



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
Departamento de Ingeniería Comercial
Departamento de Obras Civiles

**CORRELACIÓN ENTRE CALIDAD DE SERVICIO DE
LA INFRAESTRUCTURA PÚBLICA DE AGUA
POTABLE Y CONDICIONES DE SUELO SALINO EN
ALTO HOSPICIO, TARAPACÁ.**

Eduardo Andrés Andrades Guajardo
MAGISTER EN GESTION DEL AGUA
Septiembre 2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

MAGÍSTER EN GESTIÓN DEL AGUA
MWM MASTER OF WATER MANAGEMENT

Departamento de Ingeniería Comercial
Departamento de Obras Civiles

CORRELACIÓN ENTRE CALIDAD DE SERVICIO DE LA INFRAESTRUCTURA PÚBLICA DE AGUA POTABLE Y CONDICIONES DE SUELO SALINO EN ALTO HOSPICIO, TARAPACÁ

Tesis de magister presentada por
Eduardo Andrés Andrades Guajardo
Como requisito para optar al Grado de
MAGISTER EN GESTION DEL AGUA

Director de Tesis:
Mg. Marcelo Bravo Fortune
Septiembre 2024

TITULO DE TESIS:

“Correlación entre calidad de servicio de la infraestructura pública de agua potable y condiciones de suelo salino en Alto Hospicio, Tarapacá”

AUTOR:

Eduardo Andrés Andrades Guajardo

TRABAJO DE TESIS, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de MAGISTER EN GESTION DEL AGUA de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Observaciones:

Mg. Marcelo Bravo Fortune
Director de Tesis

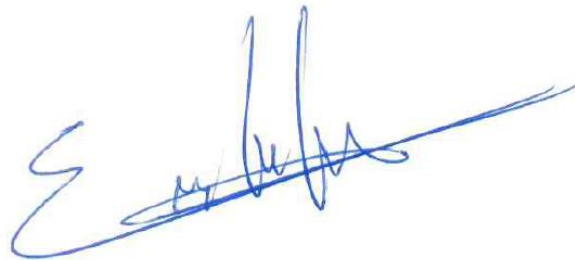
Dr. Patricio Rubio Romero
Correferente Interno

Mg. Juan Agustín Carrasco Munoz
Correferente Externo

Santiago, Septiembre 2024

Todo el contenido, análisis, conclusiones
y opiniones vertidas en este estudio son
de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: Eduardo Andrés Andrades Guajardo

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Eduardo Andrades Guajardo', with a long horizontal stroke extending to the right.

Firma:

Fecha: Santiago, septiembre de 2024

AGRADECIMIENTOS

Al llegar a este punto, aparecen muchos recuerdos y palabras de aliento durante todo el proceso del Magíster, los cuales de alguna u otra manera me animaron y motivaron a seguir con el mismo entusiasmo y responsabilidad, considerando viajes, tiempo de estudio y sacrificios familiares. Por lo mismo, quiero destacar y agradecer a quienes estuvieron y están en momentos cruciales de mi vida, no solo para cerrar esta etapa, sino constantemente.

En primer lugar, a mi pareja, amiga y novia María José, quien siempre ha sido mi fan número 1 y me motiva permanentemente a seguir creciendo profesionalmente. Me llena de alegría ver que estás igual de emocionado que yo, que vibramos en el mismo tiempo y que nos acompañamos en todo momento. No puedo estar más contento y agradecido de la vida de que te cruzaras en mi camino, todo lo que hemos formado y vivido, incluyendo el cambio de región, me ha dejado enseñanzas y mucho crecimiento junto a ti. Por eso y por todos estos años, te amo más que ayer. La otra parte de mi núcleo íntimo es mi mascota Toki, que aquí anda dando vueltas mientras escribo las últimas líneas y que, durante los trabajos, avances de tesis, lecturas y todo tipo de actividad que implicaba desvelarse, era él quien estaba a mi lado acompañando y solo entregando amor.

Mi familia que está en Viña, mi madre, hermanos y sobrinas, todos vivieron este proceso a distancia, a diferencia del grado, sin embargo, se hicieron presentes y estuvieron apoyando siempre. A pesar de esto, en cada viaje o clases, me hacía el tiempo para verlos en ocasiones especiales y sentir su cariño ante este esfuerzo.

No puedo dejar de mencionar a mi equipo de trabajo en la SISS, que, si bien es pequeño, me ha ayudado enormemente a echar raíces en Iquique, porque me hacen sentir como en casa, además de ser grandes profesionales. Por lo mismo, quise hacer una investigación que dejará conocimiento en la región, que aportará al bienestar de las políticas públicas que se realicen y que entreguen un sustento a la oficina como punta de lanza para seguir trabajando. Por ello, quiero agradecer a Soledad, Melanie y Romina, que me facilitaron la carga estudiantil e incluso me ayudaron en algunas tareas, además de aportar su granito dentro de esta tesina.

Finalmente, no puedo dejar de mencionar a mis amigos y amigas de la vida, en particular a quienes estuvieron presentes estos dos años, período complejo, no solo por el estudio, sino también por el cambio de vida y de ciudad, con todas las expectativas que eso conlleva, por todo eso, gracias, Silvia, Felipe, Ignacio, Manolo, Javiera, María José y Beto. No puedo dejar de mencionar a quienes me ayudaron con alojamiento en Santiago como Camilo, Víctor, Carolina y Ronca. Por último, dentro de este grupo debo agregar a nuevas personas de Iquique, donde he encontrado una contención y un apoyo incondicional, así que gracias por eso Álvaro, Paulina y Jimmy.

RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación abordó la problemática del suelo salino existente en toda la comuna de Alto Hospicio, región de Tarapacá, Chile, frente a la presencia de agua y la formación de socavones que terminan dañando la infraestructura pública y las propiedades. Lo anterior, puesto que la comunidad y autoridades regionales creen que gran parte de la responsabilidad de los hundimientos de terreno los tiene la empresa sanitaria, razón por la cual, se pretende analizar dicha hipótesis a través de los datos existentes en la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

El objetivo principal es conocer si existe alguna correlación entre las deficiencias de las redes públicas de agua potable y la formación de socavones en la localidad. Se planteó una metodología con alcance correlacional y enfoque cuantitativo tomando los registros de reclamos por filtraciones de agua potable, reclamos por hundimiento de terreno y cortes no programados (emergencias) desde el año 2017 al 2023.

El desarrollo del estado del arte del tema se basó en el análisis bibliográfico de dos tópicos. Uno de ellos tiene relación con las condiciones geotécnicas del suelo salino en el norte de Chile y en el Mundo, y el otro está relacionado con las características técnicas y operativas de las tuberías plásticas (PVC y HDPE). Los enfoques de dichos temas y las experiencias internacionales no están vinculadas, salvo algunos casos puntuales donde se muestran condiciones comparables a lo ocurrido en Alto Hospicio, pero con vacíos normativos o con variables climatológicas diferentes.

La metodología de trabajo utilizada fue elaborada de manera particular para este análisis y tiene relación con los tipos de datos existentes, puesto que se georreferenció la base de datos relativa a reclamos y discontinuidades del servicio de agua potable. Para vincular algún tipo de causalidad, se generaron cuatro escenarios con mapas de calor tras cruzar los cortes de emergencia y los reclamos por hundimiento de terreno, y los denuncios por filtraciones de agua potable junto con los de hundimiento de terreno, dentro de un radio de influencia de 50, 25 o 10 metros. Así, se establecieron zonas críticas de afectación, de las cuales se capturaron los antecedentes técnicos de las redes (materialidad, diámetro, año de instalación y longitud) para realizar un análisis estadístico multivariable que determine correlaciones con significancia para los escenarios planteados.

Los principales hallazgos obtenidos indican que existe una escasa correlación entre las tuberías con fallas y la formación de socavones, incluso alcanzando la aleatoriedad. Proporcionalmente existe mayor afectación a tuberías de HDPE sobre el PVC. Además, se obtuvo una mayor vinculación de los hundimientos de terreno con los reclamos por filtraciones y respecto a las zonificaciones vistas, el sector El Boro y La Negra presentan los mayores índices de criticidad para todos los escenarios. Por lo anterior, se deben focalizar las fiscalizaciones a la concesionaria, mejorar la gestión de pérdidas y atención a usuarios, junto con impulsar medidas como sector sanitario para actualizar normativas y proyectar nuevas políticas públicas.

ABSTRACT

This research addressed the problem of saline soil present throughout the commune of Alto Hospicio, Tarapacá Region, Chile, regarding the presence of water and the formation of sinkholes that damage properties and public infrastructure. This is because the community and regional authorities believe that the main responsibility for land subsidence events lies with the sanitation company. This study analyzes this hypothesis based on the existing data in the Chilean Sanitary Services Superintendency.

The main objective is to determine whether there is a correlation between the deficiencies in public drinking water networks and the formation of sinkholes in the area. A methodology with a correlational scope and a quantitative approach was proposed, using the records of complaints of drinking water leaks, complaints for land subsidence, and unscheduled outages (emergencies) from 2017 to 2023.

The state of the art of the topic was developed based on the bibliographic analysis of two subjects. One of them is related to the geotechnical conditions of the saline soil in northern Chile and in the world, and the other is related to the technical and operational characteristics of plastic pipes (PVC and HDPE). The approaches to these aspects and international experiences are not linked, except for some specific cases where conditions comparable to what happened in Alto Hospicio were observed, but with regulatory gaps or different climatological variables.

The work methodology was developed specifically for this analysis due to the existing types of data, as the database of complaints and outages of the drinking water service was georeferenced. To determine some kind of causality, four scenarios were generated with heat maps after crossing the emergency outages and the complaints of land subsidence, and the complaints of drinking water leaks along with the complaints of land subsidence, within a radius of influence of 50, 25, or 10 meters. Thus, critical areas of impact were established, from which the technical background of the networks (material, diameter, year of installation, and length) was captured to carry out a multivariable statistical analysis to determine significant correlations for the proposed scenarios.

The main findings show that there is little correlation between failed pipes and the formation of sinkholes, almost reaching randomness. Proportionally, there is a greater impact on HDPE pipes over PVC. In addition, a closer relationship was found between land subsidence and leak complaints. Regarding the zones observed, the El Boro and La Negra sectors present the highest criticality indices for all scenarios. Due to the above, inspections must be focused on the concessionaire, loss management and customer service must be improved, and measures must be taken by the sanitation sector to update regulations and project new public policies.

INDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I ORIGEN, PROPÓSITO Y ALCANCES	4
1.1 ORIGEN Y PROPÓSITO	4
1.2 CRITERIOS SMART	6
1.3 ALCANCES DEL ESTUDIO	7
CAPÍTULO II OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GENERAL	10
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS	10
CAPÍTULO III ESTADO DEL ARTE	12
3.1 ANTECEDENTES DEL ESTADO DEL ARTE	12
3.1.1 Review bibliográfico	12
3.2 SISTEMA DE PALABRAS CLAVES Y CONCEPTOS	17
3.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL ESTADO DEL ARTE	19
3.3.1 Conocimientos previos sobre la investigación.	19
3.3.2 Principales consideraciones sobre suelo salino y deficiencias en redes sanitarias.....	21
3.3.3 Tendencias sobre hundimientos de terreno y fallas en redes	23
3.3.4 Estado del arte actual	24
3.3.5 Modelos o pautas de estudios similares	25
3.4 SUJETO DE ESTUDIO: SITUACIÓN DE ALTO HOSPICIO	26
3.4.1 Características históricas, demográficas y climatológicas de Alto Hospicio 26	
3.4.2 Condiciones de suelo salino en Alto Hospicio	29
3.4.3 Concesión sanitaria existente	32
3.4.4 Información sobre reclamos y continuidad del servicio de agua potable 35	
3.5 MARCO TEÓRICO DEL ESTADO DEL ARTE	41
3.5.1 Consideraciones en el estudio	41
3.5.2 Métodos y técnicas existentes para abordar la problemática	42
3.5.3 Propuesta teórica de solución.....	43
3.5.4 Aporte al estado del arte	44

CAPÍTULO IV PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE TRABAJO	46
4.1 DENOMINACIÓN, DESCRIPCIÓN Y TIEMPO DE LAS ETAPAS DEL TRABAJO	46
4.2 PROGRAMACIÓN DEL TRABAJO	51
CAPÍTULO V APLICACIÓN METODOLÓGICA	52
5.1 Análisis de datos SISS	52
5.1.1 Discontinuidades por agua potable	53
5.1.2 Reclamos por filtraciones de agua potable	55
5.1.3 Reclamos por hundimientos de terreno	55
5.2 Mapas de calor de fallas AP y hundimientos de terreno	56
5.3 Cruces de mapas calor	60
5.4 Procesamiento de datos	62
5.4.1 Vinculación entre discontinuidades y hundimientos	63
5.4.2 Vinculación entre reclamos	65
5.4.3 Zonificación de afectación por cuarteles de presión	67
CAPÍTULO VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN	70
6.1 Análisis estadístico por variable	70
6.1.1 Discontinuidades AP	71
6.1.2 Reclamos por filtraciones en arranque o matriz	71
6.2 Correlaciones estadísticas	72
6.2.1 Discontinuidades AP	72
6.2.2 Reclamos por filtraciones en arranque o matriz	73
6.3 Sensibilización del radio de influencia	74
6.3.1 Radio de 50 metros para discontinuidades AP	74
6.3.2 Radio de 10 metros para reclamos por filtraciones	79
6.4 Análisis de escenarios en suelo salino	84
6.4.1 Discontinuidades AP entre 50-25 metros	85
6.4.2 Reclamos por filtraciones AP entre 25-10 metros	87
6.4.3 Reclamos por hundimiento de terreno	89
CAPÍTULO VII CONCLUSIONES	92
7.1 Aspectos normativos	93
7.2 Ámbito sanitario	94
7.3 Ámbito de planificación territorial	97

CAPÍTULO VIII RECOMENDACIONES	99
8.1 Recomendaciones técnicas y tecnológicas.....	99
8.2 Recomendaciones de gestión.....	102
CAPÍTULO IX BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA	105
CAPÍTULO X GLOSARIO Y ACRÓNIMOS.....	111
CAPÍTULO XI ANEXOS	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Review Bibliográfico	12
Tabla 2.	Resumen sobre entrevistas a expertos	14
Tabla 3.	Comparativa internacional de antecedentes	16
Tabla 4.	Resumen de planilla conceptos claves.....	17
Tabla 5.	Ventajas y desventajas de normativas existentes en Chile	24
Tabla 6.	Tasa de crecimiento habitacional, Provincia de Iquique	27
Tabla 7.	Solubilidad química de sales solubles	30
Tabla 8.	Resultados de muestras en Alto Hospicio, 2004.	30
Tabla 9.	Resumen de redes de agua potable en Alto Hospicio.....	33
Tabla 10.	Resumen de indicadores de calidad de servicio AP, 2017-2023.....	36
Tabla 11.	Discontinuidades de servicio AP en Alto Hospicio, 2017-2023.	39
Tabla 12.	Clasificación de reclamos técnicos en Alto Hospicio	40
Tabla 13.	N° cuarteles AP afectados por corte no programado, 2017-2023.	53
Tabla 14.	N° de eventos por tipos de fallas, 2017-2023.....	54
Tabla 15.	Clasificación de reclamos por filtraciones en red de agua potable	55
Tabla 16.	Clasificación de reclamos por hundimiento de terreno	56
Tabla 17.	N° cuarteles afectados por tipos de fallas, 2017-2023.	63
Tabla 18.	Cantidad de reclamos por infraestructura dañada y tipo de respuesta, 2017-2023.	64
Tabla 19.	Grado de afectación a redes AP según diámetros, Alto Hospicio	64
Tabla 20.	Grado de afectación a redes AP según materialidad, Alto Hospicio....	65
Tabla 21.	Cantidad de reclamos por motivo e infraestructura con falla, 2017-2023. 65	
Tabla 22.	Cantidad de reclamos por infraestructura dañada y tipo de respuesta, 2017-2023.	66
Tabla 23.	Grado de afectación a redes AP según diámetros, Alto Hospicio	66
Tabla 24.	Grado de afectación a redes AP según materialidad, Alto Hospicio....	67
Tabla 25.	Cantidad de arranques por cuartel de presión, Alto Hospicio.....	68
Tabla 26.	Indicador de cortes no programados con hundimiento de terreno/ N° arranques, 2017-2023	68
Tabla 27.	Indicador de reclamos por filtraciones asociados a hundimiento de terreno/N° arranque, 2017-2023.....	69

