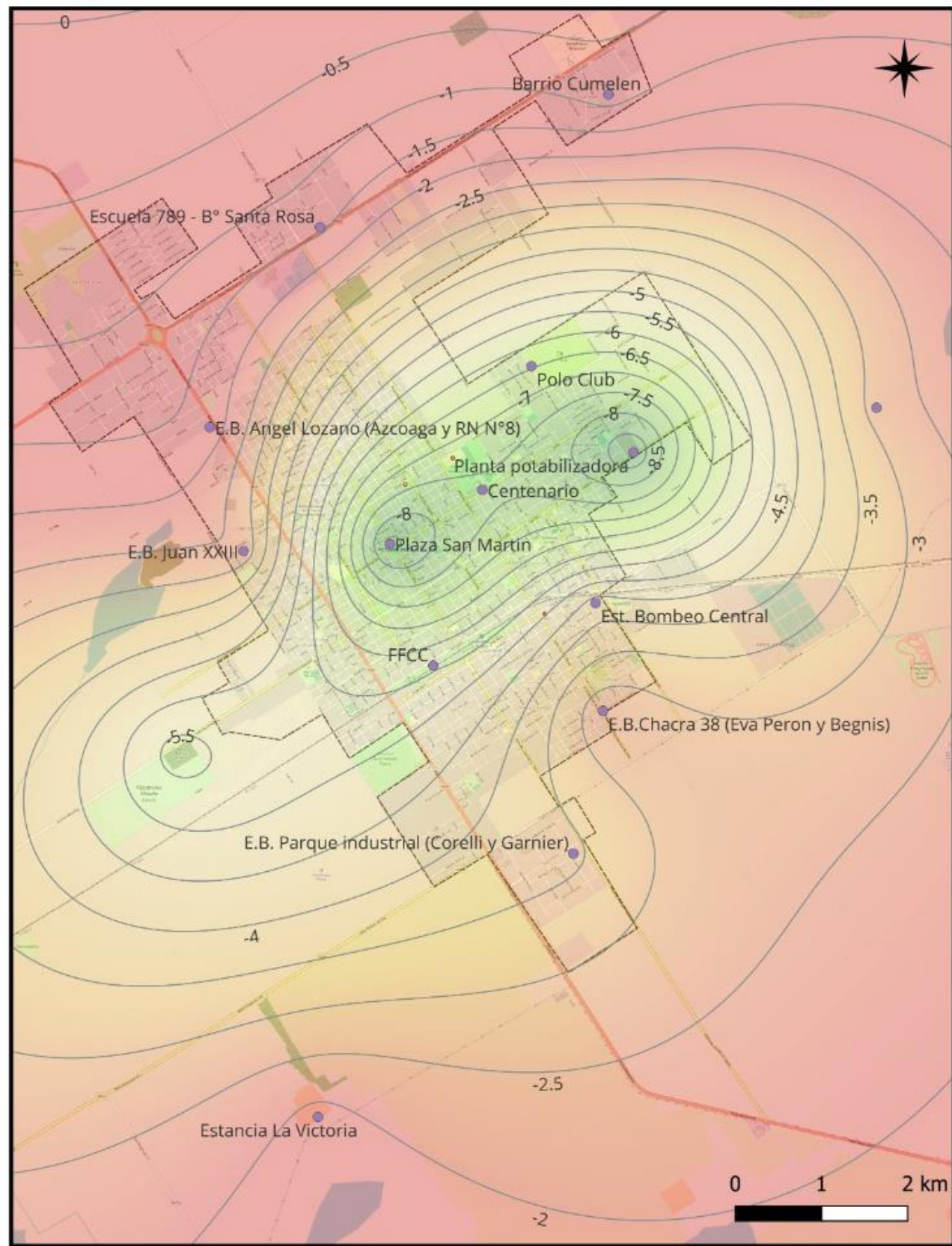
Para la elaboración de los mapas, se utilizó el software Surfer, el cual permite realizar interpolaciones para obtener las profundidades en aquellas áreas donde no se disponen de mediciones directas.

Actualmente, existe una falta de datos significativa en cuanto a las profundidades del nivel freático a lo largo de la ciudad. Esta carencia de información dificulta la toma de decisiones en relación con la planificación y ejecución de obras que involucran el uso del espacio subterráneo, como la construcción de bases estructurales, submuraciones, pozos absorbentes, sistemas de alcantarillado, entre otras.

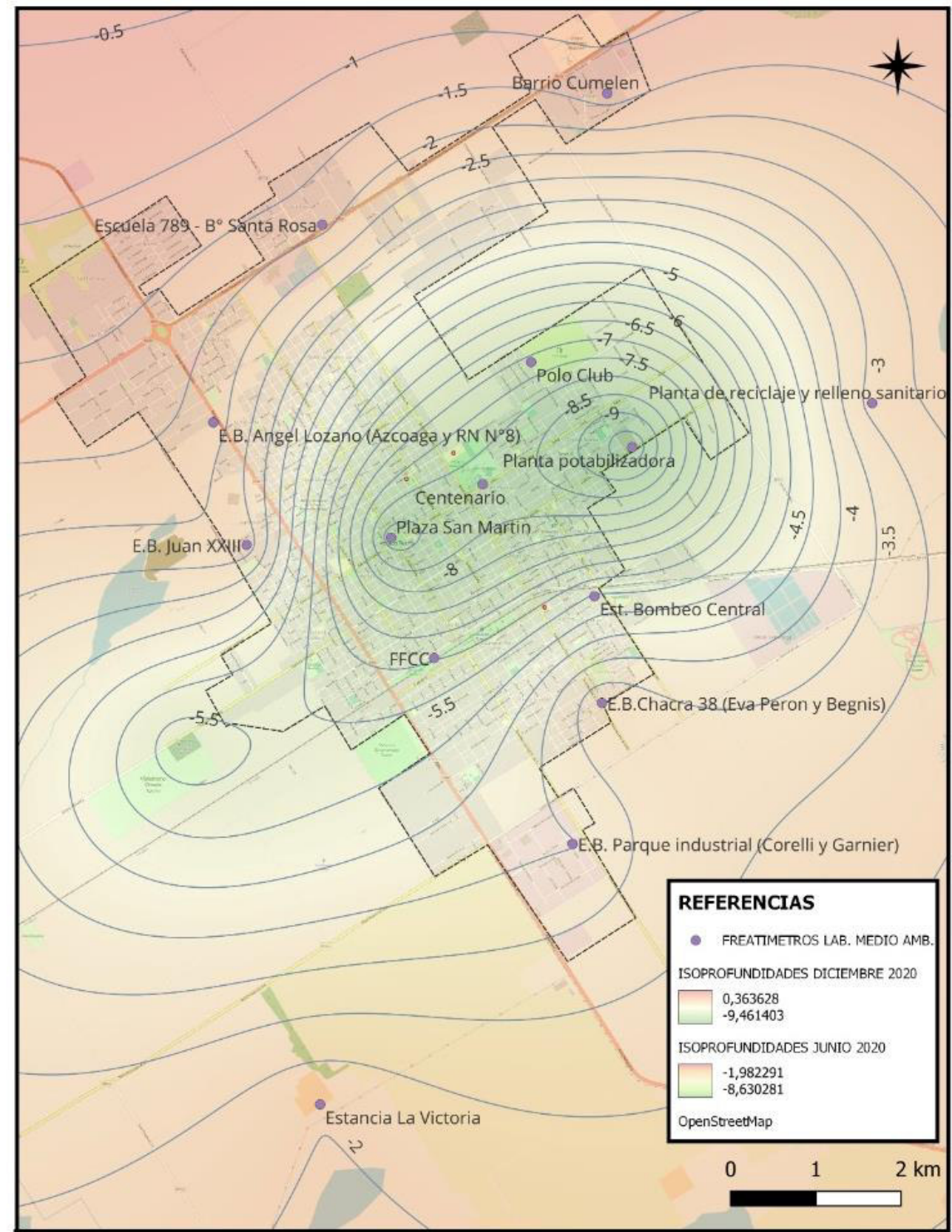
La disponibilidad de datos precisos sobre las profundidades del nivel freático es fundamental para realizar un diseño adecuado y tomar decisiones para la construcción y desarrollo de infraestructuras subterráneas en entornos urbanos. Estos datos permiten evaluar el impacto de las fluctuaciones del nivel freático en las estructuras y determinar las medidas de mitigación necesarias para garantizar la estabilidad y el funcionamiento efectivo de las obras.

Es necesario destacar la importancia de realizar un monitoreo continuo y sistemático del nivel freático en la ciudad, con el fin de recopilar datos actualizados y precisos lo cual facilitará la toma de decisiones en el ámbito de la ingeniería civil y aquellas otras ramas profesionales que puedan verse involucradas con esta temática.

En la Figura 56 se observan los mapas obtenidos:



ISOPROFUNDIDADES JUNIO 2020 VALORES MÍNIMOS
VENADO TUERTO



ISOPROFUNDIDADES DICIEMBRE 2020 VALORES MÁXIMOS
VENADO TUERTO

REFERENCIAS	
●	FREATIMETROS LAB. MEDIO AMB.
ISOPROFUNDIDADES DICIEMBRE 2020	
0,363628	-9,461403
ISOPROFUNDIDADES JUNIO 2020	
-1,982291	-8,630281
OpenStreetMap	

Figura 56: Mapas de isoprofundidad del nivel freático, valores mínimos y máximos, correspondientes a junio y diciembre del 2020

Los años y meses seleccionados para la generación de los mapas de isopropundidad fueron del mismo año, 2020 y modelados los meses de junio, para valores mínimos y diciembre para valores máximos. Fueron seleccionados entre los datos disponibles por ser los de mayor cantidad, facilitando su precisión de interpolación y además por ser los máximos y mínimos valores en las muestras obtenidas en las mediciones realizadas y analizadas.

Se observa en los mapas de mínimos, condición posterior a periodos de lluvia como son los meses de diciembre, enero y febrero, que el valor más bajo se tiene en Barrio Cumelen con un valor de 0,78m. Le siguen los lugares cercanos a Estancia La Victoria, Estación de Bombeo de Calle Azcoaga y Escuela N°789 con valores 1,84m y 1,72m 1,38m, respectivamente. En un mismo panorama también vemos que los puntos con niveles freáticos mas alejado a la superficie terrestre como son la Plaza San Martin y Planta Potabilizadora se encuentran a 8,68m y 8,94m respectivamente.

En el mes de diciembre de 2020, valores máximos correspondientes a periodos de lluvia poco abundantes como son mayo, junio, julio, agosto, septiembre, se tienen las profundidades mas bajas en los mismos lugares que el análisis anterior teniendo los valores de 1,27m, 1,84m, 2,02m y 2,27m en Barrio Cumelen, Escuela N°789, Estancia La Victoria y Estacion de Bombeo Cenrtal de Calle Azcoaga, respectivamente. En los sectores terrestre mas alejados de su nivel freático se encuentran a 9,94m y 8,80 para Planta Potabilizadora y Plaza San Martin, respectivamente.

Por último, incorporamos un código QR para escanear con un dispositivo móvil así los usuarios podrán ser redirigidos automáticamente a una nube donde podrán visualizar los mapas de isopropundidad en buena calidad y en constante actualización (Figura 57).



Figura 57: Código QR para acceder a los mapas de isopropundidad.



11. DISCUSIONES

Acerca de la problemática planteada

Según la problemática planteada, se observó un fenómeno de inundación en ciertos barrios de la ciudad en días de lluvias abundantes en el año 2019. Una de las hipótesis planteadas para explicar estas inundaciones fue el aumento del nivel freático en relación con el nivel topográfico. Sin embargo, luego de analizar los mapas de equipotenciales y compararlos con la superficie terrestre generada a partir de niveles del IGN, se encontró que este fenómeno solo ocurre en el Área Recreativa Norte, donde el agua subterránea aflora.

En el resto de los barrios, el nivel freático se encuentra distante a la superficie terrestre y las inundaciones en esos años podría estar más relacionada a los bajos relativos en los cuales se ubican estos barrios y a las características de los conductos pluviales de la ciudad, lo cual supera la temática de estudio del presente trabajo.

Acerca de impermeabilización, uso del suelo y escurrimiento

Los resultados de la clasificación demostraron la importancia de conservar los parámetros y medidas que evitan una impermeabilización completa de la ciudad. Se observó cómo la recarga hídrica se ve afectada por las precipitaciones, que deberían ser especialmente significativas durante períodos de lluvia normales, debido a los diferentes usos del suelo y las coberturas. Las áreas extensas de impermeabilización resultan en un mayor escurrimiento superficial y una menor recarga. La cuantificación del grado de impermeabilización a través de la clasificación reveló que, en general, la ciudad cuenta con una cantidad considerable de áreas verdes.

Acerca de precipitaciones, recargas y oscilaciones del nivel freático

Durante el análisis de los datos, se observó que el año con mayor cantidad de precipitaciones mostró una recarga ligeramente más significativa, respaldando la idea de que un mayor volumen de lluvia se relaciona con una mayor recarga hídrica. Sin embargo, al examinar los niveles de diferentes freatómetros, muchas veces no se observó una correspondencia directa con este patrón. Esto sugiere que podría haber comportamientos localizados influenciados por factores antrópicos o eventos puntuales, que afectaron el comportamiento del nivel freático.

Es importante tener en cuenta que este análisis se realizó durante años caracterizados por precipitaciones por debajo de la media, lo que resultó en un balance hídrico deficitario en varios días estudiados. Esto significa que la demanda de agua de las plantas superó la disponibilidad de agua en el suelo, generando un desequilibrio entre la entrada y salida de agua en el sistema



suelo-plantas-atmósfera. Bajo estas condiciones, cuando se recibieron precipitaciones, la recarga al acuífero fue limitada, ya que gran parte del agua se perdió por evapotranspiración, sin infiltrarse en las capas más profundas del suelo.

Además, es fundamental considerar la distribución temporal de las precipitaciones. Dado que la capacidad de campo del suelo en esta zona es alta, cuando no hubo eventos de lluvia adicionales poco después de una precipitación, el agua se retuvo en el suelo debido a su capacidad de almacenamiento. Luego, esta agua evapotranspiró, lo que no dejó un excedente para recarga significativa del acuífero.

Asimismo, es necesario tener en cuenta que cuando las precipitaciones superaron los umbrales de esorrentía correspondientes a cada entorno (urbano o rural), el suelo no pudo absorber completamente el agua, lo que resultó en escurrimiento superficial en lugar de infiltración.

Es importante destacar que esta discusión se basa en condiciones específicas y en un período relativamente corto, lo que resultó en series de datos limitadas debido al poco tiempo de existencia de la red de freatímetros. Si bien las precipitaciones son el factor más significativo en el balance hídrico, se enfatiza la complejidad del comportamiento de los niveles freáticos y se subraya la importancia de considerar factores adicionales, más allá de la cantidad anual de las mismas.

Sobre variación de almacenamiento y diferencias en los resultados de cada método

Para calcular la variación de almacenamiento en el acuífero, se implementó una metodología que utiliza dos enfoques distintos, el método de la variación de la superficie freática y el balance hídrico. La utilización de ambos enfoques se justifica por la intención de aprovechar los datos de campo medidos a través de la red de freatímetros en el primer caso, y por otro lado, cuantificar las variables involucradas en el proceso hídrico y evaluar su magnitud en los volúmenes totales, en el segundo caso.

El método de la variación de la superficie freática se basa en evaluar los cambios en la posición vertical de la superficie freática a lo largo del tiempo, mientras que el método del balance hídrico cuantifica las variables consideradas en el modelo conceptual.

Los resultados obtenidos mediante ambos métodos revelaron discrepancias. Estas diferencias en los resultados pueden atribuirse a varias razones.

En primer lugar, es importante tener en cuenta que el método de la variación de la superficie freática puede verse afectado por limitaciones, como su sensibilidad a factores



locales, la variabilidad temporal, y la incertidumbre del rendimiento específico. Este último no se obtuvo empíricamente en el área de estudio, sino que se seleccionó un valor teórico considerando la textura del suelo y tomando como hipótesis un suelo homogéneo, lo cual no es cierto. Además, la falta de mediciones continuas limita la cantidad de datos disponibles para cargar en el software, lo que afecta las estimaciones.

Por otro lado, el balance hídrico también presenta sus propias limitaciones, principalmente relacionadas con la incertidumbre inherente de las variables involucradas para estimar las entradas y salidas.

Lo interesante de todo esto es que ambos métodos podrían complementarse mutuamente para realizar una validación cruzada de los resultados obtenidos. Los datos y resultados del método de la variación de la superficie freática podrían utilizarse para calibrar y validar los resultados del balance hídrico, y viceversa. Esto contribuiría a mejorar la confiabilidad y precisión de las estimaciones, así como a un mejor entendimiento del funcionamiento hidrológico del sistema. Es fundamental continuar con el monitoreo sistemático del nivel freático para obtener series de datos más largas y robustas con las que trabajar.

12. TAREAS FUTURAS

Mediante una revisión crítica de lo realizado en este trabajo, hemos identificado diversas oportunidades para optimizar métodos y enfoques, así como la necesidad de abordar aspectos adicionales que enriquecerán esta investigación. En consecuencia, nuestras tareas futuras se centrarán en alcanzar una mayor precisión en la comprensión del fenómeno estudiado, lo cual nos permitirá ajustar lo realizado hasta el momento y además lograr más avances significativos.

