



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

PROCESO HACIA EL MONITOREO CONTINUO DE SANEAMIENTO EXPERIENCIAS ADQUIRIDAS Y PERSPECTIVAS A FUTURO

Natalia Tolosa (*)

Intendencia de Montevideo – Departamento de Desarrollo Ambiental – División Saneamiento- Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento. Unidad Estudios hidrológicos



Marcos Lisboa

Intendencia de Montevideo – Departamento de Desarrollo Ambiental – División Saneamiento- Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento. Director Unidad de Estudios Hidrológicos

Pablo Guido

Intendencia de Montevideo – Departamento de Desarrollo Ambiental – División Saneamiento- Director del Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento.

TEMA:

Dirección del autor principal (*): Montevideo – Departamento de Montevideo, Uruguay - Tel.: +598 95001816 – e-mail: maria.tolosa@imm.gub.uy

RESUMEN

Los objetivos primarios de la red de saneamiento y drenaje son: brindar a la población un sistema de saneamiento compuesto por redes diseñadas para recoger las aguas residuales generadas y tratamientos para disponerlas adecuadamente en el ambiente, minimizando el impacto de éstas sobre los cuerpos receptores (cursos de agua internos, playas y Río de la Plata); y brindar a la población un sistema de drenaje que permita que sus actividades puedan continuar sin inconvenientes durante eventos de precipitación y no generen afectaciones en edificaciones.

El sistema actual de saneamiento y drenaje de Montevideo comprende aproximadamente 3.000 km de colectores en su mayor parte unitarios, con aproximadamente 200 puntos de alivio a cuerpos receptores de agua, y dos emisarios subacuáticos con pretratamiento en Punta Carretas y Punta Yeguas respectivamente, entre otros componentes.

En la última década los efectos del cambio climático en precipitaciones extremas y la ocurrencia de eventos de lluvias frecuentes se han puesto de manifiesto en el impacto resultante sobre la infraestructura pública de saneamiento.

Resulta de gran importancia contar con el conocimiento del funcionamiento de la red para mejorar la gestión tanto en la operación como en el mantenimiento de la misma, e identificar de forma anticipada los problemas y sus soluciones.

En este trabajo se presentan las experiencias obtenidas durante el desarrollo del Sistema de Monitoreo del Saneamiento de Montevideo, desde la instalación de las primeras sondas de nivel cuyo propósito inicial era exclusivamente la medición, hasta la creación de una red hidrometeorológica que contribuye a una gestión más eficiente del sistema. Además, se detallan las perspectivas futuras vinculadas a la implementación del proyecto "Sistema de Monitoreo Continuo de la Red de Saneamiento de Montevideo", que forma parte del Plan de Saneamiento Urbano VI (PSU VI). Este proyecto incluye una red de sensores con transmisión continua de datos en 85 ubicaciones clave dentro del sistema de saneamiento, permitiendo



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

un monitoreo en tiempo real que mejora la respuesta ante eventos extremos y fallas del sistema.

También se destacan los avances en el proyecto "Monitoreo de caudales y niveles mediante velocimetría por imágenes en canales y aliviaderos del sistema de saneamiento de Montevideo", desarrollado conjuntamente por la Facultad de Ingeniería (FING) y la Intendencia de Montevideo (IM). Este proyecto, financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) en el marco del Programa IM-Udelar "Ing. Oscar Maggiolo", incorpora tecnologías avanzadas de monitoreo que permiten medir de manera precisa los caudales y niveles en canales y aliviaderos a través del uso de imágenes, contribuyendo significativamente al mejor entendimiento y manejo del sistema de saneamiento.

Palabras Clave (en negritas): drenaje, monitoreo, saneamiento, sonda, tiempo real, visualización.

INTRODUCCIÓN

El monitoreo de infraestructuras civiles, como las redes de saneamiento y drenaje, ha tenido una larga historia en todo el mundo. No obstante, en los últimos años ha cobrado un impulso significativo debido a factores clave. El cambio climático, que ha incrementado la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos extremos, ha evidenciado la necesidad de gestionar de manera más eficiente estas infraestructuras. Los sistemas de saneamiento y drenaje, diseñados originalmente para condiciones climáticas y demográficas diferentes, ahora enfrentan desafíos adicionales debido al crecimiento urbano y a la presión sobre los recursos hídricos.

El uso de sensores en tiempo real, junto con tecnologías de monitoreo remoto y modelado hidráulico avanzado, ha permitido a las ciudades adaptar sus redes de saneamiento a estas nuevas realidades. Esto ha optimizado el control del flujo de aguas residuales y pluviales, además de prevenir desbordamientos y daños estructurales.