Tabla 28.	Resumen de pruebas estadísticas, radio=25 metros.	71
Tabla 29.	Resumen de pruebas estadísticas, radio=25 metros.	71
Tabla 30.	Pruebas de Kruskal-Wallis.	72
Tabla 31.	Correlación de Pearson.	72
Tabla 32.	Correlación de Spearman.	73
Tabla 33.	Prueba de Kruskal-Wallis.	73
Tabla 34.	Correlación de Pearson.	73
Tabla 35.	Correlación de Spearman.	74
Tabla 36.	N° cuarteles afectados por tipos de fallas, 2017-2023.	76
Tabla 37.	Cantidad de reclamos por infraestructura dañada y tipo de respuesta, 2017-2023.	76
Tabla 38.	Grado de afectación a redes AP según diámetros, Alto Hospicio	77
Tabla 39.	Grado de afectación a redes AP según materialidad, Alto Hospicio....	77
Tabla 40.	Indicador de cortes no programados con hundimientos de terreno/N° arranques, 2017-2023	78
Tabla 41.	Resumen de pruebas estadísticas, radio=50 metros.	78
Tabla 42.	Pruebas de Kruskal-Wallis.	79
Tabla 43.	Correlación de Pearson.	79
Tabla 44.	Correlación de Spearman.	79
Tabla 45.	Cantidad de reclamos por motivo e infraestructura con falla, 2017-2023. 81	
Tabla 46.	Cantidad de reclamos por infraestructura dañada y tipo de respuesta, 2017-2023.	81
Tabla 47.	Grado de afectación a redes AP según diámetros, Alto Hospicio	82
Tabla 48.	Grado de afectación a redes AP según materialidad, Alto Hospicio....	82
Tabla 49.	Indicador de reclamos por filtraciones AP/arranque, 2017-2023	83
Tabla 50.	Resumen de pruebas estadísticas, radio=10 metros.	83
Tabla 51.	Prueba de Kruskal-Wallis.	84
Tabla 52.	Correlación de Pearson.	84
Tabla 53.	Correlación de Spearman.	84

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Materialidad de redes AP en Alto Hospicio	34
Gráfica 2.	Diámetros de redes AP en Alto Hospicio.....	35
Gráfica 3.	Porcentaje de cortes no programados/Total de cortes AP	37
Gráfica 4.	Cantidad promedio de clientes afectados por cortes no programado..	37
Gráfica 5.	Duración promedio de cortes no programados	38
Gráfica 6.	Ranking en continuidad de agua potable	38
Gráfica 7.	Distribución temporal de discontinuidades AP en Alto Hospicio.....	40
Gráfica 8.	Eventos de cortes no programados por tipo de falla.	54
Gráfica 9.	Nivel de afectación por diámetro para discontinuidades	85
Gráfica 10.	Nivel de afectación por materialidad para discontinuidades.....	86
Gráfica 11.	Tipos de fallas y afectación por materialidad en discontinuidades	86
Gráfica 12.	Nivel de afectación por diámetro para reclamos	87
Gráfica 13.	Nivel de afectación por materialidad para reclamos.....	88
Gráfica 14.	Tipos de fallas y afectación por infraestructura para reclamos.....	89
Gráfica 15.	Reclamos de hundimiento de terreno para los escenarios.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Territorio operacional de Alto Hospicio	8
Figura 2.	Plano regulador comunal vigente, Alto Hospicio 2001.	27
Figura 3.	Parámetros climáticos históricos de Alto Hospicio (1991-2021).....	28
Figura 4.	Parámetros climáticos simulados de Alto Hospicio	28
Figura 5.	Avances y regresiones del mar en Chile.	29
Figura 6.	Cantidad de sales en profundidad. Calicata PTAS.....	31
Figura 7.	Cantidad de sales en profundidad. Calicata Caliche	31
Figura 8.	Resumen de resultados para placas de carga con inundación	32
Figura 9.	Mapa mental del trabajo de investigación	45
Figura 10.	Carta Gantt del estudio.....	51
Figura 11.	Mapa de calor para cortes no programados, 2017-2023.....	57
Figura 12.	Mapa de calor para reclamos por filtraciones de agua potable, 2017-2023.	58

Figura 13. Mapa de calor para reclamos por hundimiento de terreno, 2017-2023.
59

Figura 14. Cruce de mapa de calor para hundimientos y cortes no programados
2017-2023, radio de influencia 25 metros. 61

Figura 15. Cruce de mapa de calor para hundimientos y reclamos por filtraciones
AP 2017-2023, radio de influencia 25 metros..... 62

Figura 16. Cruce de mapa de calor para hundimientos y cortes no programados
2017-2023, radio de influencia 50 metros. 75

Figura 17. Cruce de mapa de calor para hundimientos y reclamos por filtraciones
AP 2017-2023, radio de influencia 10 metros..... 80

INTRODUCCION

Existe un consenso que el planeta se encuentra bajo un desconocido proceso de cambio climático y que, durante los últimos años, se han observado múltiples consecuencias de ello, por la realización de eventos extremos de manera reiterada. En Chile se comenzó a hablar de socavones hace dos años, puesto que uno de los efectos más significativos en el clima ha sido la concentración de fenómenos meteorológicos de corta duración y alta intensidad en cuanto a precipitaciones, generando la saturación de suelos y junto con ello, el colapso del terreno o de la infraestructura pública, afectando a edificios y calles en la región de Valparaíso. La alarma de la ciudadanía y la reiteración del fenómeno ha instalado en el tapete el tema de los socavones, con diversas opiniones y soluciones.