Una de las acciones consistirá en ampliar la red de freatómetros en puntos estratégicos, con el fin de obtener una mayor cantidad de información en zonas específicas. Además, pretendemos adquirir nuevo instrumental para el laboratorio, lo que nos permitirá realizar mediciones de manera independiente, sin depender de factores externos como la disponibilidad del equipo humano del laboratorio o situaciones como una pandemia. Esto asegurará un monitoreo sistemático y la generación de series de datos robustas. Asimismo, planeamos llevar a cabo nuevos ensayos para ajustar parámetros, como la determinación de transmisividades. Además, exploraremos la aplicación de otros métodos para obtener balances hídricos y evaluar la variación del almacenamiento, lo que nos brindará la oportunidad de realizar comparaciones y ajustes.



Además, nos proponemos desarrollar un modelo matemático del flujo subterráneo. Este modelo nos permitirá simular la dinámica del flujo de agua en el subsuelo, brindando una herramienta invaluable para analizar escenarios y realizar predicciones.

Por último, nos proponemos mantener actualizada la información generada continuamente para que pueda estar disponible y sea de utilidad a la comunidad científica y profesionales interesados.

Con estas tareas futuras, esperamos fortalecer la robustez de nuestra investigación, proporcionando una base sólida para profundizar en la comprensión del fenómeno estudiado y generar nueva información de relevancia en el campo de estudio.

13. CONCLUSIONES

En este proyecto final, hemos generado información valiosa para la zona. Así como material técnico útil a través del monitoreo, caracterización topográfica, análisis de precipitaciones, desarrollo de un modelo conceptual y modelación del acuífero.

La nivelación, a pesar de los obstáculos que enfrentamos, como la falta de cotas precisas y confiables para el trabajo con nivel óptico y las interferencias propias de una ciudad que afectan la señal del GPS, se completó exitosamente, entregando información esencial para este estudio. Esta base de datos está disponible para futuros estudios de cualquier tipo.

Los mapas de equipotenciales y la red de flujo obtenidos mediante el uso de software de mapeo y geoestadística mostraron cómo el agua subterránea ingresa desde el noroeste y se dirige hacia el sur. Se observó que las líneas de flujo divergen en las partes altas de la zona noroeste, evidenciando una zona de recarga del acuífero, y convergen hacia la zona de la laguna "Estancia La Victoria", lo que indica una zona de descarga. Además, se observó que el flujo es convergente hacia las zonas donde se realizan bombeos localizados, formando un cono de depresión que representa una zona de descarga forzada.

A través del análisis del modelado en 3D de las superficies freáticas en relación con la superficie del terreno, se evidenció que las inundaciones en los barrios mencionados en la problemática, no se produjeron por surgencia del agua subterránea, excepto en el sector del Área Recreativa Norte, donde se observó que en períodos con abundantes precipitaciones el agua subterránea se manifiesta superficialmente en el bajo.

Se demostró en los mapas de clasificación de áreas permeables e impermeables la importancia de las medidas aplicadas por el gobierno municipal para regular y controlar dichas



zonas. Se observó que la ciudad cuenta con una cantidad importante de áreas verdes, lo cual disminuye el escurrimiento superficial.

El análisis de los datos reveló una relación compleja entre las precipitaciones y la recarga hídrica en el acuífero. Aunque el año con mayor precipitación mostró una recarga ligeramente mayor, se observaron comportamientos localizados influenciados por factores antrópicos o eventos puntuales. Además, las condiciones de precipitaciones por debajo de la media y la distribución temporal de las mismas afectaron la recarga, con una evapotranspiración significativa y escurrimiento superficial en lugar de infiltración eficaz.

La identificación de las variables que influyen en los volúmenes de entrada y salida al acuífero nos ha permitido tener un panorama más claro de cómo afectan y en qué magnitud cada una de ellas. Esto también brinda herramientas para la regulación de las actividades de uso del recurso en el sector de estudio.

La comparación de los métodos aplicados para evaluar la variación del almacenamiento en el acuífero mostró que ambos deben ser ajustados y revisados en base a las hipótesis y criterios aplicados a cada uno de ellos.

Los mapas de isopropundidad muestran las condiciones máximas y mínimas de los niveles del acuífero en el período estudiado y son información esencial al momento de realizar actividades que involucren el uso del espacio subterráneo. Es importante destacar que estos mapas se actualizarán continuamente para proveer información a la comunidad científica y/o a los profesionales interesados.

Las disciplinas aplicadas, como geotopografía, teledetección, hidrología, uso del recurso hídrico, estadística e ingeniería sanitaria, fueron fundamentales para el desarrollo y análisis de este estudio.

A través de este proyecto, hemos adquirido una comprensión más amplia del sistema hídrico subterráneo local, lo cual resulta fundamental para la toma de decisiones fundadas para la gestión y conservación responsable de estos recursos. La información generada nos brinda base para fomentar un uso equilibrado y sostenible de dicho recurso, teniendo en cuenta la importancia de monitorear y conocer el nivel freático al tomar decisiones relacionadas con el aprovechamiento del espacio subterráneo.



14. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Venado Tuerto por permitirnos la oportunidad de obtener un título de grado de manera gratuita. A todo su personal docente y no docente, por transmitirnos conocimientos durante todos estos años.

Además, agradecemos a nuestra directora Ing. Vilma Olivieri y a nuestro co-director Ing. Daniel Dabove por su dedicación a nuestro proyecto.

Al Laboratorio de Medio Ambiente de la UTN-FRVT y a todo su equipo humano.

Y también a todas aquellas personas que desinteresadamente estuvieron dispuestas a orientarnos con conocimientos técnicos y profesionales, ellos son:

Lic. en Geología Ma. Soledad Gualde, Ing. Agrimensor Pablo Molachino, Ing. Magalí Soria, Ignacio Huerga, Dr. Martín Silva Rossi, Ing. Nicolás Sanmarti, Teresa García Tolosana, Ing. Xavier Sánchez-Vila, Walter Meier, José Centarti y Esp. Alvaro Soldano.



15. BIBLIOGRAFÍA

Custodio, E. (2004). Hidrogeología Urbana: una nueva rama de la ciencia hidrogeológica. *Boletín Geológico y Minero*, 115, 283-288

Kruse, E., & Zimmermann, E. (2002, March). Hidrogeología de grandes llanuras. Particularidades en la llanura pampeana (Argentina). In *Workshop publication on Groundwater and Human development* (pp. 2025-2038).

Olorunfemi, K. O., Ibiwoye, E. O., & Adeleke, D. J. (2017, October). Assessment of the Effect of Underground Water on Civil Engineering Structures-A Case Study of Gaa-Odota, Ilorin. In *International Conference of Science, Engineering & Environmental Technology (ICONSEET)* (Vol. 2, No. 21, pp. 161-167)

Lanzaro, M. V., & D’Elia, M. P. (2021). AGUA SUBTERRÁNEA Y CONSTRUCCIONES SUBTERRÁNEAS EN ÁREAS URBANAS. EL CASO DE LA CIUDAD DE SANTA FE, PROVINCIA DE SANTA FE, ARGENTINA. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, (46), 25-42

Vázquez-Suñé, E., Sánchez-Vila, X., & Carrera, J. (2005). Introductory review of specific factors influencing urban groundwater, an emerging branch of hydrogeology, with reference to Barcelona, Spain. *Hydrogeology Journal*, 13(3), 522-533

Pueblo Regional, (2020, 17 de febrero). “Lluvia en Venado: Municipalidad y bomberos intervienen en distintos puntos críticos”. <https://puebloregional.com.ar/lluvia-en-venado-municipalidad-y-bomberos-intervienen-en-distintos-puntos-criticos/>

UNO SANTA FE, (2021, 9 de abril). “Venado Tuerto está bajo agua tras un temporal”. <https://www.unosantafe.com.ar/santa-fe/venado-tuerto-esta-agua-un-temporal-n2652859.html>

Consejo Municipal Venado Tuerto, (2015). “ORDENANZA N° 4605/15 - ESTABLECE UN MARCO NORMATIVO PARA LA INCORPORACIÓN DE SISTEMAS DE REGULACIÓN DE EXCEDENTES PLUVIALES”. <https://www.concejovenadotuerto.gov.ar/item/4464-ordenanza-n%C2%BA-4605-15-establece-un-marco-normativo-para-la-incorporaci%C3%B3n-de-sistemas-de-regulaci%C3%B3n-de-excedentes-pluviales.html>

La Capital, (2021, 9 de abril). “Venado Tuerto bajo agua: varios barrios inundados y casi 80 evacuados”. <https://www.lacapital.com.ar/la-region/venado-tuerto-agua-varios-barrios-inundados-y-casi-80-evacuados-n2652811.html>

Informe final Red de Freatímetros Venado Tuerto, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Venado Tuerto.



Chebli, G., Mozetic, M., Rosello, E. y Bühler, M. 1999 – Cuencas sedimentarias de la Cuenca Chacopampeana. En Geología Argentina – Instituto de Geología y Recursos Minerales (R. Caminos, ed.). Anales, 29:627-644.

Iriondo, M. 1987 – Geomorfología y Cuaternario de la provincia de Santa Fe. D’Orbignyana, 4:1-54. Corrientes.

Iriondo, M. (1999). Climatic changes in the South American plains: records of a continent-scale oscillation. Quaternary International, 57, 93-112.

Iriondo, M. H. (2012). Aguas superficiales y subterráneas de la provincia de Santa Fe. Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino.

Iriondo, M. y D. Kröhling, 1995. El Sistema Eólico Pampeano. Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino" (N.S.) 5(1):1-68. Santa Fe.

Kröhling, D. M. (1999). Sedimentological maps of the typical loessic units in North Pampa, Argentina. Quaternary International, 62(1), 49-55.

Ramos, V. A. (1999). Las provincias geológicas del territorio argentino. Geología Argentina, 29(3), 41-96.

Auge M. (2004). Regiones Hidrogeológicas. Investigación del CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas).

Martin, R. R. (2014). *Meteorología regional: el clima en la Pampa Húmeda*. Iracema Ediciones.

Gutiérrez, G. D., & Manzi, M. (2011). Groundwater flow patterns in a Pampean plain under agricultural use. Hydrological Processes, 25(22), 3472-3482.

Van de Ven, F. H. M. (1990). Water balances of urban areas. *INT ASSOC OF HYDROLOGICAL SCIENCES, WALLINGFORD, (ENGL). 1990.*

Apunte “Trazado e interpretación de superficies piezométricas” de la cátedra Hidrología Subterránea de la UPCT.

González de Vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería geológica*. Pearson Educación.

Hidráulica Subterránea. Principios Básicos. Sánchez (2003)

Todd, D. K., & Mays, L. W. (2005). Groundwater Hydrology, Third Edition. John Wiley and Sons, Inc.

Actualización del Apunte de Climatología y Fenología Agrícolas del CEA 1979, basado en las clases teóricas del Ing. Agr. Edmundo Damario. EVAPOTRANSPIRACIÓN Y BALANCE HIDROLÓGICO DEL SUELO. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 2020



Thornthwaite, C. W., & Mather, J. R. (1957). *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance* (No. RESEARCH). Centerton.

Apunte de la cátedra Hidrología Subterránea en UPCT. 2008

F. Javier Sánchez San Román. Dpto. Geología Universidad de Salamanca. Cálculo de la Evapotranspiración Potencial mediante la fórmula de Hargreaves.

https://salidaypuestadelsol.com/sun/venado_tuerto para el número de horas luz

Rizzardi, S., & Calvo, G. (2019). Sistema radicular de los árboles en ámbitos urbanos.

De Paoli, F. (2016). *La evaluación de la recarga al acuífero del Norte de Gran Canaria mediante el balance de agua en el suelo* (Master's thesis).

Naranjo, G., Cabrera, M. C., Cruz-Fuentes, T., Martín, L. F., & Custodio, E. (2015). Cuantificación de la recarga natural al acuífero del Norte de Gran Canaria mediante el balance diario de agua en el suelo. *Estudio, Aprovechamiento y Gestión del Agua en Terrenos e Islas Volcánicas*, 247-254.

Cabrera Santana, M. D. C., Paoli, F. D., Naranjo, G., Cruz-Fuentes, T., Hernández Quesada, M. D. P., Estevez Navarro, E., ... & Custodio, E. (2016). La estimación de la recarga natural al acuífero del norte de Gran Canaria: Comparación de diferentes metodologías.

Villarroya, J., Farias, H., & Amarilla, M. (2013). Estimación del parámetro hidrológico del número de curva nc: Automatización del cálculo mediante sig y nuevas fuentes de información cartográfica. caso del área urbana de pozo hondo. IX Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA.

Balek, J. (1988). Groundwater recharge concepts. *Estimation of natural groundwater recharge*, 3-9.

Lerner, D. N. (1986). Leaking pipes recharge ground water. *Groundwater*, 24(5), 654-662.

Lerner, D. N. (1990). Groundwater recharge in urban areas. *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere*, 24(1), 29-33.

Bezmalinovich Lucrecia (2018). Análisis de la Capacidad Locativa de la Ciudad de Venado Tuerto. Proyecto Final de Grado.

Scioli, C., Vives, L. S., Burgos, M., & Martinez, S. N. (2013). Modelación del flujo subterráneo en la cuenca Matanza-Riachuelo, Provincia de Buenos Aires. In *VIII Congreso Argentino de Hidrogeología y VI Seminario Latinoamericano sobre Termas Actuales de la Hidrología Subterránea (La Plata, 17 al 20 de septiembre de 2013)*.



Dos Anjos, N. D. F. R. (1998). Source book of alternative technologies for freshwater augmentation in Latin America and the Caribbean. *International Journal of Water Resources Development*, 14(3), 365-398.

Government of Barbados, Stanley Associates Eng. Ltd., and Consulting Engineers Partnership Ltd. (1978). Barbados Water Resources Study, Vol. 3: Water Resources and Geohydrology.

Aguilar González, I. (2013). METODOLOGÍA PARA DESARROLLAR BALANCES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS: CASO ESTUDIO ACUÍFERO ALLENDE-PIEDRAS NEGRAS COAHUILA.

QUIROZ LONDOÑO, O. R. L. A. N. D. O., Martínez, D. E., & Massone, H. E. (2012). Evaluación comparativa de métodos de cálculo de recarga en ambientes de llanura. La llanura interserrana bonaerense (Argentina), como caso de estudio. *Dyna*, 79(171), 239-247.

SORIA, M., BASILE, P. A., RICCARDI, G., & TENTOR, F. (2019). Caracterización morfológica y Mapa de riesgo hidrológico en la parte alta del sistema hidrológico de llanura “Las Encadenadas” mediante aplicación de herramientas geomáticas. *AJEA*, (1).

<https://www.copernicus.eu/es/sobre-copernicus/infraestructura/estos-son-nuestros-satelites>

Arias, Zamora, Bolaños, 2014, METODOLOGÍA PARA LA CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA DE IMÁGENES ASTER, RAPIDEYE, SPOT 2 Y LANDSAT 8 CON EL MÓDULO FLAASH DEL SOFTWARE ENVI

Imagen satelital extraída de: <<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>>

<https://www.qgis.org/es/docs/index.html>

Álvarez Osorio, D. S., Cárdenas Contreras, A., y Matiz León, J. C. (2011). Modelos digitales batimétricos generados por métodos de interpolación IDW, KRIGING, SHEPARD y B-SPLINE en el Archipiélago de Islas del Rosario. *UD y la geomática*, (5), 3–14. <https://doi.org/10.14483/23448407.3641>

Velázquez, A. P. (2017). Método Kriging de inferencia espacial.

Sánchez Aspeytia, F. J., & Cortés Bracho, J. D. J. (2014). Aplicación de la teoría geoestadística en la estimación de la temperatura media anual en la región sureste del Estado de Coahuila, México.



16. ANEXO TABLAS



TABLAS NIVELACIÓN CON NIVEL ÓPTICO DE LA RED DE FREATÍMETROS

NIVELACION REALIZADA 24 DE JUNIO DE 2022

Freatímetro: PARQUE INDUSTRIAL							
ESTACIÓN	PTO	LECTURA			Comprobación	COTA	Observaciones
		Hi	Hs	Hm	(Hi+Hs)/2		
1	COTA CALLE	2,064	2,403	2,223	2,2335	110,200	Cota de calle
	ADELANTE	1,206	1,414	1,309	1,310	111,114	BROCAL SIN TAPA

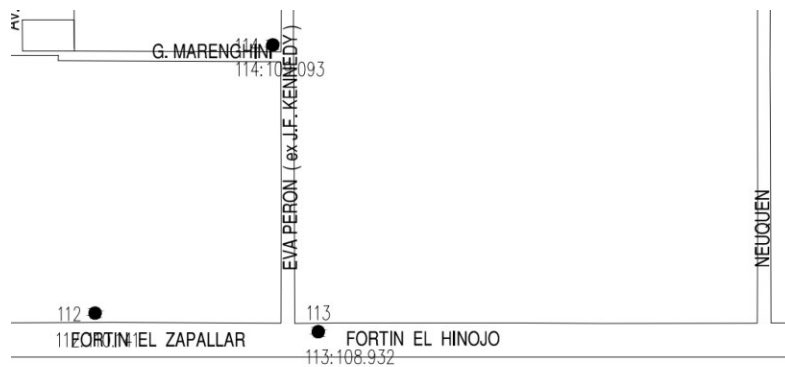
INFORME

El valor de cota esta dado a la parte superior del brocal de seguridad.