Siguiendo esta tendencia, Montevideo cuenta con el Plan Director de Saneamiento y Drenaje Urbano de Montevideo (PDSUM) desde 2019, con una proyección de obras y mejoras hasta 2050. Este plan no solo responde a la necesidad de gestionar eficientemente las aguas residuales, sino también a identificar y resolver problemas actuales, además de anticipar desafíos futuros, como los impactos del cambio climático y la mayor variabilidad meteorológica.

Entre los objetivos del PDSUM se plantea optimizar la red de saneamiento para evitar inconvenientes en la capacidad de la red de colectores como desbordamientos, mejorar la calidad del agua y proteger el ambiente, abordando directamente los problemas críticos que se han identificado en el sistema. Asimismo, incorpora herramientas de monitoreo y diagnóstico continuo, lo que permite la detección temprana de fallos y mejora la capacidad de respuesta ante emergencias. Esta planificación proactiva asegura la operación eficiente del sistema actual, mientras prepara a la ciudad para enfrentar los retos futuros en materia de saneamiento.

Con base en los principios fundamentales de una ciudad inteligente, que busca integrar tecnología avanzada para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos mediante una gestión eficiente y sostenible de los recursos, el uso de sistemas de monitoreo continuo y tecnologías para la detección temprana de problemas permite responder a las necesidades actuales, y anticipar los desafíos venideros, alineándose con el concepto de una ciudad capaz de tomar decisiones informadas en tiempo real.

En este marco, la implementación de sensores y herramientas digitales mejora la eficiencia operativa del sistema de saneamiento, optimiza el uso de recursos y reduce el riesgo de desbordamientos e inundaciones. Esto convierte a Montevideo en una ciudad resiliente, capaz de adaptarse a los cambios provocados por el cambio climático, mientras mejora la toma de decisiones basadas en datos y permite una respuesta rápida ante emergencias.

Estas características no solo garantizan la sostenibilidad a largo plazo, sino que también alinean a Montevideo con las mejores prácticas globales de las ciudades inteligentes, asegurando que las decisiones



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

urbanas se basen en datos confiables y actualizados. De este modo, se busca garantizar un saneamiento resiliente, eficiente y sostenible, con una infraestructura capaz de adaptarse a las necesidades cambiantes y al crecimiento de la ciudad, mientras minimiza el impacto ambiental.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es compartir aprendizajes y experiencias obtenidas desde la implementación de los primeros sensores utilizados por el Servicio en el monitoreo de redes de saneamiento, hasta la evolución tecnológica que se plantea hoy en el marco del PSU VI. A lo largo del tiempo, la utilización de distintos tipos de sensores y estaciones pluviométricas ha permitido adquirir mayor conocimiento sobre sus ventajas, limitaciones y posibilidades de mejoras. Este trabajo busca transmitir y documentar el proceso realizado junto a la evolución tecnológica y mostrar cómo las nuevas herramientas implementadas, como los sistemas de monitoreo en tiempo real y las estaciones avanzadas de medición, permiten una gestión eficiente, proactiva y sostenible del sistema de saneamiento.

ALCANCE

El alcance de este trabajo cubre la evolución del monitoreo en las redes de saneamiento de Montevideo, desde los primeros sensores instalados hasta los trabajos actuales basados en estudios y propuestas en el marco de PDSUM y PSU VI. Se analizarán las experiencias obtenidas con los sensores instalados inicialmente, destacando los desafíos superados y las mejoras logradas a lo largo del tiempo. Particularmente, se hará mención a la evolución tecnológica, permitiendo el registro de datos y su visualización en tiempo real, enfatizando su impacto en la gestión eficiente del sistema.

MARCO CONCEPTUAL

El presente trabajo se enmarca en la evolución y aplicación de tecnologías de monitoreo en redes de saneamiento y drenaje urbano, con un enfoque particular en el uso de sensores en tiempo real y su impacto en la gestión eficiente de estas infraestructuras. A continuación, se detallan los conceptos clave que fundamentan este análisis.

Saneamiento y Drenaje Urbano

El saneamiento y drenaje urbano comprenden el conjunto de infraestructuras y sistemas diseñados para recolectar, transportar y tratar tanto las aguas residuales como pluviales, contribuyendo así a la protección de la salud pública y el ambiente. La gestión eficiente de estas redes es fundamental en contextos urbanos, donde las demandas del crecimiento poblacional y las presiones ambientales requieren infraestructuras resilientes.