Pues bien, este problema es algo con lo que los habitantes de Alto Hospicio han convivido durante toda su existencia, puesto que la comuna se fundó sobre suelo salino. Esta condición geotécnica genera un efecto similar a los ocurridos en la zona central, a diferencia que, en la zona norte el colapso de infraestructura se provoca por la presencia de menor cantidad de agua proveniente especialmente de las redes públicas de agua potable o aguas servidas que opera la empresa concesionaria Aguas del Altiplano. Sin ir más lejos, buscando medios comunicacionales que muestran la realidad de Alto Hospicio, nos remontamos al año 2015 donde el diario La Tercera presenta la nota “Las casi mil casas de Alto Hospicio amenazadas por socavones” señalando la afectación del sector La Tortuga (La Tercera, 2015). Siguiendo la línea cronológica, aparecen diversas notas mostrando esta realidad por eventos ocurridos en otros sectores de la localidad como El Boro o Santa Teresa. El principal problema al respecto no es que sea una situación invisibilizada, sino que es un tema conocido a nivel regional y nacional, por lo mismo, el Gobierno de la época presentó un “Plan Socavones” en el año 2019, sin embargo, *“este no ha avanzado como debiera, hay demasiadas trabas”* señaló Yubiza Cabezas, dirigente social (Edición Cero, 2023). Ya en el año 2021, seguía aumentando el número de viviendas afectadas por hundimientos de terreno, se advertía la lentitud del programa presentado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo como muestra una nota presentada por TVN (Televisión Nacional de Chile, 2021) y se veía a las autoridades regionales preocupadas por la situación de la comuna (Ilustre Municipalidad de Alto Hospicio, 2021). Pese a lo mencionado, la única manera de avanzar en la problemática ha sido aumentar el presupuesto fiscal destinado a reparar, demoler y reconstruir viviendas e infraestructura dañada, lo que, sin duda, ha aumentado el déficit habitacional y ha provocado la reacción de parlamentarios de la región en búsqueda de acciones legales que muestren directrices definitivas. Recién tras el último socavón mediático ocurrido en la comuna (Radio Cooperativa, 2023) aparecieron proyectos de ley y se comenzó a discutir en el Congreso Nacional, la real dimensión de esta condición del suelo, con presentaciones desde dirigentes sociales, especialistas, organismos estatales y el edil de la localidad (Cámara de Diputadas y Diputados, 2023). En paralelo, el Gobierno Regional se ha enfocado en mitigar los daños por suelos salinos, aumentando la inversión pública

con cifras récord, que superan los 20 mil millones de pesos para el año 2024 entendiendo que *“esto no es una emergencia temporal, por lo tanto, cualquier gestión que se haga de la edificación sobre él, debe considerar soluciones integrales”* (Gobierno Regional de Tarapacá, 2023).

La historia muestra que el avance es lento y si nos remontamos a los conocimientos técnicos sobre el fenómeno que se produce por el contacto del agua con el suelo salino, se puede apreciar que, salvo la normativa vigente y algunos profesionales, no hay una base sólida que permita comprender los tipos de afectaciones vistas y los hundimientos de terreno. El interés central de esta investigación apunta a esto último, intentando generar conocimiento en la región, lo que permita apoyar las decisiones de las instituciones urbanizadoras, orientar los proyectos de ley en curso, respaldar las acciones de las autoridades locales y determinar la implicancia de la empresa sanitaria en este problema. Para este alcance, se pretende generar un estudio que analice la influencia de las deficiencias en las redes de agua potable de Alto Hospicio en los hundimientos de terreno denunciados por la comunidad, respaldado con datos históricos, de manera que exista un sustento real y se pueda correlacionar la ocurrencia de fallas o filtraciones con algún registro de asentamiento. Independiente del resultado que se obtenga, es evidente que se debe crear un plan de trabajo con la concesionaria y el ente fiscalizador para mejorar los indicadores de calidad de servicio puesto que eso podría ayudar a prevenir y mitigar futuros problemas. Dependiendo del grado de vinculación que se tenga es la urgencia con que se abordará cada aplicación o acción entre los actores involucrados, aunque sin duda, esto debe crear un trabajo mancomunado a largo plazo.

El sujeto de investigación es la comuna de Alto Hospicio, en particular, el territorio operacional que tiene la empresa sanitaria, donde se emplazan las tuberías. Esta localidad posee suelo salino en toda su extensión, si bien, no hay un estudio de caracterización que así lo ratifique, los datos puntuales de calicatas y la ocurrencia de denuncias por hundimientos dispersos por el territorio, hablan de una generalidad informal. Esta ciudad nace al alero de Iquique, como una zona de parceleros, y tras su crecimiento exponencial, pasó a ser insostenible para dicha localidad, tomando la decisión política de fundar una nueva comuna y comenzar un plan de urbanización. A comienzos de los años 2000 se empiezan a establecer instituciones públicas y servicios en Alto Hospicio, donde se entregó la prestación del servicio de agua potable a la empresa de servicios sanitarios de Tarapacá (ESSAT). Hacia 2004, esta empresa pública otorgó la concesión de operación y explotación a Aguas del Altiplano S.A, quienes, conforme a la normativa sanitaria, son fiscalizados por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, a quienes les remiten información de la infraestructura y de los reclamos recibidos. Mientras se avanza en exigencias de información de la SISS a la empresa sanitaria, por otro lado, se realizaban estudios aislados sobre las condiciones del suelo salino. Dichos análisis fueron realizados por IDIEM, por la misma concesionaria y por algunos académicos, a contar de 2010, donde ya se visualizaban socavones, sin embargo, solo se tenían algunos parámetros como el contenido de sal del terreno. Como se mencionó en la cronología temporal, desde 2015 comienzan a aparecer las primeras noticias sobre