El valor de esa cota resulta 111,114 m

NIVELACION REALIZADA LA PRIMERA PARTE EL 3 DE JUNIO DE 2022 SEGUNDA PARTE EL 23 DE JUNIO DE 2022

Freatímetro: CHACRA 38								
ESTACIÓN	PTO	LECTURA			Comprobación	COTA	Observaciones	FECHA
		Hi	Hs	Hm	(Hi+Hs)/2			
1	PF113	0,342	1,233	0,785	0,7875	108,932	FORTIN EL ZAPALLAR Y SANTA F	3/6/2022
	ADELANTE	0,565	1,555	1,06	1,06	108,657		
2	ATRÁS	0,865	1,911	1,385	1,388	108,657		
	ADELANTE	0,611	2,316	1,465	1,464	108,577		
3	ATRÁS	0,927	2,01	1,469	1,4685	108,577		
	ADELANTE	0,845	1,78	1,315	1,3125	108,731		
4	ATRÁS	1,269	1,469	1,369	1,369	108,731		
	ADELANTE	0,844	0,97	0,907	0,907	109,193		
5	ATRÁS	0,974	1,029	1,002	1,0015	109,193		
	ADELANTE	0,761	0,837	0,799	0,799	109,396	BROCAL SIN TAPA	



INFORME

El valor de cota esta dado a la parte superior del brocal de seguridad.

El valor de esa cota resulta 109,396 m



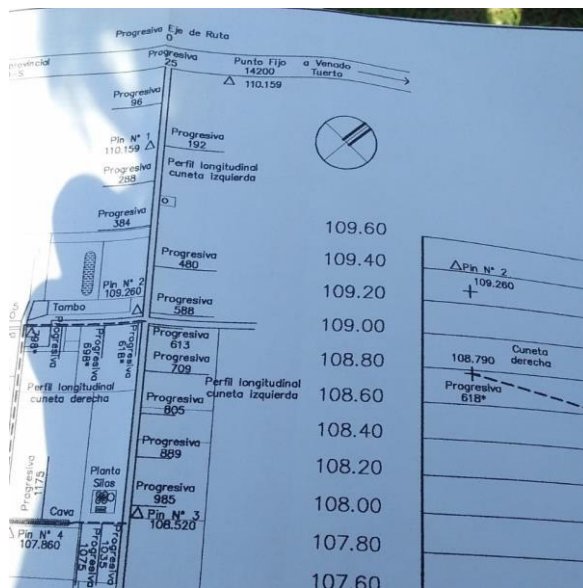
NIVELACION REALIZADA 16 DE MARZO DE 2022

Freatímetro: ESTANCIA LA VICTORIA							
ESTACIÓN	PTO	LECTURA			Comprobación	COTA	Observaciones
		Hi	Hs	Hm	(Hi+Hs)/2		
1	PF 14200	0,670	1,620	1,145	1,145	110,159	Punto fijo 14200
	ADELANTE	1,185	2,315	1,751	1,750	109,553	
2	ATRÁS	0,540	1,751	1,147	1,146	109,553	
	ADELANTE	0,995	2,235	1,615	1,615	109,085	
3	ATRÁS	0,632	1,920	1,275	1,276	109,085	
	ADELANTE	1,150	2,402	1,775	1,776	108,585	
4	ATRÁS	0,706	1,788	1,248	1,247	108,585	
	ADELANTE	0,929	2,351	1,640	1,640	108,193	
5	ATRÁS	0,935	2,151	1,543	1,543	108,193	
	ADELANTE	1,351	2,522	1,936	1,937	107,8	
6	ATRÁS	0,381	1,716	1,049	1,049	107,8	
	ADELANTE	1,188	2,129	1,659	1,659	107,19	
7	ATRÁS	0,681	1,716	1,049	1,199	107,19	
	ADELANTE	1,266	1,354	1,310	1,310	106,929	

En esta nivelacion se verifico que el nivel no tuviera error previamente debido a la distancia y movientos necesarios para nivelar.

Luego en el lugar una de las personar nos birndo un plano con la especificaciones de una nivelacion vieja donde se encontraban los puntos fijos utilizados con sus respectivos valores.

Afortunadamente se eligio y encontro un punto sobra ruta el ZAPALLAR en la entrada del lugar.



INFORME

El valor de cota esta dado a la parte superior del caño de pvc que se encuentra elevado del suelo.

El valor de esa cota resulta 106,929m



NIVELACION REALIZADA 29 DE OCTUBRE DE 2021

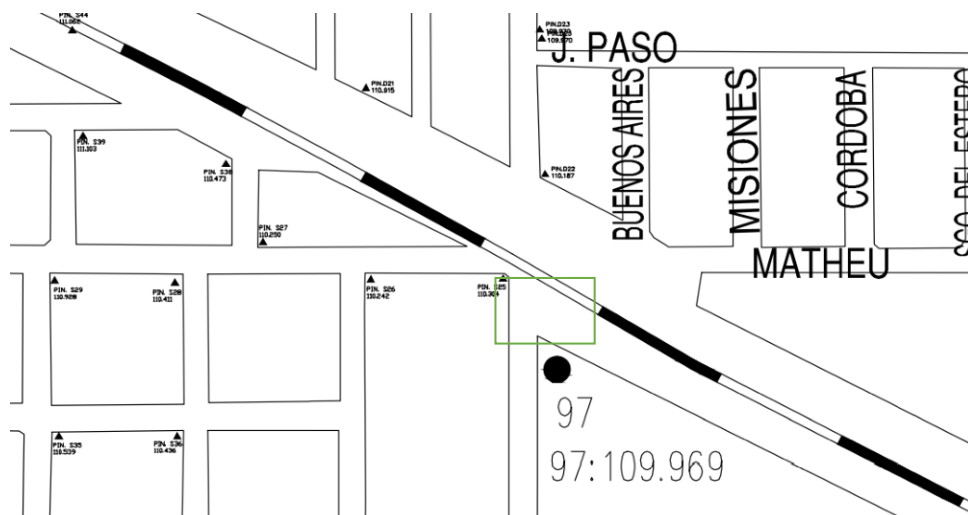
Freatímetro: Escuela Almafuerde							
ESTACIÓN	PTO	LECTURA			Comprobación	COTA	Observaciones
		Hi	Hs	Hm	(Hi+Hs)/2		
1	PIN V13			0,808	0	112,263	Pinchote de la municipalidad
	ADELANTE	1,193	1,932	1,562	1,5625	111,509	
2	ATRÁS	1,174	1,961	1,57	1,5675	111,509	
	ADELANTE	1,359	2,219	1,789	1,789	111,290	
3	ATRÁS	1,54	1,941	1,74	1,7405	111,29	
	ADELANTE	1,207	1,621	1,415	1,414	111,615	
4	ATRÁS	0,891	1,791	1,336	1,341	111,615	
	ADELANTE	0,938	1,96	1,449	1,449	111,502	
5	ATRÁS	1,179	1,61	1,392	1,3945	111,502	
	ADELANTE	1,53	1,99	1,76	1,76	111,134	
6	ATRÁS	1,533	1,593	1,564	1,563	111,134	
	ADELANTE	1,284	1,353	1,317	1,3185	111,381	

INFORME

El valor de cota esta dado a la parte superior del caño de pvc que se encuentra elevado del suelo.
 El valor de esa cota resulta 111,38m

NIVELACION REALIZADA 6 DE DICIEMBRE DE 2021

Freatímetro: ESTACION DE BOMBEO CENTRAL							
ESTACIÓN	PTO	LECTURA			Comprobación	COTA	Observaciones
		Hi	Hs	Hm	(Hi+Hs)/2		
1	PIN S25	0,17	0,618	0,392	0,394	110,304	Pinchote de la municipalidad
	ADELANTE	0,981	1,372	1,176	1,1765	109,52	
2	ATRÁS	1,616	1,915	1,765	1,7655	109,52	
	ADELANTE	1,231	1,398	1,315	1,3145	109,97	
3	ATRÁS	1,563	1,598	1,58	1,5805	109,97	
	ADELANTE	1,286	1,323	1,305	1,3045	110,245	



INFORME

El valor de cota esta dado a la parte superior del caño de pvc que se encuentra elevado del suelo.
 El valor de esa cota resulta 110,245m



NIVELACION REALIZADA 29 DE MAYO DE 2020

Freatímetro: CEMENTERIO							
ESTACIÓN	PTO	LECTURA			Comprobación	COTA	Observaciones
		Hi	Hs	Hm	(Hi+Hs)/2		
1	PIN 78_P	0,291	1,289	0,79	0,79	112,511	Pinchote de la municipalidad
	ADELANTE	1,8	2,875	2,339	2,3375	110,962	
2	ATRÁS	0,738	1,739	1,239	1,2385	110,962	Nos subimos
	ADELANTE	0,48	1,699	1,09	1,0895	111,111	
3	ATRÁS	0,929	1,861	1,396	1,395	111,111	
	ADELANTE	0,715	1,69	1,201	1,2025	111,306	
4	ATRÁS	0,867	1,718	1,292	1,2925	111,306	
	ADELANTE	0,929	1,95	1,439	1,4395	111,159	
5	ATRÁS	0,725	1,61	1,169	1,1675	111,159	
	ADELANTE	0,693	1,701	1,199	1,197	111,129	
6	ATRÁS	0,781	1,675	1,229	1,228	111,129	
	ADELANTE	0,665	1,703	1,185	1,184	111,173	
7	ATRÁS	0,995	1,89	1,442	1,4425	111,173	
	ADELANTE	0,58	1,58	1,08	1,08	111,535	
8	ATRÁS	1,196	2,11	1,653	1,653	111,535	
	ADELANTE	0,563	1,578	1,07	1,0705	112,118	
9	ATRÁS	1,03	2,031	1,531	1,5305	112,118	
	ADELANTE	1,199	1,64	1,421	1,4195	112,228	
10	ATRÁS	1,591	1,768	1,68	1,6795	112,228	Ultimo (abrimos portones)
	ADELANTE	0,982	1,187	1,085	1,0845	112,823	A la tapa del freatimetro

INFORME

El valor de cota esta dado a la parte superior del brocal de hormigon que tiene por seguridad.
 El valor de esa cota resulta 112,823m.

NIVELACION REALIZADA 12 DE JUNIO DE 2021

Freatímetro: POLO							
ESTACIÓN	PTO	LECTURA			Comprobación	COTA	Observaciones
		Hi	Hs	Hm	(Hi+Hs)/2		
1	PIN 78_P	0,371	0,458	0,405	0,4145	110,418	Pinchote de la municipalidad
	ADELANTE	0,69	0,79	0,74	0,74	110,083	
2	ATRÁS	1,15	1,562	1,358	1,356	110,083	
	ADELANTE	1,169	1,57	1,369	1,3695	110,072	
3	ATRÁS	1,365	1,928	1,645	1,6465	110,072	
	ADELANTE	1,18	1,772	1,476	1,476	110,241	
4	ATRÁS	1,322	1,596	1,459	1,459	110,241	
	ADELANTE	1,125	1,39	1,261	1,2575	110,439	
5	ATRÁS	2,051	2,165	2,1	2,108	110,439	
	ADELANTE	1,499	1,612	1,555	1,5555	110,984	
6	ATRÁS	1,434	1,519	1,476	1,4765	111,063	
	ADELANTE	1,239	1,338	1,289	1,2885	111,250	

INFORME

El valor de cota esta dado a la parte superior del caño de pvc que se encuentra elevado del suelo.
 El valor de esa cota resulta 111,25m



NIVELACIÓN REALIZADA 19 DE JUNIO DE 2021

Freatímetro: PLAZA SAN MARTIN							
ESTACIÓN	PTO	LECTURA			Comprobación	COTA	Observaciones
		Hi	Hs	Hm	(Hi+Hs)/2		
1	PFMVT	1,273	1,78	2	1,5265	114,290	PUNTO FIJO MUNICIPAL PLAZA SAN MARTIN
	ADELANTE	1,041	1,539	1,29	1,29	114,525	

INFORME

El valor de cota esta dado a la parte superior del caño de pvc que se encuentra al raz del piso.
 El valor de esa cota resulta 114,525m

NIVELACION REALIZADA 19 DE JUNIO DE 2021

Freatímetro: FERROCARRIL							
ESTACIÓN	PTO	LECTURA			Comprobación	COTA	Observaciones
		Hi	Hs	Hm	(Hi+Hs)/2		
1	PF519N12	0,81	1,303	1,057	1,0565	112,915	PUNTO FIJO IGM
	ADELANTE	1,019	1,678	1,349	1,3485	112,623	
2	ATRÁS	1,2	1,925	1,565	1,5625	112,623	
	ADELANTE	1,060	1,720	1,390	1,390	112,798	
3	ATRÁS	0,893	1,644	1,269	1,2685	112,798	
	ADELANTE	0,725	1,444	1,085	1,0845	112,982	
4	ATRÁS	0,702	0,774	0,738	0,738	112,982	
	ADELANTE	0,465	0,515	0,49	0,49	113,230	

INFORME

El valor de cota esta dado a la parte superior del brocal de seguridad.
 El valor de esa cota resulta 113,230m

NIVELACION REALIZADA 28 DE AGOSTO DE 2021

Freatímetro: PLANTA POTABILIZADORA							
ESTACIÓN	PTO	LECTURA			Comprobación	COTA	Observaciones
		Hi	Hs	Hm	(Hi+Hs)/2		
1	PIN 78_P		0,313	0,25	0,1565	111,504	Pinchote de la municipalidad
	ADELANTE	1,239	1,83	1,535	1,5345	110,219	
2	ATRÁS	1,319	1,438	1,378	1,3785	110,219	
	ADELANTE	1	1	1	1,403	110,199	
3	ATRÁS	2,312	2,827	2,569	2,5695	110,199	
	ADELANTE	0,861	1,546	1,205	1,2035	111,563	
4	ATRÁS	1,535	1,716	1,625	1,6255	111,563	
	ADELANTE	1,319	1,479	1,399	1,399	111,789	
5	ATRÁS	0,904	1,195	1,484	1,0495	111,789	Filo superior del caño
	ADELANTE	1,349	1,91	1,63	1,6295	111,643	

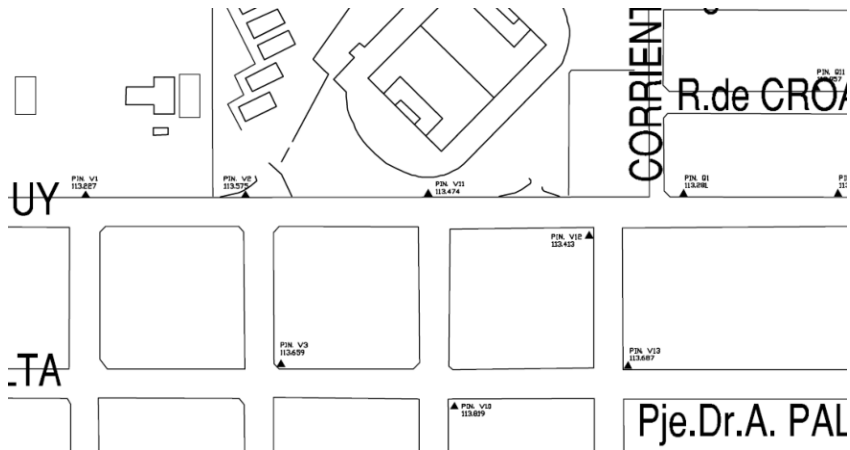
INFORME

El valor de cota esta dado a la parte superior del caño de pvc que se encuentra mas elevado que el suelo.
 El valor de esa cota resulta 111,643m.