Sensores en Redes de Saneamiento

Existen diversos tipos de sensores utilizados en el monitoreo de las redes de saneamiento, incluyendo sensores de nivel, caudal, gas, imagen, calidad de aguas, pluviómetros y estaciones meteorológicas. Desde los primeros sistemas implementados en mediciones de parámetros de las redes de saneamiento, se ha evolucionado hacia tecnologías avanzadas capaces de operar en tiempo real y bajo condiciones adversas. La incorporación de sensores y tecnologías modernas, robustas, y adaptadas a esta infraestructura permite mejor respuesta a las nuevas demandas climáticas y urbanas, pudiendo monitorear en tiempo real el comportamiento de las aguas residuales y pluviales.



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

Ciudades Inteligentes y Saneamiento

El concepto de ciudad inteligente se refiere a la integración de tecnologías de la información y comunicación (TIC) para optimizar la eficiencia operativa y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. En este sentido, la aplicación de sensores en las redes de saneamiento posiciona a Montevideo como una ciudad inteligente, capaz de gestionar sus infraestructuras de manera proactiva y eficiente. La toma de decisiones basada en datos en tiempo real permite no solo mitigar riesgos, sino también optimizar recursos y reducir costos operativos, alineándose con objetivos de sostenibilidad y resiliencia.

Impacto del Cambio Climático

El cambio climático ha incrementado la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos, generando desafíos adicionales para las infraestructuras de saneamiento diseñadas bajo condiciones climáticas frecuentes. La capacidad de anticipar y gestionar estos eventos, a través de sistemas de monitoreo en tiempo real, se ha vuelto crítica para la operación continua y segura de las redes de saneamiento. En este contexto, la Intendencia de Montevideo tiene un enfoque preventivo, utilizando sensores a efectos de proyectar sistemas de alerta temprana para reducir el impacto de inundaciones.

Gestión Eficiente y Resiliencia

La resiliencia en las infraestructuras de saneamiento se refiere a la capacidad del sistema para recuperarse rápidamente de eventos adversos y adaptarse a nuevas condiciones, como el crecimiento poblacional o los efectos del cambio climático. El monitoreo en tiempo real proporciona una base sólida para una gestión eficiente, permitiendo identificar problemas antes de que se agraven y garantizando una respuesta ágil ante emergencias. En el caso de Montevideo, se orienta hacia una gestión basada en datos, lo que mejora la capacidad de respuesta y asegura la sostenibilidad del sistema en el largo plazo.

METODOLOGÍA

El enfoque metodológico de este trabajo es principalmente de carácter descriptivo y analítico, basado en la recopilación de datos históricos sobre el uso de sensores en redes de saneamiento, así como en la evaluación de las tecnologías empleadas hasta el momento.

Historia de la Implementación de Sensores en la Red de Saneamiento de Montevideo

En 2013 se llevó a cabo la instalación de los primeros 13 equipos de medición de la Red Hidrometeorológica de Montevideo (RHM), que incluyeron pluviómetros y anemómetros. Estos permitieron la medición de diversos parámetros climáticos esenciales para la gestión de redes de saneamiento y drenaje; en términos generales: mediciones de precipitación (lluvia), humedad relativa, temperatura ambiental, velocidad y dirección del viento, así como radiación solar, evaporación, presión atmosférica. Estos parámetros proporcionan información útil para optimizar la operación de las infraestructuras y mejorar la respuesta ante eventos climáticos adversos.

Inicialmente, los datos de estos equipos se relevaban de acuerdo con sus características técnicas, como la capacidad de la batería y las especificaciones del data logger, así como la frecuencia de mantenimiento estipulada por el Servicio en sus procedimientos. Cada mes, se llevaba a cabo una limpieza de los equipos, lo que permitía garantizar su correcto funcionamiento. Además, se realizaba el almacenamiento de los datos recolectados para su posterior procesamiento, dejando el equipo listo para continuar el registro de los datos del mes siguiente.



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

En el caso de algunas estaciones meteorológicas, los datos se obtenían directamente a través de un portal web proporcionado por el proveedor, lo que facilitaba el acceso remoto a la información registrada. Este acceso se encontraba limitado en cantidad de usuarios.

La ubicación de estos equipos se realizó priorizando el acceso y la frecuencia requerida para el mantenimiento, con el fin de garantizar su operación continua. Se consideró fundamental que dicho acceso pudiera ser ágil y sencillo ante la ocurrencia de un evento extremo, permitiendo la toma de datos sin retrasos

de acuerdo a las posibilidades. Las ubicaciones seleccionadas en esta etapa incluyeron domicilios particulares, así como centros de educación pública y privados, entre otros.