la magnitud de afectación y hacia el 2017, la Superintendencia generó una plataforma de datos digital para la declaración de los protocolos de información instruidos sobre fallas, denuncios e infraestructura. Pese a la promulgación de un “Plan Socavones” en 2019, la reiteración de reclamos de la ciudadanía junto con el aumento de deficiencias en las redes sanitarias en los últimos años, dan pie para analizar los datos existentes y revisar si el sentir de la población sobre la operación de la empresa concesionaria tiene relación con la proliferación de asentamientos.

La estructura de trabajo empleada definió en primera instancia, la determinación de los alcances de la investigación y la descripción de la motivación desde distintas perspectivas. Con ello, se logró definir el objetivo general y los específicos de la presente investigación, comenzando por un acabado análisis bibliográfico, que permitió comprender el estado del arte respecto al tipo de suelos, a las características de las redes y a la vinculación de ambos aspectos. Con esta información, se generó un marco teórico sobre la temática, que derivó en una propuesta metodológica con la definición de las fases de trabajo para este estudio, donde básicamente se pretende utilizar la base de datos SISS correspondiente al PR012 y PR013, la que posee capas y puntos georreferenciadas para infraestructura, reclamos y discontinuidades. Al posicionar estas variables en el mapa, se pueden observar vinculaciones territoriales, por lo que, se definieron radios de influencia donde se cruzaron dichos mapas para resultar una zona crítica. De esta zona, se extrajeron todos los registros y datos de las tuberías de agua potable, y con esa información relativa a diámetro, materialidad, longitud y año de instalación, se calculó una posible significancia estadística para todos los escenarios propuestos. Todos estos resultados fueron analizados para el período global 2017-2023, de donde se obtuvieron conclusiones normativas, sanitarias y de planificación territorial junto a recomendaciones técnicas, tecnológicas y de gestión.

Al señalar el interés de esta investigación, se hace mención principal al aporte que se pretende entregar a la región de Tarapacá en materia de conocimiento para las definiciones de planificación territorial que se vayan adoptando. Sin duda, de esta motivación se desprenden otros intereses personales y profesionales. Hablando del área personal, no deja de sorprender la problemática social existente sobre una comunidad de bajo estrato económico, desde donde solo toca escuchar el malestar, rabia, tristeza e impotencia de la gente, dado que no hay jurisprudencia ni normativa que permita ayudarlos, lo que genera una sensación de impotencia ante una seguidilla de malas decisiones territoriales. Desde el punto de visto profesional, es una oportunidad tremenda para validar el uso de la base de datos SISS, puesto que, inmerso en múltiples actividades programadas o de emergencia, pocas veces se le da la importancia a la información existente y menos aún, se utiliza para un análisis. Actualmente Alto Hospicio se ha convertido en una comuna que sigue creciendo rápidamente, donde hay la mayor cantidad de asentamientos irregulares del país y con una población socialmente apartada de Iquique, sumado a esto está la baja capacidad técnica y profesional, por ende, aportar desde la experticia para una mejor toma de decisiones, es sin duda, uno de los motivos para ser servidor público y es algo que se debe destacar hacia el resto.

CAPÍTULO I

ORIGEN, PROPÓSITO Y ALCANCES

Este apartado destaca el origen de la motivación para esta investigación, el propósito que se pretende lograr, junto con todos los alcances del estudio, complementándolo con los criterios de validación Smart.

1.1 ORIGEN Y PROPÓSITO

La temática de suelo salino no ha sido abordada desde la academia ni desde la perspectiva técnica dentro de las planificaciones estratégicas de la región de Tarapacá, en particular para la comuna de Alto Hospicio. Esta condición del terreno en la localidad genera una constante problemática social e hídrica dado que siempre se aborda desde la responsabilidad del prestador sanitario, sin embargo, no hay estudios ni informes concluyentes que manifiesten relación entre las deficiencias de la infraestructura sanitaria y la formación de socavones, solo se conoce la generación del hundimiento de terreno por la experiencia que viven los usuarios del sector y las afectaciones a las estructuras habitacionales, producto de esta situación. La empresa sanitaria posee exigencias normadas y tarifadas dentro de su decreto de concesión, donde la SISS fiscaliza su cumplimiento, sin embargo, ante daños a terceros, no existen competencias legales para que se exija una compensación, solo se puede atribuir cierta responsabilidad para llevar este tipo de causas a tribunales de justicia. Esta traba normativa sumado al desconocimiento del comportamiento del suelo salino en la presencia de agua ni su escurrimiento, solo provocan una serie de especulaciones e hipótesis que nunca han sido comprobadas ni verificadas, lo que abre una idea a desarrollar conforme a todos los registros de información que la empresa sanitaria declara dentro de sus protocolos, donde se contemplan reclamos y filtraciones de agua potable, que podrían verificar dicha incertidumbre.