NIVELACION REALIZADA 28 DE AGOSTO DE 2021

Freatímetro: CENTENARIO							
ESTACIÓN	PTO	LECTURA			Comprobación	COTA	Observaciones
		Hi	Hs	Hm	(Hi+Hs)/2		
1	PIN V13	0,81	1,303	1,057	1,0565	113,687	Pinchote de la municipalidad
	ADELANTE	1,019	1,678	1,349	1,3485	113,395	
2	ATRÁS	1,2	1,925	1,565	1,5625	113,395	
	ADELANTE	1	2	1	1,39	113,57	
3	ATRÁS	0,893	1,644	1,269	1,2685	113,57	
	ADELANTE	0,725	1,444	1,085	1,0845	113,754	
4	ATRÁS	0,702	0,774	0,738	0,738	113,754	
	ADELANTE	0,465	0,515	0,49	0,49	114,002	



INFORME

El valor de cota esta dado a la parte superior del caño de pvc que se encuentra elevado del suelo.
 El valor de esa cota resulta 114,002m



TABLAS BALANCE HÍDRICO RURAL EN EASY BAL JULIO 2019-JUNIO 2020

EASY BAL- BALANCE DIARIO RURAL 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-jul-19	0.00	0.70	0.0	0.0	
02-jul-19	0.00	0.70	0.0	0.0	
03-jul-19	0.00	0.80	0.0	0.0	
04-jul-19	0.00	0.70	0.0	0.0	
05-jul-19	0.00	0.70	0.0	0.0	
06-jul-19	0.00	0.70	0.0	0.0	
07-jul-19	0.00	1.20	0.0	0.0	
08-jul-19	0.00	0.80	0.0	0.0	
09-jul-19	0.00	0.80	0.0	0.0	
10-jul-19	0.00	1.00	0.0	0.0	
11-jul-19	0.00	1.00	0.0	0.0	
12-jul-19	0.00	0.90	0.0	0.0	
13-jul-19	0.00	1.00	0.0	0.0	
14-jul-19	0.00	0.90	0.0	0.0	
15-jul-19	0.00	0.90	0.0	0.0	
16-jul-19	0.00	1.00	0.0	0.0	
17-jul-19	0.00	1.00	0.0	0.0	
18-jul-19	0.00	1.10	0.0	0.0	
19-jul-19	0.00	0.90	0.0	0.0	
20-jul-19	0.00	1.00	0.0	0.0	
21-jul-19	0.40	1.20	0.0	0.0	
22-jul-19	0.00	1.10	0.0	0.0	
23-jul-19	10.00	1.00	0.0	0.0	
24-jul-19	0.00	0.80	0.0	0.0	
25-jul-19	4.00	1.00	0.0	0.0	
26-jul-19	0.00	0.90	0.0	0.0	
27-jul-19	0.00	1.10	0.0	0.0	
28-jul-19	0.00	1.20	0.0	0.0	
29-jul-19	0.00	1.00	0.0	0.0	
30-jul-19	0.00	0.80	0.0	0.0	
31-jul-19	0.00	1.30	0.0	0.0	



EASY BAL- BALANCE DIARIO RURAL 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-ago-19	0.00	1.40	0.0	0.0	
02-ago-19	0.00	1.20	0.0	0.0	
03-ago-19	0.00	1.30	0.0	0.0	
04-ago-19	0.00	1.40	0.0	0.0	
05-ago-19	0.00	1.40	0.0	0.0	
06-ago-19	0.00	1.60	0.0	0.0	
07-ago-19	0.00	1.80	0.0	0.0	
08-ago-19	0.00	1.50	0.0	0.0	
09-ago-19	0.00	1.00	0.0	0.0	
10-ago-19	0.00	1.20	0.0	0.0	
11-ago-19	0.00	1.60	0.0	0.0	
12-ago-19	0.00	1.70	0.0	0.0	
13-ago-19	0.00	1.40	0.0	0.0	
14-ago-19	0.00	1.30	0.0	0.0	
15-ago-19	0.00	1.40	0.0	0.0	
16-ago-19	0.00	1.60	0.0	0.0	
17-ago-19	0.00	2.00	0.0	0.0	
18-ago-19	0.00	1.80	0.0	0.0	-0.7
19-ago-19	0.00	1.50	0.0	0.0	-1.5
20-ago-19	0.00	1.30	0.0	0.0	-1.3
21-ago-19	0.00	1.50	0.0	0.0	-1.5
22-ago-19	0.00	1.80	0.0	0.0	-1.8
23-ago-19	0.00	2.00	0.0	0.0	-2.0
24-ago-19	0.00	2.00	0.0	0.0	-2.0
25-ago-19	0.00	2.10	0.0	0.0	-2.1
26-ago-19	0.00	1.70	0.0	0.0	-1.7
27-ago-19	0.00	2.30	0.0	0.0	-2.3
28-ago-19	0.00	2.50	0.0	0.0	-2.5
29-ago-19	0.00	2.80	0.0	0.0	-2.8
30-ago-19	0.00	2.30	0.0	0.0	-2.3
31-ago-19	0.00	2.00	0.0	0.0	-2.0



EASY BAL- BALANCE DIARIO RURAL 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-sep-19	0.00	2.10	0.0	-2.1	
02-sep-19	0.00	1.80	0.0	-1.8	
03-sep-19	0.00	1.80	0.0	-1.8	
04-sep-19	0.00	1.80	0.0	-1.8	
05-sep-19	0.00	1.80	0.0	-1.8	
06-sep-19	0.00	1.60	0.0	-1.6	
07-sep-19	0.00	2.00	0.0	-2.0	
08-sep-19	5.00	2.20	0.0	0.0	
09-sep-19	7.00	2.40	0.0	0.0	
10-sep-19	3.00	1.40	0.0	0.0	
11-sep-19	0.00	1.80	0.0	0.0	
12-sep-19	0.00	1.50	0.0	0.0	
13-sep-19	0.00	2.60	0.0	0.0	
14-sep-19	0.00	2.60	0.0	0.0	
15-sep-19	0.00	2.80	0.0	-2.3	
16-sep-19	0.00	3.10	0.0	-3.1	
17-sep-19	0.00	2.20	0.0	-2.2	
18-sep-19	0.00	3.10	0.0	-3.1	
19-sep-19	0.00	3.20	0.0	-3.2	
20-sep-19	0.00	2.40	0.0	-2.4	
21-sep-19	0.00	2.80	0.0	-2.8	
22-sep-19	0.00	3.10	0.0	-3.1	
23-sep-19	0.00	3.00	0.0	-3.0	
24-sep-19	0.00	3.20	0.0	-3.2	
25-sep-19	0.00	3.60	0.0	-3.6	
26-sep-19	0.00	3.90	0.0	-3.9	
27-sep-19	0.00	3.90	0.0	-3.9	
28-sep-19	0.00	3.30	0.0	-3.3	
29-sep-19	0.00	2.60	0.0	-2.6	
30-sep-19	0.20	4.40	0.0	-4.2	



EASY BAL- BALANCE DIARIO RURAL 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-oct-19	0.00	4.10	0.0	-4.1	
02-oct-19	0.00	2.70	0.0	-2.7	
03-oct-19	4.00	3.20	0.0	0.0	
04-oct-19	0.20	2.50	0.0	-1.5	
05-oct-19	0.00	2.00	0.0	-2.0	
06-oct-19	0.00	3.50	0.0	-3.5	
07-oct-19	0.00	3.80	0.0	-3.8	
08-oct-19	0.00	3.80	0.0	-3.8	
09-oct-19	0.00	4.20	0.0	-4.2	
10-oct-19	0.00	5.00	0.0	-5.0	
11-oct-19	0.00	5.00	0.0	-5.0	
12-oct-19	0.00	4.10	0.0	-4.1	
13-oct-19	0.00	3.50	0.0	-3.5	
14-oct-19	0.00	3.30	0.0	-3.3	
15-oct-19	3.00	2.50	0.0	0.0	
16-oct-19	4.00	2.10	0.0	0.0	
17-oct-19	0.00	2.30	0.0	0.0	
18-oct-19	0.00	2.90	0.0	-2.8	
19-oct-19	2.00	4.40	0.0	-2.4	
20-oct-19	3.00	4.50	0.0	-1.5	
21-oct-19	11.00	2.70	0.0	0.0	
22-oct-19	9.00	4.20	0.0	0.0	
23-oct-19	0.00	3.50	0.0	0.0	
24-oct-19	17.00	4.20	0.0	0.0	
25-oct-19	0.00	4.80	0.0	0.0	
26-oct-19	7.00	4.80	0.0	0.0	
27-oct-19	0.00	5.00	0.0	0.0	
28-oct-19	0.70	3.50	0.0	0.0	
29-oct-19	0.00	3.20	0.0	0.0	
30-oct-19	0.00	4.30	0.0	0.0	
31-oct-19	0.00	3.90	0.0	0.0	



EASY BAL- BALANCE DIARIO RURAL 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-nov-19	0.00	4.60	0.0	-4.0	
02-nov-19	0.00	3.60	0.0	-3.6	
03-nov-19	0.00	3.50	0.0	-3.5	
04-nov-19	0.00	4.90	0.0	-4.9	
05-nov-19	0.40	4.20	0.0	-3.8	
06-nov-19	0.00	4.80	0.0	-4.8	
07-nov-19	0.00	4.50	0.0	-4.5	
08-nov-19	0.00	4.60	0.0	-4.6	
09-nov-19	0.00	5.40	0.0	-5.4	
10-nov-19	0.00	5.00	0.0	-5.0	
11-nov-19	0.00	4.60	0.0	-4.6	
12-nov-19	0.00	4.60	0.0	-4.6	
13-nov-19	0.00	4.60	0.0	-4.6	
14-nov-19	0.00	5.30	0.0	-5.3	
15-nov-19	11.00	5.20	0.0	0.0	
16-nov-19	0.10	5.90	0.0	0.0	
17-nov-19	14.00	4.00	0.0	0.0	
18-nov-19	0.00	5.00	0.0	0.0	
19-nov-19	0.00	5.10	0.0	-0.1	
20-nov-19	0.00	5.00	0.0	-5.0	
21-nov-19	6.00	6.20	0.0	-0.2	
22-nov-19	0.00	4.90	0.0	-4.9	
23-nov-19	0.00	4.30	0.0	-4.3	
24-nov-19	23.00	5.00	0.0	0.0	
25-nov-19	2.00	5.20	0.0	0.0	
26-nov-19	0.00	3.30	0.0	0.0	
27-nov-19	0.00	4.20	0.0	0.0	
28-nov-19	0.00	5.40	0.0	0.0	
29-nov-19	0.00	5.70	0.0	-3.8	
30-nov-19	0.00	6.00	0.0	-6.0	



EASY BAL- BALANCE DIARIO RURAL 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-dic-19	0.00	5.20	0.0	-5.2	
02-dic-19	0.80	5.30	0.0	-4.5	
03-dic-19	0.00	5.40	0.0	-5.4	
04-dic-19	0.00	5.20	0.0	-5.2	
05-dic-19	0.00	4.20	0.0	-4.2	
06-dic-19	0.00	5.70	0.0	-5.7	
07-dic-19	0.00	5.30	0.0	-5.3	
08-dic-19	0.00	5.00	0.0	-5.0	
09-dic-19	0.00	6.00	0.0	-6.0	
10-dic-19	0.00	6.60	0.0	-6.6	
11-dic-19	10.00	6.80	0.0	0.0	
12-dic-19	0.00	6.70	0.0	-3.5	
13-dic-19	0.00	4.40	0.0	-4.4	
14-dic-19	0.00	5.50	0.0	-5.5	
15-dic-19	0.00	5.60	0.0	-5.6	
16-dic-19	0.00	5.30	0.0	-5.3	
17-dic-19	0.00	5.90	0.0	-5.9	
18-dic-19	0.00	6.50	0.0	-6.5	
19-dic-19	22.00	5.30	0.0	0.0	
20-dic-19	7.00	6.30	0.0	0.0	
21-dic-19	0.00	4.40	0.0	0.0	
22-dic-19	0.00	4.70	0.0	0.0	
23-dic-19	0.00	5.30	0.0	0.0	
24-dic-19	0.00	6.00	0.0	-3.0	
25-dic-19	8.00	6.20	0.0	0.0	
26-dic-19	0.00	4.40	0.0	-2.6	
27-dic-19	18.00	4.50	0.0	0.0	
28-dic-19	4.00	5.80	0.0	0.0	
29-dic-19	88.00	4.60	0.0	0.0	
30-dic-19	52.00	4.90	6.2	0.0	
31-dic-19	0.00	2.90	0.0	0.0	



EASY BAL- BALANCE DIARIO RURAL 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-ene-20	0.00	5.00	0.0	0.0	
02-ene-20	0.00	4.60	0.0	0.0	
03-ene-20	0.00	4.90	0.0	0.0	
04-ene-20	0.00	5.00	0.0	0.0	
05-ene-20	9.00	5.20	0.0	0.0	
06-ene-20	0.00	5.20	0.0	0.0	
07-ene-20	0.00	4.20	0.0	0.0	
08-ene-20	5.00	5.50	0.0	0.0	
09-ene-20	0.00	5.60	0.0	0.0	
10-ene-20	0.00	4.60	0.0	0.0	
11-ene-20	0.00	4.90	0.0	0.0	
12-ene-20	0.00	5.40	0.0	0.0	
13-ene-20	0.40	4.30	0.0	0.0	
14-ene-20	124.00	5.50	0.0	0.0	
15-ene-20	3.00	5.00	0.0	0.0	
16-ene-20	0.00	4.20	0.0	0.0	
17-ene-20	0.00	5.00	0.0	0.0	
18-ene-20	0.00	4.60	0.0	0.0	
19-ene-20	0.00	5.00	0.0	0.0	
20-ene-20	4.00	5.70	0.0	0.0	
21-ene-20	0.00	5.60	0.0	0.0	
22-ene-20	0.00	4.50	0.0	0.0	
23-ene-20	0.00	4.50	0.0	0.0	
24-ene-20	0.00	4.90	0.0	0.0	
25-ene-20	0.00	5.40	0.0	0.0	
26-ene-20	0.00	5.60	0.0	0.0	-4.4
27-ene-20	0.00	5.60	0.0	0.0	-5.6
28-ene-20	18.00	4.70	0.0	0.0	0.0
29-ene-20	0.00	5.30	0.0	0.0	0.0
30-ene-20	0.00	3.70	0.0	0.0	0.0
31-ene-20	0.00	4.70	0.0	0.0	-0.4



EASY BAL- BALANCE DIARIO RURAL 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-feb-20	0.00	5.00	0.0	-5.0	
02-feb-20	0.00	5.20	0.0	-5.2	
03-feb-20	0.00	5.40	0.0	-5.4	
04-feb-20	79.00	5.50	0.0	0.0	
05-feb-20	15.00	5.60	0.0	0.0	
06-feb-20	0.00	4.30	0.0	0.0	
07-feb-20	7.00	4.50	0.0	0.0	
08-feb-20	0.00	2.70	0.0	0.0	
09-feb-20	0.00	3.40	0.0	0.0	
10-feb-20	0.00	3.70	0.0	0.0	
11-feb-20	0.00	4.20	0.0	0.0	
12-feb-20	0.00	4.40	0.0	0.0	
13-feb-20	0.00	4.50	0.0	0.0	
14-feb-20	0.00	4.70	0.0	0.0	
15-feb-20	0.00	4.10	0.0	0.0	
16-feb-20	0.00	5.20	0.0	0.0	
17-feb-20	61.00	4.50	0.0	0.0	
18-feb-20	0.00	4.80	0.0	0.0	
19-feb-20	0.00	4.00	0.0	0.0	
20-feb-20	0.00	4.50	0.0	0.0	
21-feb-20	0.00	3.50	0.0	0.0	
22-feb-20	0.00	3.70	0.0	0.0	
23-feb-20	0.00	3.90	0.0	0.0	
24-feb-20	0.00	4.30	0.0	0.0	
25-feb-20	0.00	4.60	0.0	0.0	
26-feb-20	0.00	4.20	0.0	-2.8	
27-feb-20	0.00	4.00	0.0	-4.0	
28-feb-20	0.00	4.50	0.0	-4.5	
29-feb-20	0.00	4.70	0.0	-4.7	



EASY BAL- BALANCE DIARIO RURAL 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-mar-20	0.00	4.70	0.0	-4.7	
02-mar-20	0.00	3.60	0.0	-3.6	
03-mar-20	0.00	4.60	0.0	-4.6	
04-mar-20	0.00	4.40	0.0	-4.4	
05-mar-20	0.00	4.40	0.0	-4.4	
06-mar-20	0.00	4.40	0.0	-4.4	
07-mar-20	0.00	4.20	0.0	-4.2	
08-mar-20	0.00	4.40	0.0	-4.4	
09-mar-20	15.00	4.60	0.0	0.0	
10-mar-20	0.30	3.60	0.0	0.0	
11-mar-20	12.00	3.50	0.0	0.0	
12-mar-20	0.00	2.50	0.0	0.0	
13-mar-20	3.00	3.60	0.0	0.0	
14-mar-20	14.00	4.50	0.0	0.0	
15-mar-20	0.00	2.90	0.0	0.0	
16-mar-20	0.70	2.80	0.0	0.0	
17-mar-20	35.00	3.20	0.0	0.0	
18-mar-20	0.00	2.20	0.0	0.0	
19-mar-20	0.00	3.60	0.0	0.0	
20-mar-20	0.00	3.20	0.0	0.0	
21-mar-20	0.00	3.60	0.0	0.0	
22-mar-20	0.00	3.50	0.0	0.0	
23-mar-20	0.00	3.60	0.0	0.0	
24-mar-20	35.00	3.70	0.0	0.0	
25-mar-20	36.00	4.00	22.4	0.0	
26-mar-20	0.00	2.70	0.0	0.0	
27-mar-20	0.50	1.80	0.0	0.0	
28-mar-20	0.00	2.80	0.0	0.0	
29-mar-20	0.00	2.70	0.0	0.0	
30-mar-20	0.00	3.20	0.0	0.0	
31-mar-20	0.00	3.10	0.0	0.0	



EASY BAL- BALANCE DIARIO RURAL 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-abr-20	10.00	2.60	0.0	0.0	
02-abr-20	0.00	2.50	0.0	0.0	
03-abr-20	0.00	2.40	0.0	0.0	
04-abr-20	0.00	2.60	0.0	0.0	
05-abr-20	0.00	2.80	0.0	0.0	
06-abr-20	0.00	2.50	0.0	0.0	
07-abr-20	0.00	2.10	0.0	0.0	
08-abr-20	0.00	2.20	0.0	0.0	
09-abr-20	0.00	2.30	0.0	0.0	
10-abr-20	0.00	2.30	0.0	0.0	
11-abr-20	0.00	2.30	0.0	0.0	
12-abr-20	0.70	2.40	0.0	0.0	
13-abr-20	0.00	2.40	0.0	0.0	
14-abr-20	0.00	1.80	0.0	0.0	
15-abr-20	0.00	2.10	0.0	0.0	
16-abr-20	0.00	2.10	0.0	0.0	
17-abr-20	0.00	2.50	0.0	0.0	
18-abr-20	0.00	2.30	0.0	0.0	
19-abr-20	0.00	2.30	0.0	0.0	
20-abr-20	0.00	2.40	0.0	0.0	
21-abr-20	0.00	2.50	0.0	0.0	
22-abr-20	0.00	2.00	0.0	0.0	
23-abr-20	0.00	2.10	0.0	0.0	
24-abr-20	7.00	2.30	0.0	0.0	
25-abr-20	9.00	2.60	0.0	0.0	
26-abr-20	0.00	1.60	0.0	0.0	
27-abr-20	20.00	1.50	0.0	0.0	
28-abr-20	0.00	1.00	0.0	0.0	
29-abr-20	0.00	1.50	0.0	0.0	
30-abr-20	0.00	1.80	0.0	0.0	