Entre los años 2014 y 2016, se profundizan las tareas de procesamiento a través del desarrollo de herramientas de cálculo, así como también en el mantenimiento de los equipos, estableciéndose mejoras en los procedimientos. Durante este período se adicionan 2 equipos de medición de precipitación permitiendo conocer el comportamiento de las lluvias en otras cuencas hidrológicas.

En cuanto al procesamiento de datos y generación de reportes, dependía sensiblemente de las capacidades y tareas del personal del Servicio encargado de la gestión de los equipos (Servicio de Estudios y Proyectos de Saneamiento – SEPS). Para lo cual se conformó un equipo de 2 personas a cargo tanto de la recolección del dato en el sitio, la descarga de los datos, su procesamiento y elaboración de informe correspondiente. De esta forma quedó establecido un protocolo con cronograma para la recolección de datos por equipos de medición en un tiempo total de 1 mes, y luego el procesamiento y elaboración de reporte en un tiempo total de 1 mes, totalizando un periodo de 2 meses el proceso completo desde la recolección del dato hasta la entrega de productos con información de resultados obtenidos y análisis de funcionamiento de la Red de monitoreo RHM.

Entre 2017 y 2018 se instalaron las primeras 3 sondas de nivel en registros de la red de saneamiento, lo que implicó un proceso de desarrollo y evaluación en aspectos como la fijación de los sensores, la conectividad y la alimentación eléctrica, diseñados específicamente para los sensores de nivel. Estas instalaciones de sondas de nivel conjuntamente con las estaciones pluviométricas instaladas en la cuenca de los Migueletes y de Arroyo Seco, se enmarcaron en un proyecto de alerta temprana para las inundaciones de La Paz y Rondeau, zona neurálgica del departamento en cuanto a riesgo por inundaciones en la ciudad.

Las instalaciones de estas sondas se vieron interrumpidas por dificultades en la integración con la infraestructura existente, lo que requirió perfeccionar los métodos de fijación, entre otros detalles.

Además, la calibración de estos equipos se tornó crucial, ya que las condiciones de funcionamiento de las sondas eran muy diversas, lo que exigió un trabajo exhaustivo para garantizar que los resultados se ajustaran al rango de confianza esperado.

Este proceso resultó en la definición de la ubicación óptima de las sondas dependiendo de cada caso, teniendo en cuenta el tipo de colector, tipo de registro, la profundidad, el tipo de fijación y las condiciones del flujo.

Durante este mismo período, se aumentó el número de pluviómetros en la trama urbana, con el objetivo de mejorar el conocimiento del comportamiento de la escorrentía en cuencas y puntos de interés.

En 2019, se impulsó fuertemente el concepto de Ciudades Inteligentes con el fin de integrar la transmisión en tiempo real de datos y generar una visualización adecuada de los mismos. Para lograr esto, se necesitaba una tecnología de transmisión apropiada para conectar los equipos a la red de la Intendencia de Montevideo (IM), lo que requirió un trabajo y desarrollo importante por parte del equipo de Ciudades Inteligentes de la IM para garantizar la correcta transmisión de los datos, contemplando la variabilidad de equipos, ubicaciones y modelos de sensores. Esta necesidad impulsó una evolución en los criterios de ubicación de sensores, donde la conectividad a la red de la IM se volvió un requisito esencial, así como también en los criterios de tecnologías a emplear.



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

A medida que se desarrollaba este aspecto de transmisión y visualización, se identificaron particularidades en la transmisión de los datos por cable, por wifi, mostrando huecos en los registros de ciertos equipos, problemas en la estabilidad de los datos, etc, lo que llevó a evaluar tecnologías alternativas: pruebas con PLC (controladores lógicos programables, traducción del inglés), data logger de distinta marca, transmisores, entre otros. Se establecieron contratos con ANTEL para asegurar una transmisión continua y confiable de los datos.

A finales de 2019, se lanzó el tablero de saneamiento en la plataforma Grafana, que permitió la visualización gráfica y sencilla de los datos generados y su descarga para los usuarios interesados de la Intendencia y externos con permisos de accesos. Este momento genera un hito histórico en el manejo de datos y monitoreo de la Intendencia de Montevideo, pudiendo acceder en tiempo real a datos de medición de lluvia y niveles en registros de saneamiento.