Uno de los motivos para trabajar en el servicio público es para generar un apoyo y un servicio a la gente, sin embargo, las competencias de la SISS son restringidas al marco de la ley, aunque se denoten hechos o indicios que demuestren posibles responsabilidades relativa a problemas de hundimientos de terreno. Esa vulnerabilidad que tiene dicha población ante eventos de filtraciones de cualquier tipo genera una sensación de falta de capacidad técnica de la autoridad y de los profesionales al no poder dar una conclusión o recomendación precisa y certera frente a la formación de socavones. Con la información existente y la que se está generando en la región, sin duda, hay una motivación importante por generar un producto útil para todos los habitantes de Tarapacá y Alto Hospicio en particular, así como para los trabajadores públicos relacionados con la planificación de modo que se genere conocimiento específico del tema en la misma región. Por ello, las

motivaciones personales y profesionales se entrelazan al querer generar contenido y un estudio aplicable, junto con propuestas de mejora y de nuevos planes de trabajo, involucrando a los actores y corroborando la existencia de ciertas responsabilidades.

Es posible alcanzar el objetivo puesto que se posee una amplia gama de datos a contar de 2017 a la fecha sobre diversos motivos de reclamos entre los que contemplaremos el hundimiento de terreno y las filtraciones. Además, la empresa reporta las discontinuidades de servicio con georreferencia, de manera que todos estos datos se pueden unir para armar mapas de afectación. Lo anterior, sumado a un análisis estadístico podrá revisar correlaciones entre variables (materialidad, diámetro, vida útil y reiteración de fallas), permiten crear una metodología que utilice los insumos para unificar criterios y determinar un vínculo o tendencia que entregue luces sobre el comportamiento de los socavones, según la salinidad del suelo y la influencia del agua potable en diferentes sectores de la comuna.

El principal atractivo de la temática es la vinculación de múltiples temas abordados en el magister. De forma general, se contemplaron los siguientes módulos:

- Gestión y planificación de recursos hídricos: Las herramientas de planificación estratégicas deben abordar esta situación desde una perspectiva colaborativa en conjunto con los urbanizadores, dado que habitualmente, no se respetan ni siguen los lineamientos existentes.
- Gestión de redes: Pese a las acciones de la empresa sanitaria, existen condiciones o variables que vinculan fallas y socavones por sectores. Una mejor gestión traerá modificaciones en el Plan de Desarrollo o incluso incorporación de nueva tecnología para resguardar sus redes.
- Eficiencia hídrica: Es importante reducir las pérdidas en una comuna donde el daño por escurrimiento e infiltración de agua es brutal.
- Innovación y gestión de proyectos: Sin duda, se requiere implementar nuevas medidas de control, medición y registro de hundimientos de terreno para mejorar la gestión integral. Por ello, se pretende vincular y proponer acciones innovadoras que colaboren en la problemática.
- Gestión de clientes: La principal afectación es recibida por los usuarios. Asegurar una mejor atención y respuesta ante emergencias o reclamos, podría cambiar la percepción de la población respecto de la empresa, junto con ajustar los estándares vigentes y aportar instrucciones complementarias desde la autoridad reguladora con el fin de hacer cumplir el deber de la prestación de servicios continuos y de calidad.

Si bien, la investigación no generará una solución a la temática del suelo salino, si entregara herramientas para la planificación estratégica en la comuna y entregará

herramientas vinculantes a la autoridad sanitaria para revisar y analizar los protocolos de emergencia y de respuesta ante filtraciones, en pos de aumentar la eficacia. También otorgará una segunda derivada para la concesionaria mejorando su eficiencia hídrica con la posible incorporación de nuevas tecnologías, para mejorar la vulnerabilidad de las redes. A nivel normativo, ayudará a mejorar el marco legal actual e indudablemente aportará conocimiento para generar conciencia en la ciudadanía sobre los cuidados del recurso hídrico, no solo en los hogares, sino que en la vía pública. Al ser un estudio pionero, abrirá muchas puertas de trabajo para los distintos organismos públicos y privados junto con la academia, lo que es necesario en la región para mejorar la calidad de vida de los habitantes y la especialización técnica relativa a trabajos en las redes públicas.

Es importante generar educación en los habitantes de Alto Hospicio, pero para ello, tiene que haber conocimiento que respalde lo planteado. Hasta ahora, todo se asocia a una causa y un efecto, sin embargo, también se pretende aumentar la conciencia de la población, demostrando con estudios que las hipótesis populares pueden ser ciertas, dependiendo del contexto, y que otra parte importante de la responsabilidad es la educación sanitaria sobre cuidados. Así como se generó una cultura sísmica con la generación de simulacros y vivencias reales, sus lecciones aprendidas y las mejoras respectivas, se pretende generar una cultura del suelo salino, que sea pionera en Chile y que entregue herramientas a otras localidades del país con indicios o registros de salinidad en sus terrenos donde se pretende urbanizar.