EASY BAL- BALANCE DIARIO RURAL 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-may-20	0.00	1.60	0.0	0.0	
02-may-20	0.00	1.50	0.0	0.0	
03-may-20	0.90	1.40	0.0	0.0	
04-may-20	0.00	1.30	0.0	0.0	
05-may-20	0.00	1.30	0.0	0.0	
06-may-20	0.00	1.00	0.0	0.0	
07-may-20	0.00	1.10	0.0	0.0	
08-may-20	0.00	1.20	0.0	0.0	
09-may-20	0.00	1.30	0.0	0.0	
10-may-20	0.00	1.30	0.0	0.0	
11-may-20	0.00	1.40	0.0	0.0	
12-may-20	0.00	1.20	0.0	0.0	
13-may-20	0.00	1.20	0.0	0.0	
14-may-20	0.00	1.10	0.0	0.0	
15-may-20	0.00	1.00	0.0	0.0	
16-may-20	0.00	1.20	0.0	0.0	
17-may-20	0.00	1.40	0.0	0.0	
18-may-20	0.00	1.60	0.0	0.0	
19-may-20	0.00	1.20	0.0	0.0	
20-may-20	0.00	1.30	0.0	0.0	
21-may-20	0.00	1.10	0.0	0.0	
22-may-20	0.00	0.90	0.0	0.0	
23-may-20	0.00	0.80	0.0	0.0	
24-may-20	0.00	0.80	0.0	0.0	
25-may-20	0.00	1.00	0.0	0.0	
26-may-20	0.00	0.90	0.0	0.0	
27-may-20	0.00	0.90	0.0	0.0	
28-may-20	0.00	1.00	0.0	0.0	
29-may-20	0.00	1.00	0.0	0.0	
30-may-20	0.00	1.00	0.0	0.0	
31-may-20	0.00	0.70	0.0	0.0	



EASY BAL- BALANCE DIARIO RURAL 2019-2020				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-jun-20	0.00	0.80	0.0	-0.5
02-jun-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
03-jun-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
04-jun-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
05-jun-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
06-jun-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
07-jun-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
08-jun-20	0.00	0.90	0.0	-0.9
09-jun-20	0.00	0.90	0.0	-0.9
10-jun-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
11-jun-20	0.00	0.90	0.0	-0.9
12-jun-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
13-jun-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
14-jun-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
15-jun-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
16-jun-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
17-jun-20	0.50	0.90	0.0	-0.4
18-jun-20	0.00	1.10	0.0	-1.1
19-jun-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
20-jun-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
21-jun-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
22-jun-20	0.70	1.20	0.0	-0.5
23-jun-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
24-jun-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
25-jun-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
26-jun-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
27-jun-20	0.00	0.60	0.0	-0.6
28-jun-20	0.00	0.90	0.0	-0.9
29-jun-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
30-jun-20	0.50	0.70	0.0	-0.2

TOTALES	883.0	1100.1	28.6	
----------------	-------	--------	------	--



EASY BAL-BALANCE DIARIO RURAL 2020-2021				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-jul-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
02-jul-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
03-jul-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
04-jul-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
05-jul-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
06-jul-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
07-jul-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
08-jul-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
09-jul-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
10-jul-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
11-jul-20	0.00	0.90	0.0	-0.9
12-jul-20	0.00	0.90	0.0	-0.9
13-jul-20	0.00	0.90	0.0	-0.9
14-jul-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
15-jul-20	0.00	0.90	0.0	-0.9
16-jul-20	0.00	0.90	0.0	-0.9
17-jul-20	0.00	1.10	0.0	-1.1
18-jul-20	0.00	1.00	0.0	-1.0
19-jul-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
20-jul-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
21-jul-20	0.00	0.80	0.0	-0.8
22-jul-20	0.00	0.70	0.0	-0.7
23-jul-20	0.00	0.90	0.0	-0.9
24-jul-20	0.00	0.90	0.0	-0.9
25-jul-20	0.00	1.00	0.0	-1.0
26-jul-20	0.00	1.10	0.0	-1.1
27-jul-20	0.00	1.20	0.0	-1.2
28-jul-20	0.00	1.10	0.0	-1.1
29-jul-20	0.00	1.00	0.0	-1.0
30-jul-20	0.00	1.10	0.0	-1.1
31-jul-20	0.00	1.30	0.0	-1.3



EASY BAL-BALANCE DIARIO RURAL 2020-2021				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-ago-20	0.00	1.40	0.0	-1.4
02-ago-20	0.00	1.60	0.0	-1.6
03-ago-20	0.00	1.70	0.0	-1.7
04-ago-20	0.00	2.20	0.0	-2.2
05-ago-20	0.00	1.90	0.0	-1.9
06-ago-20	0.00	2.20	0.0	-2.2
07-ago-20	0.20	1.40	0.0	-1.2
08-ago-20	0.00	1.40	0.0	-1.4
09-ago-20	0.00	1.30	0.0	-1.3
10-ago-20	0.00	1.70	0.0	-1.7
11-ago-20	0.00	1.50	0.0	-1.5
12-ago-20	0.00	1.40	0.0	-1.4
13-ago-20	0.00	1.60	0.0	-1.6
14-ago-20	0.00	1.80	0.0	-1.8
15-ago-20	0.00	1.80	0.0	-1.8
16-ago-20	0.00	1.70	0.0	-1.7
17-ago-20	0.00	1.90	0.0	-1.9
18-ago-20	0.00	2.00	0.0	-2.0
19-ago-20	0.00	1.90	0.0	-1.9
20-ago-20	0.00	1.30	0.0	-1.3
21-ago-20	0.00	1.70	0.0	-1.7
22-ago-20	0.00	1.90	0.0	-1.9
23-ago-20	0.00	2.00	0.0	-2.0
24-ago-20	0.00	2.20	0.0	-2.2
25-ago-20	19.00	2.60	0.0	0.0
26-ago-20	0.00	2.60	0.0	0.0
27-ago-20	0.00	1.90	0.0	0.0
28-ago-20	2.00	2.10	0.0	0.0
29-ago-20	0.00	2.50	0.0	0.0
30-ago-20	0.00	1.80	0.0	0.0
31-ago-20	0.00	2.00	0.0	0.0



EASY BAL-BALANCE DIARIO RURAL 2020-2021				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-sep-20	21.00	1.60	0.0	0.0
02-sep-20	19.00	1.20	0.0	0.0
03-sep-20	0.00	1.10	0.0	0.0
04-sep-20	0.00	1.50	0.0	0.0
05-sep-20	0.00	2.00	0.0	0.0
06-sep-20	0.00	2.20	0.0	0.0
07-sep-20	0.00	1.90	0.0	0.0
08-sep-20	0.00	2.30	0.0	0.0
09-sep-20	0.40	2.40	0.0	0.0
10-sep-20	0.00	2.30	0.0	0.0
11-sep-20	0.30	2.80	0.0	0.0
12-sep-20	0.00	2.10	0.0	0.0
13-sep-20	0.00	2.60	0.0	0.0
14-sep-20	0.00	2.60	0.0	0.0
15-sep-20	0.00	2.50	0.0	0.0
16-sep-20	0.00	2.40	0.0	0.0
17-sep-20	0.00	2.80	0.0	0.0
18-sep-20	0.00	3.50	0.0	0.0
19-sep-20	0.00	2.50	0.0	0.0
20-sep-20	0.00	2.30	0.0	0.0
21-sep-20	0.00	2.80	0.0	-1.2
22-sep-20	0.00	3.00	0.0	-3.0
23-sep-20	0.00	2.60	0.0	-2.6
24-sep-20	0.00	3.50	0.0	-3.5
25-sep-20	21.00	3.80	0.0	0.0
26-sep-20	0.50	2.70	0.0	0.0
27-sep-20	0.00	2.60	0.0	0.0
28-sep-20	0.00	2.30	0.0	0.0
29-sep-20	0.00	3.50	0.0	0.0
30-sep-20	0.00	3.80	0.0	0.0



EASY BAL-BALANCE DIARIO RURAL 2020-2021				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-oct-20	0.00	4.60	0.0	-1.8
02-oct-20	0.00	2.60	0.0	-2.6
03-oct-20	0.00	2.90	0.0	-2.9
04-oct-20	0.00	2.50	0.0	-2.5
05-oct-20	0.00	2.60	0.0	-2.6
06-oct-20	0.00	2.60	0.0	-2.6
07-oct-20	0.00	3.90	0.0	-3.9
08-oct-20	0.00	4.00	0.0	-4.0
09-oct-20	0.00	4.00	0.0	-4.0
10-oct-20	0.60	4.00	0.0	-3.4
11-oct-20	0.00	4.60	0.0	-4.6
12-oct-20	0.00	3.90	0.0	-3.9
13-oct-20	0.00	4.20	0.0	-4.2
14-oct-20	0.00	4.80	0.0	-4.8
15-oct-20	0.00	4.90	0.0	-4.9
16-oct-20	0.60	4.40	0.0	-3.8
17-oct-20	0.00	4.80	0.0	-4.8
18-oct-20	0.00	5.20	0.0	-5.2
19-oct-20	17.00	5.80	0.0	0.0
20-oct-20	0.00	4.80	0.0	0.0
21-oct-20	4.00	2.30	0.0	0.0
22-oct-20	20.00	3.50	0.0	0.0
23-oct-20	0.00	2.10	0.0	0.0
24-oct-20	48.00	3.60	0.0	0.0
25-oct-20	2.00	4.10	0.0	0.0
26-oct-20	0.00	3.50	0.0	0.0
27-oct-20	0.00	4.20	0.0	0.0
28-oct-20	4.00	4.50	0.0	0.0
29-oct-20	0.00	3.50	0.0	0.0
30-oct-20	0.00	3.50	0.0	0.0
31-oct-20	0.00	4.00	0.0	0.0



EASY BAL-BALANCE DIARIO RURAL 2020-2021				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-nov-20	0.00	4.30	0.0	0.0
02-nov-20	0.00	4.90	0.0	0.0
03-nov-20	0.00	4.70	0.0	0.0
04-nov-20	0.00	4.90	0.0	0.0
05-nov-20	0.00	4.40	0.0	0.0
06-nov-20	0.00	4.60	0.0	0.0
07-nov-20	0.00	4.70	0.0	0.0
08-nov-20	0.30	5.10	0.0	-2.7
09-nov-20	0.00	4.40	0.0	-4.4
10-nov-20	0.00	4.20	0.0	-4.2
11-nov-20	0.00	4.60	0.0	-4.6
12-nov-20	0.00	5.10	0.0	-5.1
13-nov-20	3.00	5.50	0.0	-2.5
14-nov-20	0.00	5.50	0.0	-5.5
15-nov-20	0.00	3.90	0.0	-3.9
16-nov-20	0.00	4.40	0.0	-4.4
17-nov-20	3.00	5.50	0.0	-2.5
18-nov-20	0.00	5.40	0.0	-5.4
19-nov-20	0.00	4.90	0.0	-4.9
20-nov-20	0.00	5.20	0.0	-5.2
21-nov-20	0.00	5.30	0.0	-5.3
22-nov-20	0.00	5.40	0.0	-5.4
23-nov-20	0.00	6.10	0.0	-6.1
24-nov-20	6.00	6.40	0.0	-0.4
25-nov-20	0.00	6.40	0.0	-6.4
26-nov-20	0.00	4.80	0.0	-4.8
27-nov-20	17.00	4.40	0.0	0.0
28-nov-20	0.00	6.10	0.0	0.0
29-nov-20	0.00	4.40	0.0	0.0
30-nov-20	0.00	5.10	0.0	-3.0



EASY BAL-BALANCE DIARIO RURAL 2020-2021				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-dic-20	4.00	5.00	0.0	-1.0
02-dic-20	3.00	5.20	0.0	-2.2
03-dic-20	0.00	3.80	0.0	-3.8
04-dic-20	0.00	6.00	0.0	-6.0
05-dic-20	0.00	5.30	0.0	-5.3
06-dic-20	0.00	5.10	0.0	-5.1
07-dic-20	0.00	5.30	0.0	-5.3
08-dic-20	0.00	5.60	0.0	-5.6
09-dic-20	0.00	6.10	0.0	-6.1
10-dic-20	4.00	6.60	0.0	-2.6
11-dic-20	0.00	6.80	0.0	-6.8
12-dic-20	5.00	5.60	0.0	-0.6
13-dic-20	0.00	5.70	0.0	-5.7
14-dic-20	0.00	4.50	0.0	-4.5
15-dic-20	0.00	6.00	0.0	-6.0
16-dic-20	0.00	4.90	0.0	-4.9
17-dic-20	3.00	5.70	0.0	-2.7
18-dic-20	21.00	6.60	0.0	0.0
19-dic-20	0.00	5.30	0.0	0.0
20-dic-20	0.00	4.10	0.0	0.0
21-dic-20	0.00	4.90	0.0	0.0
22-dic-20	0.00	5.80	0.0	-5.7
23-dic-20	0.00	5.80	0.0	-5.8
24-dic-20	0.00	5.90	0.0	-5.9
25-dic-20	0.00	5.30	0.0	-5.3
26-dic-20	0.00	5.30	0.0	-5.3
27-dic-20	0.00	5.30	0.0	-5.3
28-dic-20	4.00	6.20	0.0	-2.2
29-dic-20	8.00	5.70	0.0	0.0
30-dic-20	0.00	6.10	0.0	-3.8
31-dic-20	0.00	5.00	0.0	-5.0



EASY BAL-BALANCE DIARIO RURAL 2020-2021				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-ene-21	0.00	5.70	0.0	-5.7
02-ene-21	0.00	6.00	0.0	-6.0
03-ene-21	0.00	6.30	0.0	-6.3
04-ene-21	0.00	5.60	0.0	-5.6
05-ene-21	0.00	5.60	0.0	-5.6
06-ene-21	0.00	5.60	0.0	-5.6
07-ene-21	0.00	4.50	0.0	-4.5
08-ene-21	10.00	6.40	0.0	0.0
09-ene-21	0.00	4.80	0.0	-1.2
10-ene-21	46.00	5.30	0.0	0.0
11-ene-21	21.00	6.20	0.0	0.0
12-ene-21	0.00	4.60	0.0	0.0
13-ene-21	0.00	5.60	0.0	0.0
14-ene-21	26.00	5.30	0.0	0.0
15-ene-21	4.00	5.40	0.0	0.0
16-ene-21	0.00	3.70	0.0	0.0
17-ene-21	0.00	3.60	0.0	0.0
18-ene-21	0.00	5.10	0.0	0.0
19-ene-21	0.00	5.50	0.0	0.0
20-ene-21	0.00	5.50	0.0	0.0
21-ene-21	0.00	5.50	0.0	0.0
22-ene-21	0.00	5.40	0.0	0.0
23-ene-21	0.00	5.50	0.0	0.0
24-ene-21	0.00	5.60	0.0	0.0
25-ene-21	0.00	5.50	0.0	0.0
26-ene-21	0.00	5.40	0.0	-0.7
27-ene-21	9.00	5.30	0.0	0.0
28-ene-21	66.00	5.40	0.0	0.0
29-ene-21	23.00	3.90	0.0	0.0
30-ene-21	2.00	4.20	0.0	0.0
31-ene-21	11.00	3.30	0.0	0.0



EASY BAL-BALANCE DIARIO RURAL 2020-2021				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-feb-21	0.50	3.50	0.0	0.0
02-feb-21	6.00	3.70	0.0	0.0
03-feb-21	0.00	3.10	0.0	0.0
04-feb-21	0.00	4.50	0.0	0.0
05-feb-21	0.00	4.80	0.0	0.0
06-feb-21	0.00	4.90	0.0	0.0
07-feb-21	0.00	5.00	0.0	0.0
08-feb-21	0.00	5.10	0.0	0.0
09-feb-21	0.00	3.60	0.0	0.0
10-feb-21	0.00	4.10	0.0	0.0
11-feb-21	0.00	4.30	0.0	0.0
12-feb-21	0.70	4.30	0.0	0.0
13-feb-21	7.00	4.30	0.0	0.0
14-feb-21	0.00	4.70	0.0	0.0
15-feb-21	1.00	4.80	0.0	0.0
16-feb-21	0.00	3.80	0.0	0.0
17-feb-21	0.00	4.30	0.0	0.0
18-feb-21	2.00	5.00	0.0	-0.7
19-feb-21	0.00	5.10	0.0	-5.1
20-feb-21	0.00	3.50	0.0	-3.5
21-feb-21	0.00	4.30	0.0	-4.3
22-feb-21	0.00	4.80	0.0	-4.8
23-feb-21	0.00	4.60	0.0	-4.6
24-feb-21	0.00	4.40	0.0	-4.4
25-feb-21	0.00	4.70	0.0	-4.7
26-feb-21	0.00	4.70	0.0	-4.7
27-feb-21	0.00	4.80	0.0	-4.8
28-feb-21	17.00	4.60	0.0	0.0