Con el inicio de la pandemia en marzo de 2020 las gestiones de los equipos instalados se vieron interrumpidas, lo que evidenció en primera instancia la necesidad crítica de mantenimiento de los equipos. Durante este período, se registraron fallas en los dispositivos, oxidación, obstrucciones y un rápido deterioro de algunos sus componentes principales. Al retomarse las actividades de mantenimiento, se concluyó además que la ubicación, el acceso, y el mantenimiento regular son aspectos clave para garantizar el funcionamiento adecuado de los equipos y así contar con datos confiables.

Esto llevó a una actualización en los criterios de ubicación, priorizando sitios con conexión a la red de la IM (SCADA, Plataforma FIWARE), y contar con stock de respaldo de equipos y piezas componentes de desgaste.

En este sentido, desde entonces se han realizado traslados de equipos a nuevas ubicaciones satisfaciendo los siguientes requisitos establecidos: comunicación a la red IM, facilidad de acceso, viabilidad de instalación, factores como la influencia de edificios, viento, riesgos de vandalismo, además de consideraciones de referencia indicadas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Se estableció la instalación de un pluviómetro cada 20 km² en la trama urbana, y para los casos de traslados a realizarse estos deben ser próximos a los efectos de preservar la trazabilidad de los datos entre los equipos; así se prevén unos 9 equipos de medición de lluvia a ser reubicados en estaciones de bombeo, infraestructura gestionada por la División de Saneamiento (DS) de la IM.

Desde entonces, complementariamente se trabaja para alcanzar lo que se denomina una red de monitoreo "robusta" con "datos estables": una vez recogido y procesado, ofrece precisión y confiabilidad. Esto es crucial para el análisis y la toma de decisiones, ya que proporciona una base confiable sobre la cual se pueden fundamentar acciones operativas, correctivas o predictivas. Un aspecto importante para lograr estos objetivos es contar con tecnologías similares y protocolos claros de comunicación.

Gracias a este desarrollo tecnológico, se ha logrado avanzar hacia una visualización en tiempo real de los datos generados por distintos sensores, no solo de los pluviómetros, sino también de los sensores de nivel, mediante la plataforma Grafana. Esta herramienta ha permitido consolidar los datos en una interfaz gráfica accesible, facilitando la comprensión y análisis de la información en tiempo real. Además, este avance ha posibilitado el desarrollo de proyectos complementarios como el Observatorio Ambiental, que brinda un enfoque integral para la gestión ambiental y del saneamiento en la ciudad.

Con el incremento del conocimiento sobre la instalación y funcionamiento de los sensores, se ha extendido la red de medición a áreas clave, incluyendo tanques de amortiguación y puntos de alivio importantes en la red de saneamiento. Entre los nuevos puntos de medición se destaca el monitoreo de los tanques de amortiguación Quijote, Liceo 26, Goes, Cufre y Matteotti, permitiendo mayor cobertura y control en sitios de interés del sistema, optimizando la capacidad de respuesta ante eventos climáticos y asegurando una gestión más eficiente del sistema de saneamiento.

En Ilustración 1, se presenta una imagen extraída desde la aplicación Grafana, desarrollada por el Departamento de Ciudades Inteligente de la IM, visualizando en un mapa los sensores instalados con medición en tiempo real. En Ilustración 2, a modo de ejemplo se muestran las curvas de precipitación



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país
acumulada durante una tormenta.

Por otro lado, en Ilustración 3 se presentan imágenes extraídas desde el Observatorio Ambiental de la Intendencia de Montevideo, donde se visualiza en tiempo real datos de medición de los sensores publicados a la población. La conformación del Observatorio así como la publicación de los datos abiertos marca otro hito histórico en cuanto al manejo de la información que favorecen al desarrollo del sistema de saneamiento en este caso, y mejora la eficiencia de forma colaborativa y transparente.

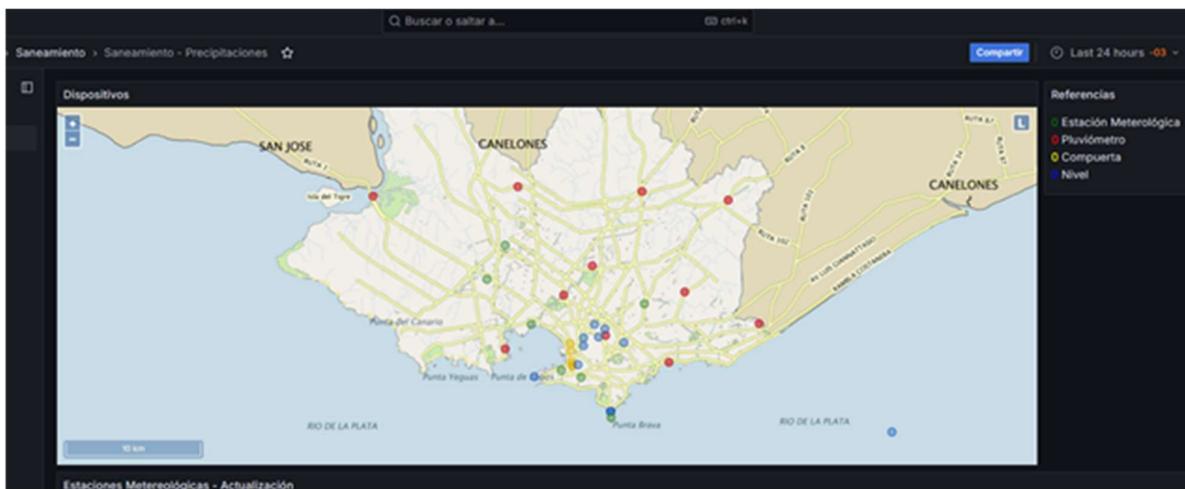


Ilustración 1: Visualización en Grafana - Distribución en el territorio de pluviómetros, compuertas y niveles.



Ilustración 2: Visualización en Grafana - Datos de precipitación a partir de equipos de medición de precipitación.



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

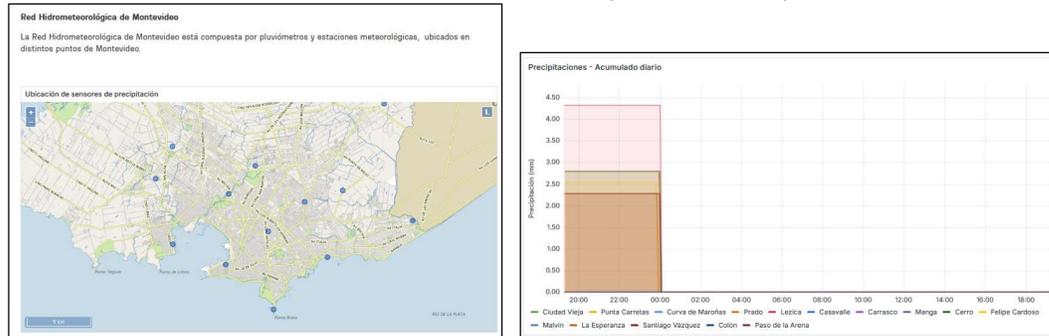


Ilustración 3: Visualización Observatorio Ambiental Intendencia de Montevideo – RHM

El poder contar con una red de monitoreo en tiempo real ha permitido realizar evaluaciones de la red y conocer el estado de situación posible en distintos sectores de la ciudad ante la ocurrencia de eventos de lluvia de importancia o inconvenientes por inundación, pudiendo además valorar el impacto. Este cambio ha sido sustancial desde los comienzos del desarrollo del monitoreo de sensores en Saneamiento, logrando mejorar significativamente los tiempos de respuesta de información y su procesamiento.

A saber, el 17 de enero de 2022 Montevideo experimentó un evento meteorológico extremo sin precedentes, que provocó severas inundaciones en diferentes zonas del territorio. En ese contexto, los sensores instalados en la red de saneamiento y drenaje desempeñaron un papel crucial para monitorear el comportamiento de la infraestructura bajo estas condiciones adversas.

Sensores de nivel instalados en tanques Quijote, Liceo 26, Goes y Cufre, así como los equipos de medición de precipitación, lograron registrar datos en tiempo real que permitieron identificar las áreas más afectadas y conocer cómo respondía la red de saneamiento a la sobrecarga de agua en el corto tiempo. Estos dispositivos proporcionaron información fundamental para el análisis del evento y para planificar acciones posteriores.

Sin embargo, las extremas condiciones de ese día también pusieron de manifiesto la necesidad primaria de contar con un adecuado y continuado mantenimiento de los equipos, y trabajar en estrategias de fortalecimiento y respuesta para asegurar la funcionalidad continua en momentos de crisis. Este evento subrayó la importancia de tener infraestructuras de monitoreo robustas, que puedan seguir operando incluso en los eventos más extremos, y contribuyó a la reevaluación de los criterios de instalación y mantenimiento de los sensores.