EASY BAL-BALANCE DIARIO RURAL 2020-2021				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-mar-21	0.00	3.30	0.0	0.0
02-mar-21	0.00	3.90	0.0	0.0
03-mar-21	0.00	3.90	0.0	0.0
04-mar-21	0.00	3.90	0.0	-2.6
05-mar-21	0.00	3.80	0.0	-3.8
06-mar-21	0.00	3.40	0.0	-3.4
07-mar-21	0.00	3.90	0.0	-3.9
08-mar-21	0.00	4.00	0.0	-4.0
09-mar-21	0.00	3.90	0.0	-3.9
10-mar-21	0.00	3.80	0.0	-3.8
11-mar-21	13.00	4.00	0.0	0.0
12-mar-21	0.00	2.90	0.0	0.0
13-mar-21	0.00	3.70	0.0	0.0
14-mar-21	6.00	3.80	0.0	0.0
15-mar-21	27.00	3.00	0.0	0.0
16-mar-21	11.00	2.20	0.0	0.0
17-mar-21	0.00	2.60	0.0	0.0
18-mar-21	0.00	1.90	0.0	0.0
19-mar-21	0.30	2.60	0.0	0.0
20-mar-21	0.00	3.00	0.0	0.0
21-mar-21	0.00	2.40	0.0	0.0
22-mar-21	0.00	3.00	0.0	0.0
23-mar-21	0.00	2.70	0.0	0.0
24-mar-21	71.00	3.10	0.0	0.0
25-mar-21	2.00	3.10	0.0	0.0
26-mar-21	2.00	2.10	0.0	0.0
27-mar-21	1.00	1.80	0.0	0.0
28-mar-21	0.00	1.80	0.0	0.0
29-mar-21	0.00	2.10	0.0	0.0
30-mar-21	0.00	2.80	0.0	0.0
31-mar-21	0.00	2.90	0.0	0.0



EASY BAL-BALANCE DIARIO RURAL 2020-2021				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-abr-21	0.00	2.80	0.0	0.0
02-abr-21	0.00	2.70	0.0	0.0
03-abr-21	0.00	2.80	0.0	0.0
04-abr-21	0.00	2.80	0.0	0.0
05-abr-21	0.00	2.90	0.0	0.0
06-abr-21	0.00	3.00	0.0	0.0
07-abr-21	0.00	2.90	0.0	0.0
08-abr-21	79.00	3.00	0.0	0.0
09-abr-21	9.00	1.60	0.0	0.0
10-abr-21	5.00	1.60	0.0	0.0
11-abr-21	0.00	1.70	0.0	0.0
12-abr-21	0.00	2.00	0.0	0.0
13-abr-21	0.00	2.40	0.0	0.0
14-abr-21	0.00	2.40	0.0	0.0
15-abr-21	0.00	2.30	0.0	0.0
16-abr-21	0.00	2.50	0.0	0.0
17-abr-21	0.00	2.60	0.0	0.0
18-abr-21	0.00	2.50	0.0	0.0
19-abr-21	0.00	2.40	0.0	0.0
20-abr-21	0.00	2.30	0.0	0.0
21-abr-21	10.00	2.20	0.0	0.0
22-abr-21	0.00	1.50	0.0	0.0
23-abr-21	23.00	1.90	1.0	0.0
24-abr-21	0.00	1.50	0.0	0.0
25-abr-21	0.00	1.80	0.0	0.0
26-abr-21	0.00	1.60	0.0	0.0
27-abr-21	0.00	1.80	0.0	0.0
28-abr-21	0.00	1.80	0.0	0.0
29-abr-21	0.00	1.90	0.0	0.0
30-abr-21	0.00	1.80	0.0	0.0



EASY BAL-BALANCE DIARIO RURAL 2020-2021				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-may-21	0.00	1.60	0.0	0.0
02-may-21	0.00	1.70	0.0	0.0
03-may-21	0.00	1.80	0.0	0.0
04-may-21	0.00	1.70	0.0	0.0
05-may-21	0.00	1.10	0.0	0.0
06-may-21	0.00	1.10	0.0	0.0
07-may-21	0.00	1.20	0.0	0.0
08-may-21	0.00	1.20	0.0	0.0
09-may-21	0.00	1.20	0.0	0.0
10-may-21	0.00	1.20	0.0	0.0
11-may-21	0.00	1.10	0.0	0.0
12-may-21	0.00	1.10	0.0	0.0
13-may-21	0.00	1.10	0.0	0.0
14-may-21	0.00	1.10	0.0	0.0
15-may-21	0.00	1.10	0.0	0.0
16-may-21	0.00	1.10	0.0	0.0
17-may-21	0.00	1.20	0.0	0.0
18-may-21	0.00	1.10	0.0	0.0
19-may-21	0.00	1.10	0.0	0.0
20-may-21	28.00	1.10	0.0	0.0
21-may-21	13.00	0.80	3.1	0.0
22-may-21	8.00	0.70	7.3	0.0
23-may-21	0.00	1.60	0.0	0.0
24-may-21	0.00	0.90	0.0	0.0
25-may-21	0.00	0.90	0.0	0.0
26-may-21	0.00	0.90	0.0	0.0
27-may-21	0.00	1.00	0.0	0.0
28-may-21	0.00	1.00	0.0	0.0
29-may-21	0.00	1.00	0.0	0.0
30-may-21	0.00	0.80	0.0	0.0
31-may-21	0.00	0.80	0.0	0.0



EASY BAL-BALANCE DIARIO RURAL 2020-2021				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-jun-21	0.00	1.00	0.0	0.0
02-jun-21	0.00	0.80	0.0	0.0
03-jun-21	0.00	1.20	0.0	0.0
04-jun-21	0.00	1.00	0.0	0.0
05-jun-21	0.00	1.20	0.0	0.0
06-jun-21	0.00	0.90	0.0	0.0
07-jun-21	0.00	0.70	0.0	0.0
08-jun-21	0.00	0.80	0.0	0.0
09-jun-21	0.00	0.80	0.0	0.0
10-jun-21	0.00	0.90	0.0	0.0
11-jun-21	0.00	0.90	0.0	0.0
12-jun-21	0.00	0.80	0.0	0.0
13-jun-21	0.00	0.80	0.0	0.0
14-jun-21	0.00	0.90	0.0	0.0
15-jun-21	0.00	0.80	0.0	0.0
16-jun-21	0.00	1.20	0.0	0.0
17-jun-21	0.00	0.60	0.0	0.0
18-jun-21	0.00	0.60	0.0	0.0
19-jun-21	0.00	0.60	0.0	0.0
20-jun-21	0.00	0.70	0.0	0.0
21-jun-21	0.00	0.70	0.0	0.0
22-jun-21	0.00	0.70	0.0	0.0
23-jun-21	0.00	0.70	0.0	0.0
24-jun-21	0.00	0.70	0.0	0.0
25-jun-21	1.00	1.20	0.0	0.0
26-jun-21	0.00	0.70	0.0	0.0
27-jun-21	0.50	0.70	0.0	0.0
28-jun-21	0.00	0.60	0.0	0.0
29-jun-21	0.00	1.20	0.0	0.0
30-jun-21	0.00	0.60	0.0	0.0
TOTALES	822.9	1107.9	11.4	



TABLAS BALANCE HÍDRICO URBANO EN EASY-BAL JULIO 2019-JUNIO 2021

EASYBAL- BALANCE DIARIO URBANO 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-jul-19	0.00	0.70	0.00	0.00	
02-jul-19	0.00	0.70	0.00	0.00	
03-jul-19	0.00	0.80	0.00	0.00	
04-jul-19	0.00	0.70	0.00	0.00	
05-jul-19	0.00	0.70	0.00	0.00	
06-jul-19	0.00	0.70	0.00	0.00	
07-jul-19	0.00	1.20	0.00	0.00	
08-jul-19	0.00	0.80	0.00	0.00	
09-jul-19	0.00	0.80	0.00	0.00	
10-jul-19	0.00	1.00	0.00	0.00	
11-jul-19	0.00	1.00	0.00	0.00	
12-jul-19	0.00	0.90	0.00	0.00	
13-jul-19	0.00	1.00	0.00	0.00	
14-jul-19	0.00	0.90	0.00	0.00	
15-jul-19	0.00	0.90	0.00	0.00	
16-jul-19	0.00	1.00	0.00	0.00	
17-jul-19	0.00	1.00	0.00	0.00	
18-jul-19	0.00	1.10	0.00	0.00	
19-jul-19	0.00	0.90	0.00	0.00	
20-jul-19	0.00	1.00	0.00	0.00	
21-jul-19	0.40	1.20	0.00	0.00	
22-jul-19	0.00	1.10	0.00	0.00	
23-jul-19	10.00	1.00	0.00	0.00	
24-jul-19	0.00	0.80	0.00	0.00	
25-jul-19	4.00	1.00	0.00	0.00	
26-jul-19	0.00	0.90	0.00	0.00	
27-jul-19	0.00	1.10	0.00	0.00	
28-jul-19	0.00	1.20	0.00	0.00	
29-jul-19	0.00	1.00	0.00	0.00	
30-jul-19	0.00	0.80	0.00	0.00	
31-jul-19	0.00	1.30	0.00	0.00	



EASYBAL- BALANCE DIARIO URBANO 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-ago-19	0.00	1.40	0.00	0.00	
02-ago-19	0.00	1.20	0.00	0.00	
03-ago-19	0.00	1.30	0.00	0.00	
04-ago-19	0.00	1.40	0.00	0.00	
05-ago-19	0.00	1.40	0.00	0.00	
06-ago-19	0.00	1.60	0.00	0.00	
07-ago-19	0.00	1.80	0.00	0.00	
08-ago-19	0.00	1.50	0.00	0.00	
09-ago-19	0.00	1.00	0.00	0.00	
10-ago-19	0.00	1.20	0.00	0.00	
11-ago-19	0.00	1.60	0.00	0.00	-1.40
12-ago-19	0.00	1.70	0.00	0.00	-1.70
13-ago-19	0.00	1.40	0.00	0.00	-1.40
14-ago-19	0.00	1.30	0.00	0.00	-1.30
15-ago-19	0.00	1.40	0.00	0.00	-1.40
16-ago-19	0.00	1.60	0.00	0.00	-1.60
17-ago-19	0.00	2.00	0.00	0.00	-2.00
18-ago-19	0.00	1.80	0.00	0.00	-1.80
19-ago-19	0.00	1.50	0.00	0.00	-1.50
20-ago-19	0.00	1.30	0.00	0.00	-1.30
21-ago-19	0.00	1.50	0.00	0.00	-1.50
22-ago-19	0.00	1.80	0.00	0.00	-1.80
23-ago-19	0.00	2.00	0.00	0.00	-2.00
24-ago-19	0.00	2.00	0.00	0.00	-2.00
25-ago-19	0.00	2.10	0.00	0.00	-2.10
26-ago-19	0.00	1.70	0.00	0.00	-1.70
27-ago-19	0.00	2.30	0.00	0.00	-2.30
28-ago-19	0.00	2.50	0.00	0.00	-2.50
29-ago-19	0.00	2.80	0.00	0.00	-2.80
30-ago-19	0.00	2.30	0.00	0.00	-2.30
31-ago-19	0.00	2.00	0.00	0.00	-2.00



EASYBAL- BALANCE DIARIO URBANO 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-sep-19	0.00	2.10	0.00	-2.10	
02-sep-19	0.00	1.80	0.00	-1.80	
03-sep-19	0.00	1.80	0.00	-1.80	
04-sep-19	0.00	1.80	0.00	-1.80	
05-sep-19	0.00	1.80	0.00	-1.80	
06-sep-19	0.00	1.60	0.00	-1.60	
07-sep-19	0.00	2.00	0.00	-2.00	
08-sep-19	5.00	2.20	0.00	0.00	
09-sep-19	7.00	2.40	0.00	0.00	
10-sep-19	3.00	1.40	0.00	0.00	
11-sep-19	0.00	1.80	0.00	0.00	
12-sep-19	0.00	1.50	0.00	0.00	
13-sep-19	0.00	2.60	0.00	0.00	
14-sep-19	0.00	2.60	0.00	0.00	
15-sep-19	0.00	2.80	0.00	-2.30	
16-sep-19	0.00	3.10	0.00	-3.10	
17-sep-19	0.00	2.20	0.00	-2.20	
18-sep-19	0.00	3.10	0.00	-3.10	
19-sep-19	0.00	3.20	0.00	-3.20	
20-sep-19	0.00	2.40	0.00	-2.40	
21-sep-19	0.00	2.80	0.00	-2.80	
22-sep-19	0.00	3.10	0.00	-3.10	
23-sep-19	0.00	3.00	0.00	-3.00	
24-sep-19	0.00	3.20	0.00	-3.20	
25-sep-19	0.00	3.60	0.00	-3.60	
26-sep-19	0.00	3.90	0.00	-3.90	
27-sep-19	0.00	3.90	0.00	-3.90	
28-sep-19	0.00	3.30	0.00	-3.30	
29-sep-19	0.00	2.60	0.00	-2.60	
30-sep-19	0.20	4.40	0.00	-4.20	



EASYBAL- BALANCE DIARIO URBANO 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-oct-19	0.00	4.10	0.00	-4.10	
02-oct-19	0.00	2.70	0.00	-2.70	
03-oct-19	4.00	3.20	0.00	0.00	
04-oct-19	0.20	2.50	0.00	-1.50	
05-oct-19	0.00	2.00	0.00	-2.00	
06-oct-19	0.00	3.50	0.00	-3.50	
07-oct-19	0.00	3.80	0.00	-3.80	
08-oct-19	0.00	3.80	0.00	-3.80	
09-oct-19	0.00	4.20	0.00	-4.20	
10-oct-19	0.00	5.00	0.00	-5.00	
11-oct-19	0.00	5.00	0.00	-5.00	
12-oct-19	0.00	4.10	0.00	-4.10	
13-oct-19	0.00	3.50	0.00	-3.50	
14-oct-19	0.00	3.30	0.00	-3.30	
15-oct-19	3.00	2.50	0.00	0.00	
16-oct-19	4.00	2.10	0.00	0.00	
17-oct-19	0.00	2.30	0.00	0.00	
18-oct-19	0.00	2.90	0.00	-2.80	
19-oct-19	2.00	4.40	0.00	-2.40	
20-oct-19	3.00	4.50	0.00	-1.50	
21-oct-19	11.00	2.70	0.00	0.00	
22-oct-19	9.00	4.20	0.00	0.00	
23-oct-19	0.00	3.50	0.00	0.00	
24-oct-19	17.00	4.20	0.00	0.00	
25-oct-19	0.00	4.80	0.00	0.00	
26-oct-19	7.00	4.80	0.00	0.00	
27-oct-19	0.00	5.00	0.00	0.00	
28-oct-19	0.70	3.50	0.00	0.00	
29-oct-19	0.00	3.20	0.00	0.00	
30-oct-19	0.00	4.30	0.00	0.00	
31-oct-19	0.00	3.90	0.00	0.00	



EASYBAL- BALANCE DIARIO URBANO 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-nov-19	0.00	4.60	0.00	-4.00	
02-nov-19	0.00	3.60	0.00	-3.60	
03-nov-19	0.00	3.50	0.00	-3.50	
04-nov-19	0.00	4.90	0.00	-4.90	
05-nov-19	0.40	4.20	0.00	-3.80	
06-nov-19	0.00	4.80	0.00	-4.80	
07-nov-19	0.00	4.50	0.00	-4.50	
08-nov-19	0.00	4.60	0.00	-4.60	
09-nov-19	0.00	5.40	0.00	-5.40	
10-nov-19	0.00	5.00	0.00	-5.00	
11-nov-19	0.00	4.60	0.00	-4.60	
12-nov-19	0.00	4.60	0.00	-4.60	
13-nov-19	0.00	4.60	0.00	-4.60	
14-nov-19	0.00	5.30	0.00	-5.30	
15-nov-19	11.00	5.20	0.00	0.00	
16-nov-19	0.10	5.90	0.00	0.00	
17-nov-19	14.00	4.00	0.00	0.00	
18-nov-19	0.00	5.00	0.00	0.00	
19-nov-19	0.00	5.10	0.00	-0.10	
20-nov-19	0.00	5.00	0.00	-5.00	
21-nov-19	6.00	6.20	0.00	-0.20	
22-nov-19	0.00	4.90	0.00	-4.90	
23-nov-19	0.00	4.30	0.00	-4.30	
24-nov-19	23.00	5.00	0.00	0.00	
25-nov-19	2.00	5.20	0.00	0.00	
26-nov-19	0.00	3.30	0.00	0.00	
27-nov-19	0.00	4.20	0.00	0.00	
28-nov-19	0.00	5.40	0.00	0.00	
29-nov-19	0.00	5.70	0.00	-3.80	
30-nov-19	0.00	6.00	0.00	-6.00	



EASYBAL- BALANCE DIARIO URBANO 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-dic-19	0.00	5.20	0.00	-5.20	
02-dic-19	0.80	5.30	0.00	-4.50	
03-dic-19	0.00	5.40	0.00	-5.40	
04-dic-19	0.00	5.20	0.00	-5.20	
05-dic-19	0.00	4.20	0.00	-4.20	
06-dic-19	0.00	5.70	0.00	-5.70	
07-dic-19	0.00	5.30	0.00	-5.30	
08-dic-19	0.00	5.00	0.00	-5.00	
09-dic-19	0.00	6.00	0.00	-6.00	
10-dic-19	0.00	6.60	0.00	-6.60	
11-dic-19	10.00	6.80	0.00	0.00	
12-dic-19	0.00	6.70	0.00	-3.50	
13-dic-19	0.00	4.40	0.00	-4.40	
14-dic-19	0.00	5.50	0.00	-5.50	
15-dic-19	0.00	5.60	0.00	-5.60	
16-dic-19	0.00	5.30	0.00	-5.30	
17-dic-19	0.00	5.90	0.00	-5.90	
18-dic-19	0.00	6.50	0.00	-6.50	
19-dic-19	22.00	5.30	0.00	0.00	
20-dic-19	7.00	6.30	0.00	0.00	
21-dic-19	0.00	4.40	0.00	0.00	
22-dic-19	0.00	4.70	0.00	0.00	
23-dic-19	0.00	5.30	0.00	0.00	
24-dic-19	0.00	6.00	0.00	-3.00	
25-dic-19	8.00	6.20	0.00	0.00	
26-dic-19	0.00	4.40	0.00	-2.60	
27-dic-19	18.00	4.50	0.00	0.00	
28-dic-19	4.00	5.80	0.00	0.00	
29-dic-19	88.00	4.60	0.00	0.00	
30-dic-19	52.00	4.90	9.20	0.00	
31-dic-19	0.00	2.90	0.00	0.00	



EASYBAL- BALANCE DIARIO URBANO 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-ene-20	0.00	5.00	0.00	0.00	
02-ene-20	0.00	4.60	0.00	0.00	
03-ene-20	0.00	4.90	0.00	0.00	
04-ene-20	0.00	5.00	0.00	0.00	
05-ene-20	9.00	5.20	0.00	0.00	
06-ene-20	0.00	5.20	0.00	0.00	
07-ene-20	0.00	4.20	0.00	0.00	
08-ene-20	5.00	5.50	0.00	0.00	
09-ene-20	0.00	5.60	0.00	0.00	
10-ene-20	0.00	4.60	0.00	0.00	
11-ene-20	0.00	4.90	0.00	0.00	-4.60
12-ene-20	0.00	5.40	0.00	0.00	-5.40
13-ene-20	0.40	4.30	0.00	0.00	-3.90
14-ene-20	124.00	5.50	0.00	0.00	0.00
15-ene-20	3.00	5.00	0.00	0.00	0.00
16-ene-20	0.00	4.20	0.00	0.00	0.00
17-ene-20	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
18-ene-20	0.00	4.60	0.00	0.00	0.00
19-ene-20	0.00	5.00	0.00	0.00	-3.30
20-ene-20	4.00	5.70	0.00	0.00	-1.70
21-ene-20	0.00	5.60	0.00	0.00	-5.60
22-ene-20	0.00	4.50	0.00	0.00	-4.50
23-ene-20	0.00	4.50	0.00	0.00	-4.50
24-ene-20	0.00	4.90	0.00	0.00	-4.90
25-ene-20	0.00	5.40	0.00	0.00	-5.40
26-ene-20	0.00	5.60	0.00	0.00	-5.60
27-ene-20	0.00	5.60	0.00	0.00	-5.60
28-ene-20	18.00	4.70	0.00	0.00	0.00
29-ene-20	0.00	5.30	0.00	0.00	0.00
30-ene-20	0.00	3.70	0.00	0.00	0.00
31-ene-20	0.00	4.70	0.00	0.00	-0.40



EASYBAL- BALANCE DIARIO URBANO 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-feb-20	0.00	5.00	0.00	-5.00	
02-feb-20	0.00	5.20	0.00	-5.20	
03-feb-20	0.00	5.40	0.00	-5.40	
04-feb-20	79.00	5.50	0.00	0.00	
05-feb-20	15.00	5.60	0.00	0.00	
06-feb-20	0.00	4.30	0.00	0.00	
07-feb-20	7.00	4.50	0.00	0.00	
08-feb-20	0.00	2.70	0.00	0.00	
09-feb-20	0.00	3.40	0.00	0.00	
10-feb-20	0.00	3.70	0.00	0.00	
11-feb-20	0.00	4.20	0.00	0.00	
12-feb-20	0.00	4.40	0.00	0.00	
13-feb-20	0.00	4.50	0.00	0.00	
14-feb-20	0.00	4.70	0.00	-2.50	
15-feb-20	0.00	4.10	0.00	-4.10	
16-feb-20	0.00	5.20	0.00	-5.20	
17-feb-20	61.00	4.50	0.00	0.00	
18-feb-20	0.00	4.80	0.00	0.00	
19-feb-20	0.00	4.00	0.00	0.00	
20-feb-20	0.00	4.50	0.00	0.00	
21-feb-20	0.00	3.50	0.00	0.00	
22-feb-20	0.00	3.70	0.00	-2.00	
23-feb-20	0.00	3.90	0.00	-3.90	
24-feb-20	0.00	4.30	0.00	-4.30	
25-feb-20	0.00	4.60	0.00	-4.60	
26-feb-20	0.00	4.20	0.00	-4.20	
27-feb-20	0.00	4.00	0.00	-4.00	
28-feb-20	0.00	4.50	0.00	-4.50	
29-feb-20	0.00	4.70	0.00	-4.70	



EASYBAL- BALANCE DIARIO URBANO 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-mar-20	0.00	4.70	0.00	-4.70	
02-mar-20	0.00	3.60	0.00	-3.60	
03-mar-20	0.00	4.60	0.00	-4.60	
04-mar-20	0.00	4.40	0.00	-4.40	
05-mar-20	0.00	4.40	0.00	-4.40	
06-mar-20	0.00	4.40	0.00	-4.40	
07-mar-20	0.00	4.20	0.00	-4.20	
08-mar-20	0.00	4.40	0.00	-4.40	
09-mar-20	15.00	4.60	0.00	0.00	
10-mar-20	0.30	3.60	0.00	0.00	
11-mar-20	12.00	3.50	0.00	0.00	
12-mar-20	0.00	2.50	0.00	0.00	
13-mar-20	3.00	3.60	0.00	0.00	
14-mar-20	14.00	4.50	0.00	0.00	
15-mar-20	0.00	2.90	0.00	0.00	
16-mar-20	0.70	2.80	0.00	0.00	
17-mar-20	35.00	3.20	0.00	0.00	
18-mar-20	0.00	2.20	0.00	0.00	
19-mar-20	0.00	3.60	0.00	0.00	
20-mar-20	0.00	3.20	0.00	0.00	
21-mar-20	0.00	3.60	0.00	0.00	
22-mar-20	0.00	3.50	0.00	0.00	
23-mar-20	0.00	3.60	0.00	0.00	
24-mar-20	35.00	3.70	0.00	0.00	
25-mar-20	36.00	4.00	16.40	0.00	
26-mar-20	0.00	2.70	0.00	0.00	
27-mar-20	0.50	1.80	0.00	0.00	
28-mar-20	0.00	2.80	0.00	0.00	
29-mar-20	0.00	2.70	0.00	0.00	
30-mar-20	0.00	3.20	0.00	0.00	
31-mar-20	0.00	3.10	0.00	0.00	



EASYBAL- BALANCE DIARIO URBANO 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-abr-20	10.00	2.60	0.00	0.00	
02-abr-20	0.00	2.50	0.00	0.00	
03-abr-20	0.00	2.40	0.00	0.00	
04-abr-20	0.00	2.60	0.00	0.00	
05-abr-20	0.00	2.80	0.00	0.00	
06-abr-20	0.00	2.50	0.00	0.00	
07-abr-20	0.00	2.10	0.00	0.00	
08-abr-20	0.00	2.20	0.00	0.00	
09-abr-20	0.00	2.30	0.00	0.00	
10-abr-20	0.00	2.30	0.00	0.00	
11-abr-20	0.00	2.30	0.00	0.00	
12-abr-20	0.70	2.40	0.00	0.00	
13-abr-20	0.00	2.40	0.00	0.00	
14-abr-20	0.00	1.80	0.00	0.00	
15-abr-20	0.00	2.10	0.00	-1.40	
16-abr-20	0.00	2.10	0.00	-2.10	
17-abr-20	0.00	2.50	0.00	-2.50	
18-abr-20	0.00	2.30	0.00	-2.30	
19-abr-20	0.00	2.30	0.00	-2.30	
20-abr-20	0.00	2.40	0.00	-2.40	
21-abr-20	0.00	2.50	0.00	-2.50	
22-abr-20	0.00	2.00	0.00	-2.00	
23-abr-20	0.00	2.10	0.00	-2.10	
24-abr-20	7.00	2.30	0.00	0.00	
25-abr-20	9.00	2.60	0.00	0.00	
26-abr-20	0.00	1.60	0.00	0.00	
27-abr-20	20.00	1.50	0.00	0.00	
28-abr-20	0.00	1.00	0.00	0.00	
29-abr-20	0.00	1.50	0.00	0.00	
30-abr-20	0.00	1.80	0.00	0.00	



EASYBAL- BALANCE DIARIO URBANO 2019-2020					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-may-20	0.00	1.60	0.00	0.00	
02-may-20	0.00	1.50	0.00	0.00	
03-may-20	0.90	1.40	0.00	0.00	
04-may-20	0.00	1.30	0.00	0.00	
05-may-20	0.00	1.30	0.00	0.00	
06-may-20	0.00	1.00	0.00	0.00	
07-may-20	0.00	1.10	0.00	0.00	
08-may-20	0.00	1.20	0.00	0.00	
09-may-20	0.00	1.30	0.00	0.00	
10-may-20	0.00	1.30	0.00	0.00	
11-may-20	0.00	1.40	0.00	0.00	
12-may-20	0.00	1.20	0.00	0.00	
13-may-20	0.00	1.20	0.00	0.00	
14-may-20	0.00	1.10	0.00	0.00	
15-may-20	0.00	1.00	0.00	0.00	
16-may-20	0.00	1.20	0.00	0.00	
17-may-20	0.00	1.40	0.00	0.00	
18-may-20	0.00	1.60	0.00	0.00	
19-may-20	0.00	1.20	0.00	0.00	
20-may-20	0.00	1.30	0.00	0.00	-1.00
21-may-20	0.00	1.10	0.00	0.00	-1.10
22-may-20	0.00	0.90	0.00	0.00	-0.90
23-may-20	0.00	0.80	0.00	0.00	-0.80
24-may-20	0.00	0.80	0.00	0.00	-0.80
25-may-20	0.00	1.00	0.00	0.00	-1.00
26-may-20	0.00	0.90	0.00	0.00	-0.90
27-may-20	0.00	0.90	0.00	0.00	-0.90
28-may-20	0.00	1.00	0.00	0.00	-1.00
29-may-20	0.00	1.00	0.00	0.00	-1.00
30-may-20	0.00	1.00	0.00	0.00	-1.00
31-may-20	0.00	0.70	0.00	0.00	-0.70



EASYBAL- BALANCE DIARIO URBANO 2019-2020				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-jun-20	0.00	0.80	0.00	-0.80
02-jun-20	0.00	0.70	0.00	-0.70
03-jun-20	0.00	0.80	0.00	-0.80
04-jun-20	0.00	0.80	0.00	-0.80
05-jun-20	0.00	0.80	0.00	-0.80
06-jun-20	0.00	0.80	0.00	-0.80
07-jun-20	0.00	0.80	0.00	-0.80
08-jun-20	0.00	0.90	0.00	-0.90
09-jun-20	0.00	0.90	0.00	-0.90
10-jun-20	0.00	0.80	0.00	-0.80
11-jun-20	0.00	0.90	0.00	-0.90
12-jun-20	0.00	0.80	0.00	-0.80
13-jun-20	0.00	0.80	0.00	-0.80
14-jun-20	0.00	0.70	0.00	-0.70
15-jun-20	0.00	0.70	0.00	-0.70
16-jun-20	0.00	0.80	0.00	-0.80
17-jun-20	0.50	0.90	0.00	-0.40
18-jun-20	0.00	1.10	0.00	-1.10
19-jun-20	0.00	0.80	0.00	-0.80
20-jun-20	0.00	0.70	0.00	-0.70
21-jun-20	0.00	0.70	0.00	-0.70
22-jun-20	0.70	1.20	0.00	-0.50
23-jun-20	0.00	0.70	0.00	-0.70
24-jun-20	0.00	0.70	0.00	-0.70
25-jun-20	0.00	0.70	0.00	-0.70
26-jun-20	0.00	0.70	0.00	-0.70
27-jun-20	0.00	0.60	0.00	-0.60
28-jun-20	0.00	0.90	0.00	-0.90
29-jun-20	0.00	0.70	0.00	-0.70
30-jun-20	0.50	0.70	0.00	-0.20
TOTALES	883.00	1100.10	25.60	



EASY BAL-BALANCE DIARIO URBANO 2020-2021					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-jul-20	0.00	0.70	0.00	-0.70	
02-jul-20	0.00	0.70	0.00	-0.70	
03-jul-20	0.00	0.70	0.00	-0.70	
04-jul-20	0.00	0.80	0.00	-0.80	
05-jul-20	0.00	0.80	0.00	-0.80	
06-jul-20	0.00	0.80	0.00	-0.80	
07-jul-20	0.00	0.70	0.00	-0.70	
08-jul-20	0.00	0.70	0.00	-0.70	
09-jul-20	0.00	0.70	0.00	-0.70	
10-jul-20	0.00	0.80	0.00	-0.80	
11-jul-20	0.00	0.90	0.00	-0.90	
12-jul-20	0.00	0.90	0.00	-0.90	
13-jul-20	0.00	0.90	0.00	-0.90	
14-jul-20	0.00	0.80	0.00	-0.80	
15-jul-20	0.00	0.90	0.00	-0.90	
16-jul-20	0.00	0.90	0.00	-0.90	
17-jul-20	0.00	1.10	0.00	-1.10	
18-jul-20	0.00	1.00	0.00	-1.00	
19-jul-20	0.00	0.80	0.00	-0.80	
20-jul-20	0.00	0.80	0.00	-0.80	
21-jul-20	0.00	0.80	0.00	-0.80	
22-jul-20	0.00	0.70	0.00	-0.70	
23-jul-20	0.00	0.90	0.00	-0.90	
24-jul-20	0.00	0.90	0.00	-0.90	
25-jul-20	0.00	1.00	0.00	-1.00	
26-jul-20	0.00	1.10	0.00	-1.10	
27-jul-20	0.00	1.20	0.00	-1.20	
28-jul-20	0.00	1.10	0.00	-1.10	
29-jul-20	0.00	1.00	0.00	-1.00	
30-jul-20	0.00	1.10	0.00	-1.10	
31-jul-20	0.00	1.30	0.00	-1.30	



EASY BAL-BALANCE DIARIO URBANO 2020-2021					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-ago-20	0.00	1.40	0.00	-1.40	
02-ago-20	0.00	1.60	0.00	-1.60	
03-ago-20	0.00	1.70	0.00	-1.70	
04-ago-20	0.00	2.20	0.00	-2.20	
05-ago-20	0.00	1.90	0.00	-1.90	
06-ago-20	0.00	2.20	0.00	-2.20	
07-ago-20	0.20	1.40	0.00	-1.20	
08-ago-20	0.00	1.40	0.00	-1.40	
09-ago-20	0.00	1.30	0.00	-1.30	
10-ago-20	0.00	1.70	0.00	-1.70	
11-ago-20	0.00	1.50	0.00	-1.50	
12-ago-20	0.00	1.40	0.00	-1.40	
13-ago-20	0.00	1.60	0.00	-1.60	
14-ago-20	0.00	1.80	0.00	-1.80	
15-ago-20	0.00	1.80	0.00	-1.80	
16-ago-20	0.00	1.70	0.00	-1.70	
17-ago-20	0.00	1.90	0.00	-1.90	
18-ago-20	0.00	2.00	0.00	-2.00	
19-ago-20	0.00	1.90	0.00	-1.90	
20-ago-20	0.00	1.30	0.00	-1.30	
21-ago-20	0.00	1.70	0.00	-1.70	
22-ago-20	0.00	1.90	0.00	-1.90	
23-ago-20	0.00	2.00	0.00	-2.00	
24-ago-20	0.00	2.20	0.00	-2.20	
25-ago-20	19.00	2.60	0.00	0.00	
26-ago-20	0.00	2.60	0.00	0.00	
27-ago-20	0.00	1.90	0.00	0.00	
28-ago-20	2.00	2.10	0.00	0.00	
29-ago-20	0.00	2.50	0.00	0.00	
30-ago-20	0.00	1.80	0.00	0.00	
31-ago-20	0.00	2.00	0.00	0.00	



EASY BAL-BALANCE DIARIO URBANO 2020-2021					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-sep-20	21.00	1.60	0.00	0.00	
02-sep-20	19.00	1.20	3.70	0.00	
03-sep-20	0.00	1.10	0.00	0.00	
04-sep-20	0.00	1.50	0.00	0.00	
05-sep-20	0.00	2.00	0.00	0.00	
06-sep-20	0.00	2.20	0.00	0.00	
07-sep-20	0.00	1.90	0.00	0.00	
08-sep-20	0.00	2.30	0.00	0.00	
09-sep-20	0.40	2.40	0.00	0.00	
10-sep-20	0.00	2.30	0.00	0.00	
11-sep-20	0.30	2.80	0.00	0.00	
12-sep-20	0.00	2.10	0.00	0.00	
13-sep-20	0.00	2.60	0.00	0.00	
14-sep-20	0.00	2.60	0.00	0.00	
15-sep-20	0.00	2.50	0.00	0.00	
16-sep-20	0.00	2.40	0.00	0.00	
17-sep-20	0.00	2.80	0.00	0.00	
18-sep-20	0.00	3.50	0.00	0.00	
19-sep-20	0.00	2.50	0.00	0.00	
20-sep-20	0.00	2.30	0.00	0.00	-2.10
21-sep-20	0.00	2.80	0.00	0.00	-2.80
22-sep-20	0.00	3.00	0.00	0.00	-3.00
23-sep-20	0.00	2.60	0.00	0.00	-2.60
24-sep-20	0.00	3.50	0.00	0.00	-3.50
25-sep-20	21.00	3.80	0.00	0.00	0.00
26-sep-20	0.50	2.70	0.00	0.00	0.00
27-sep-20	0.00	2.60	0.00	0.00	0.00
28-sep-20	0.00	2.30	0.00	0.00	0.00
29-sep-20	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00
30-sep-20	0.00	3.80	0.00	0.00	0.00