La red de Monitoreo y sus perspectivas Futuras

Los estudios y experiencias adquiridas en el conocimiento de la red de alcantarillado desde la División Saneamiento, junto con las propuestas desarrolladas en PDSUM, dan cuenta de la necesidad de implementar una red sólida de monitoreo para la mejora de su funcionamiento, la evaluación del estado de conservación y un aumento general de la eficiencia del sistema pudiendo reducir costos operativos y de mantenimiento, entre otros beneficios, de forma de poder dar garantías en la calidad de los datos obtenidos y respuesta ante eventos extremos o fallas. Cabe mencionar, con tal fin en el marco del PDSUM se ha previsto una inversión total de U\$S 8.5 millones destinada a la instalación de 450 nuevos sensores distribuidos en todo el departamento. Estos sensores, diseñados para monitorear la calidad del agua, caudal en estaciones de bombeo, niveles en aliviós de la red de saneamiento, niveles de tanques de amortiguación tanto abiertos como cerrados, y niveles en cursos de agua, forman la columna vertebral del sistema de monitoreo continuo del sistema integral.

En el marco del Plan de Saneamiento Urbano VI (PSU VI), entre 2021 y 2022 la DS trabajó en distintas propuestas en vías de lograr incrementar el monitoreo y control de la red de Saneamiento a través de nuevas instalaciones de medición de interés. Es así que, en una primera etapa, se realizará una inversión de U\$S



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

1.6 millones para abarcar 85 puntos de medición continua con unos 100 nuevos sensores. Este esfuerzo reforzará la capacidad de monitoreo en tiempo real, brindando información crítica para la toma de decisiones operativas. En 2023 se inició el proyecto Ejecutivo de Monitoreo continuo para la red de saneamiento de Montevideo por parte del SEPS.

Durante el relevamiento de la red de saneamiento en el departamento de Montevideo, se evaluaron un total de 120 puntos seleccionados estratégicamente por todo el territorio. Estos puntos incluyeron alivijs, sistemas de impulsión en estaciones de bombeo, zonas históricas de inundación, áreas de la red con antecedentes de presencia de gases, arroyos, así como tanques de amortiguación abiertos y cerrados. Este extenso proceso de relevamiento duró un tiempo de un año y medio aproximadamente, debido a la complejidad de las evaluaciones necesarias para garantizar la adecuada implementación del monitoreo y los diversos actores involucrados en el proceso de instalación y conectividad de los sensores en cada caso (UTE, ANTEL, MTOP, IM y dependencias).

En esta etapa, fue crucial considerar aspectos técnicos para la instalación, como el tendido de cableado subterráneo a través de zanjas o utilizando sistemas de tunelera. Además, se debió definir la fijación de los diferentes tipos de sondas, según el estado de la infraestructura de saneamiento en cada punto específico. Otro desafío fue la provisión de alimentación eléctrica en varias zonas, lo que en algunos casos exigió proyectar la colocación de nuevas columnas de alumbrado para asegurar el suministro eléctrico continuo y confiable, fundamental para el funcionamiento del sistema de monitoreo. Este trabajo detallado y complejo fue esencial para optimizar la capacidad de monitoreo de la red de saneamiento y garantizar una cobertura adecuada en los puntos críticos del territorio.

Además, uno de los aspectos fundamentales a considerar fue la verificación de la proximidad a los puntos de acceso a la red de datos, lo que resultó esencial para asegurar la transmisión segura y eficiente de la información recolectada por los sensores. La conexión a la red de la IM era un requisito clave para garantizar que los datos pudieran reportarse en tiempo real y ser utilizados para la toma de decisiones operativas. En puntos de monitoreo seleccionados donde la red IM no estuviera disponible, se evaluaron sistemas alternativos de transmisión de datos por wifi con contratos ANTEL. En otros casos, la ubicación de monitoreo seleccionada (ej.: alivio) no cuenta con el acceso al sitio de la red y/o requisitos admisibles para la instalación del sensor en ese sector, por lo que se debieron definir nuevos accesos o soluciones particulares. Este enfoque permitió asegurar que, independientemente de las condiciones locales, los datos recolectados pudieran integrarse en la infraestructura digital del sistema de saneamiento.

Este proceso de relevamiento iniciado en 2023 para conformar el Proyecto Ejecutivo mencionado requirió de la intervención de distintos servicios de la DS (SEPS, SOMS, SOS), así como de la IM (UCCRIU, Alumbrado, Movilidad, Telecomunicaciones, Internet de las Cosas, entre otros).

RESULTADOS

En los resultados del trabajo, es crucial abordar las dificultades de instalación de los sensores debido a la variabilidad de las infraestructuras y las condiciones en las diferentes zonas de Montevideo. Las infraestructuras de saneamiento no son las mismas a lo largo del territorio, lo que significa que los equipos deben ser instalados bajo condiciones muy diversas, adaptándose a las características de cada lugar.

Por ejemplo, la accesibilidad para la conexión de datos puede variar considerablemente dependiendo de si los sensores se instalan en áreas urbanas densamente pobladas o en zonas más remotas o suburbanas. En áreas donde no existe una red de datos IM de conexión con el sensor, la transmisión en tiempo real puede verse comprometida, lo que obliga a evaluar soluciones tecnológicas alternativas, como la contratación de redes externas o el uso de tecnologías móviles para garantizar la transmisión continua.

En cuanto a los aspectos constructivos, la instalación de sensores en ciertos puntos requiere trabajos que incluyen la rotura de calles o veredas para ejecutar zanjas, a fin de asegurar la correcta colocación de los equipos y su conexión a fuentes de alimentación eléctrica. Estas intervenciones suelen ser complejas,



15 al 17 de octubre 2024

Cámara Mercantil de productos del país

especialmente en áreas con mucho tráfico o en zonas donde la infraestructura subterránea ya es muy densa.

También se encontraron desafíos relacionados con la fijación de los sensores en diferentes infraestructuras, ya que algunos puntos críticos, como estaciones de bombeo o tanques de amortiguación, presentaban condiciones distintas en cuanto a materiales de construcción, espacio disponible y acceso para su mantenimiento. El diseño de soportes adecuados y la adaptación de los sensores a la infraestructura existente fue un aspecto técnico clave en la fase de implementación.

En resumen, las dificultades técnicas que se encuentran en la instalación de los sensores reflejan la diversidad del entorno urbano de Montevideo y la necesidad de soluciones adaptadas a cada contexto específico. Esta variabilidad es un reto importante a tener en cuenta al momento de garantizar el correcto funcionamiento y la recolección de datos en tiempo real, pero también ha generado importantes aprendizajes y mejoras en los criterios de instalación y mantenimiento de la red de monitoreo de saneamiento de Montevideo.

CONCLUSIONES

En las conclusiones de este trabajo, se destaca que la implementación de sensores y tecnologías de monitoreo en tiempo real ha sido un paso fundamental para mejorar la gestión del sistema de saneamiento en Montevideo. La capacidad de obtener datos continuos ha permitido una respuesta rápida y eficiente ante necesidades de usuarios ya sea debido a la ocurrencia de eventos extremos, e impactos asociados como inundaciones, y ha facilitado la optimización operativa de la red de saneamiento. A lo largo del proceso de implementación, la diversidad de infraestructuras y las condiciones locales presentan desafíos significativos, como la variabilidad en la accesibilidad de conexión de datos, las dificultades para garantizar una fijación adecuada de los sensores dentro de la red de colectores y la necesidad de ejecutar obras civiles complejas, como zanjas o accesos para la alimentación eléctrica. Estos retos subrayan la importancia de adaptar las soluciones tecnológicas a las condiciones específicas de cada sitio.

Además, la experiencia obtenida a través de este proceso ha resaltado la relevancia de contar con una infraestructura robusta y con protocolos de mantenimiento adecuados. La dificultad o falta de acceso a los equipos durante períodos críticos, como ocurrió durante la pandemia, y las fallas detectadas debido a la falta de mantenimiento, evidencian la necesidad de contar con planes de mantenimientos sistemáticos y flexibles que aseguren la continua operatividad de los sensores y la recolección de los datos. La planificación futura deberá centrarse no solo en la expansión de la red de monitoreo, sino también en garantizar que los equipos instalados puedan operar en condiciones óptimas, reporten datos fiables, y sean accesibles para su revisión y ajuste en todo momento.

Por último, el avance tecnológico logrado con la integración de plataformas como GRAFANA ha mejorado notablemente la visualización y análisis de los datos, facilitando la toma de decisiones informadas y proactivas en la gestión de la red. Sin embargo, es fundamental seguir evaluando y ajustando las tecnologías empleadas, sobre todo en lo que respecta a la transmisión de datos en tiempo real y la necesidad de contar con infraestructuras de comunicación robustas. La elección de proveedores de equipamientos confiables, con respaldo y servicio técnico local y regional es de suma importancia para estos objetivos. El camino recorrido hasta ahora demuestra que, aunque los desafíos son significativos, el monitoreo en tiempo real ofrece una base sólida para la sostenibilidad y resiliencia del sistema de saneamiento de Montevideo a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1-Plan Director De Saneamiento y Drenaje Urbano de Montevideo (PDSDUM), 2016
- 2-Propuesta Monitoreo, SEPS, 2021
- 3-Propuesta Monitoreo, SEPS, 2022
- 4-Proyecto Monitoreo, IM-SEPS-DS, 2024