EASY BAL-BALANCE DIARIO URBANO 2020-2021					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-oct-20	0.00	4.60	0.00	-1.80	
02-oct-20	0.00	2.60	0.00	-2.60	
03-oct-20	0.00	2.90	0.00	-2.90	
04-oct-20	0.00	2.50	0.00	-2.50	
05-oct-20	0.00	2.60	0.00	-2.60	
06-oct-20	0.00	2.60	0.00	-2.60	
07-oct-20	0.00	3.90	0.00	-3.90	
08-oct-20	0.00	4.00	0.00	-4.00	
09-oct-20	0.00	4.00	0.00	-4.00	
10-oct-20	0.60	4.00	0.00	-3.40	
11-oct-20	0.00	4.60	0.00	-4.60	
12-oct-20	0.00	3.90	0.00	-3.90	
13-oct-20	0.00	4.20	0.00	-4.20	
14-oct-20	0.00	4.80	0.00	-4.80	
15-oct-20	0.00	4.90	0.00	-4.90	
16-oct-20	0.60	4.40	0.00	-3.80	
17-oct-20	0.00	4.80	0.00	-4.80	
18-oct-20	0.00	5.20	0.00	-5.20	
19-oct-20	17.00	5.80	0.00	0.00	
20-oct-20	0.00	4.80	0.00	0.00	
21-oct-20	4.00	2.30	0.00	0.00	
22-oct-20	20.00	3.50	0.00	0.00	
23-oct-20	0.00	2.10	0.00	0.00	
24-oct-20	48.00	3.60	2.90	0.00	
25-oct-20	2.00	4.10	0.00	0.00	
26-oct-20	0.00	3.50	0.00	0.00	
27-oct-20	0.00	4.20	0.00	0.00	
28-oct-20	4.00	4.50	0.00	0.00	
29-oct-20	0.00	3.50	0.00	0.00	
30-oct-20	0.00	3.50	0.00	0.00	
31-oct-20	0.00	4.00	0.00	0.00	



EASY BAL-BALANCE DIARIO URBANO 2020-2021				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-nov-20	0.00	4.30	0.00	0.00
02-nov-20	0.00	4.90	0.00	0.00
03-nov-20	0.00	4.70	0.00	0.00
04-nov-20	0.00	4.90	0.00	-1.10
05-nov-20	0.00	4.40	0.00	-4.40
06-nov-20	0.00	4.60	0.00	-4.60
07-nov-20	0.00	4.70	0.00	-4.70
08-nov-20	0.30	5.10	0.00	-4.80
09-nov-20	0.00	4.40	0.00	-4.40
10-nov-20	0.00	4.20	0.00	-4.20
11-nov-20	0.00	4.60	0.00	-4.60
12-nov-20	0.00	5.10	0.00	-5.10
13-nov-20	3.00	5.50	0.00	-2.50
14-nov-20	0.00	5.50	0.00	-5.50
15-nov-20	0.00	3.90	0.00	-3.90
16-nov-20	0.00	4.40	0.00	-4.40
17-nov-20	3.00	5.50	0.00	-2.50
18-nov-20	0.00	5.40	0.00	-5.40
19-nov-20	0.00	4.90	0.00	-4.90
20-nov-20	0.00	5.20	0.00	-5.20
21-nov-20	0.00	5.30	0.00	-5.30
22-nov-20	0.00	5.40	0.00	-5.40
23-nov-20	0.00	6.10	0.00	-6.10
24-nov-20	6.00	6.40	0.00	-0.40
25-nov-20	0.00	6.40	0.00	-6.40
26-nov-20	0.00	4.80	0.00	-4.80
27-nov-20	17.00	4.40	0.00	0.00
28-nov-20	0.00	6.10	0.00	0.00
29-nov-20	0.00	4.40	0.00	0.00
30-nov-20	0.00	5.10	0.00	-3.00



EASY BAL-BALANCE DIARIO URBANO 2020-2021					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-dic-20	4.00	5.00	0.00	-1.00	
02-dic-20	3.00	5.20	0.00	-2.20	
03-dic-20	0.00	3.80	0.00	-3.80	
04-dic-20	0.00	6.00	0.00	-6.00	
05-dic-20	0.00	5.30	0.00	-5.30	
06-dic-20	0.00	5.10	0.00	-5.10	
07-dic-20	0.00	5.30	0.00	-5.30	
08-dic-20	0.00	5.60	0.00	-5.60	
09-dic-20	0.00	6.10	0.00	-6.10	
10-dic-20	4.00	6.60	0.00	-2.60	
11-dic-20	0.00	6.80	0.00	-6.80	
12-dic-20	5.00	5.60	0.00	-0.60	
13-dic-20	0.00	5.70	0.00	-5.70	
14-dic-20	0.00	4.50	0.00	-4.50	
15-dic-20	0.00	6.00	0.00	-6.00	
16-dic-20	0.00	4.90	0.00	-4.90	
17-dic-20	3.00	5.70	0.00	-2.70	
18-dic-20	21.00	6.60	0.00	0.00	
19-dic-20	0.00	5.30	0.00	0.00	
20-dic-20	0.00	4.10	0.00	0.00	
21-dic-20	0.00	4.90	0.00	0.00	
22-dic-20	0.00	5.80	0.00	-5.70	
23-dic-20	0.00	5.80	0.00	-5.80	
24-dic-20	0.00	5.90	0.00	-5.90	
25-dic-20	0.00	5.30	0.00	-5.30	
26-dic-20	0.00	5.30	0.00	-5.30	
27-dic-20	0.00	5.30	0.00	-5.30	
28-dic-20	4.00	6.20	0.00	-2.20	
29-dic-20	8.00	5.70	0.00	0.00	
30-dic-20	0.00	6.10	0.00	-3.80	
31-dic-20	0.00	5.00	0.00	-5.00	



EASY BAL-BALANCE DIARIO URBANO 2020-2021					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-ene-21	0.00	5.70	0.00	-5.70	
02-ene-21	0.00	6.00	0.00	-6.00	
03-ene-21	0.00	6.30	0.00	-6.30	
04-ene-21	0.00	5.60	0.00	-5.60	
05-ene-21	0.00	5.60	0.00	-5.60	
06-ene-21	0.00	5.60	0.00	-5.60	
07-ene-21	0.00	4.50	0.00	-4.50	
08-ene-21	10.00	6.40	0.00	0.00	
09-ene-21	0.00	4.80	0.00	-1.20	
10-ene-21	46.00	5.30	0.00	0.00	
11-ene-21	21.00	6.20	0.00	0.00	
12-ene-21	0.00	4.60	0.00	0.00	
13-ene-21	0.00	5.60	0.00	0.00	
14-ene-21	26.00	5.30	1.00	0.00	
15-ene-21	4.00	5.40	0.00	0.00	
16-ene-21	0.00	3.70	0.00	0.00	
17-ene-21	0.00	3.60	0.00	0.00	
18-ene-21	0.00	5.10	0.00	0.00	
19-ene-21	0.00	5.50	0.00	0.00	
20-ene-21	0.00	5.50	0.00	0.00	
21-ene-21	0.00	5.50	0.00	0.00	
22-ene-21	0.00	5.40	0.00	0.00	
23-ene-21	0.00	5.50	0.00	-2.20	
24-ene-21	0.00	5.60	0.00	-5.60	
25-ene-21	0.00	5.50	0.00	-5.50	
26-ene-21	0.00	5.40	0.00	-5.40	
27-ene-21	9.00	5.30	0.00	0.00	
28-ene-21	66.00	5.40	0.00	0.00	
29-ene-21	23.00	3.90	1.40	0.00	
30-ene-21	2.00	4.20	0.00	0.00	
31-ene-21	11.00	3.30	5.50	0.00	



EASYBAL-BALANCE DIARIO URBANO 2020-2021					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-feb-21	0.50	3.50	0.00	0.00	
02-feb-21	6.00	3.70	0.00	0.00	
03-feb-21	0.00	3.10	0.00	0.00	
04-feb-21	0.00	4.50	0.00	0.00	
05-feb-21	0.00	4.80	0.00	0.00	
06-feb-21	0.00	4.90	0.00	0.00	
07-feb-21	0.00	5.00	0.00	0.00	
08-feb-21	0.00	5.10	0.00	0.00	
09-feb-21	0.00	3.60	0.00	0.00	
10-feb-21	0.00	4.10	0.00	0.00	
11-feb-21	0.00	4.30	0.00	0.00	-1.10
12-feb-21	0.70	4.30	0.00	0.00	-3.60
13-feb-21	7.00	4.30	0.00	0.00	0.00
14-feb-21	0.00	4.70	0.00	0.00	-2.00
15-feb-21	1.00	4.80	0.00	0.00	-3.80
16-feb-21	0.00	3.80	0.00	0.00	-3.80
17-feb-21	0.00	4.30	0.00	0.00	-4.30
18-feb-21	2.00	5.00	0.00	0.00	-3.00
19-feb-21	0.00	5.10	0.00	0.00	-5.10
20-feb-21	0.00	3.50	0.00	0.00	-3.50
21-feb-21	0.00	4.30	0.00	0.00	-4.30
22-feb-21	0.00	4.80	0.00	0.00	-4.80
23-feb-21	0.00	4.60	0.00	0.00	-4.60
24-feb-21	0.00	4.40	0.00	0.00	-4.40
25-feb-21	0.00	4.70	0.00	0.00	-4.70
26-feb-21	0.00	4.70	0.00	0.00	-4.70
27-feb-21	0.00	4.80	0.00	0.00	-4.80
28-feb-21	17.00	4.60	0.00	0.00	0.00



EASY BAL-BALANCE DIARIO URBANO 2020-2021					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-mar-21	0.00	3.30	0.00	0.00	
02-mar-21	0.00	3.90	0.00	0.00	
03-mar-21	0.00	3.90	0.00	0.00	
04-mar-21	0.00	3.90	0.00	-2.60	
05-mar-21	0.00	3.80	0.00	-3.80	
06-mar-21	0.00	3.40	0.00	-3.40	
07-mar-21	0.00	3.90	0.00	-3.90	
08-mar-21	0.00	4.00	0.00	-4.00	
09-mar-21	0.00	3.90	0.00	-3.90	
10-mar-21	0.00	3.80	0.00	-3.80	
11-mar-21	13.00	4.00	0.00	0.00	
12-mar-21	0.00	2.90	0.00	0.00	
13-mar-21	0.00	3.70	0.00	0.00	
14-mar-21	6.00	3.80	0.00	0.00	
15-mar-21	27.00	3.00	0.00	0.00	
16-mar-21	11.00	2.20	0.00	0.00	
17-mar-21	0.00	2.60	0.00	0.00	
18-mar-21	0.00	1.90	0.00	0.00	
19-mar-21	0.30	2.60	0.00	0.00	
20-mar-21	0.00	3.00	0.00	0.00	
21-mar-21	0.00	2.40	0.00	0.00	
22-mar-21	0.00	3.00	0.00	0.00	
23-mar-21	0.00	2.70	0.00	0.00	
24-mar-21	71.00	3.10	0.00	0.00	
25-mar-21	2.00	3.10	0.00	0.00	
26-mar-21	2.00	2.10	0.00	0.00	
27-mar-21	1.00	1.80	0.00	0.00	
28-mar-21	0.00	1.80	0.00	0.00	
29-mar-21	0.00	2.10	0.00	0.00	
30-mar-21	0.00	2.80	0.00	0.00	
31-mar-21	0.00	2.90	0.00	0.00	



EASY BAL-BALANCE DIARIO URBANO 2020-2021				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-abr-21	0.00	2.80	0.00	0.00
02-abr-21	0.00	2.70	0.00	0.00
03-abr-21	0.00	2.80	0.00	0.00
04-abr-21	0.00	2.80	0.00	0.00
05-abr-21	0.00	2.90	0.00	0.00
06-abr-21	0.00	3.00	0.00	0.00
07-abr-21	0.00	2.90	0.00	0.00
08-abr-21	79.00	3.00	0.00	0.00
09-abr-21	9.00	1.60	0.00	0.00
10-abr-21	5.00	1.60	0.00	0.00
11-abr-21	0.00	1.70	0.00	0.00
12-abr-21	0.00	2.00	0.00	0.00
13-abr-21	0.00	2.40	0.00	0.00
14-abr-21	0.00	2.40	0.00	0.00
15-abr-21	0.00	2.30	0.00	0.00
16-abr-21	0.00	2.50	0.00	0.00
17-abr-21	0.00	2.60	0.00	0.00
18-abr-21	0.00	2.50	0.00	0.00
19-abr-21	0.00	2.40	0.00	0.00
20-abr-21	0.00	2.30	0.00	0.00
21-abr-21	10.00	2.20	0.00	0.00
22-abr-21	0.00	1.50	0.00	0.00
23-abr-21	23.00	1.90	0.00	0.00
24-abr-21	0.00	1.50	0.00	0.00
25-abr-21	0.00	1.80	0.00	0.00
26-abr-21	0.00	1.60	0.00	0.00
27-abr-21	0.00	1.80	0.00	0.00
28-abr-21	0.00	1.80	0.00	0.00
29-abr-21	0.00	1.90	0.00	0.00
30-abr-21	0.00	1.80	0.00	0.00



EASY BAL-BALANCE DIARIO URBANO 2020-2021				
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)
01-may-21	0.00	1.60	0.00	0.00
02-may-21	0.00	1.70	0.00	0.00
03-may-21	0.00	1.80	0.00	0.00
04-may-21	0.00	1.70	0.00	0.00
05-may-21	0.00	1.10	0.00	0.00
06-may-21	0.00	1.10	0.00	0.00
07-may-21	0.00	1.20	0.00	0.00
08-may-21	0.00	1.20	0.00	0.00
09-may-21	0.00	1.20	0.00	0.00
10-may-21	0.00	1.20	0.00	0.00
11-may-21	0.00	1.10	0.00	0.00
12-may-21	0.00	1.10	0.00	0.00
13-may-21	0.00	1.10	0.00	0.00
14-may-21	0.00	1.10	0.00	0.00
15-may-21	0.00	1.10	0.00	0.00
16-may-21	0.00	1.10	0.00	0.00
17-may-21	0.00	1.20	0.00	0.00
18-may-21	0.00	1.10	0.00	0.00
19-may-21	0.00	1.10	0.00	0.00
20-may-21	28.00	1.10	0.00	0.00
21-may-21	13.00	0.80	0.00	0.00
22-may-21	8.00	0.70	5.40	0.00
23-may-21	0.00	1.60	0.00	0.00
24-may-21	0.00	0.90	0.00	0.00
25-may-21	0.00	0.90	0.00	0.00
26-may-21	0.00	0.90	0.00	0.00
27-may-21	0.00	1.00	0.00	0.00
28-may-21	0.00	1.00	0.00	0.00
29-may-21	0.00	1.00	0.00	0.00
30-may-21	0.00	0.80	0.00	0.00
31-may-21	0.00	0.80	0.00	0.00



EASYBAL-BALANCE DIARIO URBANO 2020-2021					
DÍA	P (mm)	ETP (mm)	Recarga (mm)	Déficit (mm)	
01-jun-21	0.00	1.00	0.00	0.00	
02-jun-21	0.00	0.80	0.00	0.00	
03-jun-21	0.00	1.20	0.00	0.00	
04-jun-21	0.00	1.00	0.00	0.00	
05-jun-21	0.00	1.20	0.00	0.00	
06-jun-21	0.00	0.90	0.00	0.00	
07-jun-21	0.00	0.70	0.00	0.00	
08-jun-21	0.00	0.80	0.00	0.00	
09-jun-21	0.00	0.80	0.00	0.00	
10-jun-21	0.00	0.90	0.00	0.00	
11-jun-21	0.00	0.90	0.00	0.00	
12-jun-21	0.00	0.80	0.00	0.00	
13-jun-21	0.00	0.80	0.00	0.00	
14-jun-21	0.00	0.90	0.00	0.00	
15-jun-21	0.00	0.80	0.00	0.00	
16-jun-21	0.00	1.20	0.00	0.00	
17-jun-21	0.00	0.60	0.00	0.00	
18-jun-21	0.00	0.60	0.00	0.00	
19-jun-21	0.00	0.60	0.00	0.00	
20-jun-21	0.00	0.70	0.00	0.00	
21-jun-21	0.00	0.70	0.00	0.00	
22-jun-21	0.00	0.70	0.00	0.00	
23-jun-21	0.00	0.70	0.00	0.00	
24-jun-21	0.00	0.70	0.00	0.00	
25-jun-21	1.00	1.20	0.00	0.00	
26-jun-21	0.00	0.70	0.00	0.00	
27-jun-21	0.50	0.70	0.00	0.00	
28-jun-21	0.00	0.60	0.00	0.00	
29-jun-21	0.00	1.20	0.00	0.00	
30-jun-21	0.00	0.60	0.00	0.00	
TOTALES	822.90	1107.90	19.90		