1.2 CRITERIOS SMART

Los criterios “Smart” aplicados para evaluar la futura investigación contemplan la siguiente justificación:

- Criterio de especificidad: Es una temática con objetivos puntuales dado que la configuración de este fenómeno es exclusiva de Alto Hospicio en Chile. Si bien, existen otras localidades con una afectación parcial o por zonas, el caso de esta comuna y la magnitud de los daños por hundimientos de terreno es única, sumado al sistema regulatorio de las concesiones sanitarias, que permite tener antecedentes certeros e históricos de deficiencias en la red pública de agua potable.
- Criterio de medición: En torno a la cantidad y nivel de información recopilado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, es posible alcanzar los objetivos cuantitativos de esta investigación, puesto que las variables que se entregan permiten realizar análisis estadístico y georreferenciado de la posible relación entre la formación de socavones, producto de fallas en las redes públicas. De todas formas, los objetivos se acotaron a las variables declaradas por la prestadora sanitaria para asegurar confiabilidad.
- Criterio de posibilidad de logro: El suelo salino y los hundimientos de terreno en Alto Hospicio se arrastra desde la formación de la ciudad, sin definir ni

tener certeza sobre los responsables de tantos problemas. Pese a existir normativa al respecto, la situación sigue ocurriendo, sin que las autoridades, la academia o particulares tengan certezas técnicas, solo hipótesis. Por ello, los objetivos planteados pretenden alcanzar algunas conclusiones iniciales, abrir la investigación hacia otras áreas y generar nuevas hipótesis.

- Criterio de relevancia: Alto Hospicio es parte del eje metropolitano de la región de Tarapacá, con un crecimiento poblacional alto y sostenido en el tiempo, además de ser una localidad con amplios territorios disponibles para cubrir el déficit habitacional. Lo anterior, sumado a la cultura de la eficiencia hídrica en la región, son temáticas centrales dentro de los planes de gestión y planificación que trabaja el Gobierno Regional. Los resultados de este estudio son relevantes para entregar una serie de recomendaciones y mejoras al sistema político y normativo.
- Criterio de temporalidad acotada: Dado el registro histórico de datos que posee la SISS, se puede extrapolar y analizar por espacios de tiempo acotados, las afectaciones y relaciones entre el suelo salino y las filtraciones de agua potable. La investigación pretende dar un diagnóstico acabado de la situación de hundimiento de terreno para proyectar modificaciones o cambios en las políticas públicas. Considerando las variables esenciales de las fallas en tuberías, el análisis se puede ampliar a otras consideraciones e hipótesis, pero teniendo este primer enfoque, basta para definir dicho diagnóstico.

1.3 ALCANCES DEL ESTUDIO

a) Límites generales del estudio

La investigación se desarrollará dentro del área concesionada por la empresa Aguas del Altiplano para la comuna de Alto Hospicio, región de Tarapacá, donde habitan aproximadamente 120.000 habitantes de un estrato económico y social vulnerable. Se contempla el análisis de datos declarados por la prestadora sanitaria en el protocolo de información PR013 relativo a reclamos y discontinuidades de servicio de agua potable en infraestructura pública desde el año 2017 al 2023, para lo cual se pretende determinar la correlación entre la formación de socavones y los eventos con escurrimiento o fugas de agua, generando un mapa de áreas críticas, que permitirá evaluar en dichos sectores y la relevancia de variables como diámetro, materialidad, vida útil y reiteración de fallas de las redes. Lo anterior, entregará recomendaciones para la efectiva ejecución del Plan de Desarrollo de la empresa, consideraciones para la correcta planificación territorial de la localidad, propuestas de cambio en normativas y exigencias al prestador y usuarios, además de alcances técnicos para la mejora en eficiencia hídrica de la zona afectada.

Figura 1. Territorio operacional de Alto Hospicio



Fuente: PR012-Nueva base de infraestructura año 2022, SISS.

b) Alcance científico del estudio

El enfoque científico de la investigación abarca los alcances aquí descritos:

- Exploratorio: Pretende investigar un problema social y territorial conocido en la comuna de Alto Hospicio, que no es abordado por los urbanizadores y donde es responsabilizado el prestador sanitario por los efectos visibles en las viviendas. Por ello, se utilizará la base de datos que reporta la empresa a la SISS para vincular la directa relación entre reclamos, discontinuidades de servicio y características técnicas de las redes de distribución respecto a la formación de socavones en suelo salino.
- Descriptivo: Se conocerán las condiciones del suelo salino en Alto Hospicio analizando la información geotécnica existente y describiendo grados de vulnerabilidad de zonas ante la presencia de agua, revisando tres variables principales de las redes como la materialidad, diámetros y vida útil. Esta revisión entregará posibles relaciones y describirá el comportamiento del suelo por zonas críticas.
- Correlacional: El objetivo central es evaluar correlaciones estadísticas entre la reiteración de fallas en la red pública de agua potable con las condiciones existentes de las redes y el tipo de suelo. Para ello, se pretende determinar un mapa de zonas críticas por registro históricos como patrones de análisis y su vinculación a las variables de las redes, de manera que se pueda establecer una tendencia o condición de comportamiento aceptable.
- Explicativo: La idea de encontrar este patrón de comportamiento se relacionará con los datos de análisis de mecánicas de suelos existentes para comprender y determinar la relevancia del terreno en las futuras urbanizaciones en la comuna. Con esta información se podrán proponer mejoras en la planificación y la autoridad reguladora podrá generar exigencias normativas adicionales para controlar las pérdidas de agua y la correcta atención de los clientes.

Pese a definir todos los enfoques existentes en el estudio, el alcance científico dominante en la investigación es de carácter **correlacional**, debido a que es la base del objetivo general. En segundo lugar, se encuentra el enfoque **exploratorio**, puesto que no existen estudios previos, información actualizada, ni registros en el mundo, que contemplen un análisis similar para evaluar los problemas del suelo salino ante fallas de redes públicas de agua potable. Respecto a estos alcances, se pretende abarcar el enfoque **explicativo**, tomando los resultados de esta investigación y generando la definición de posibles patrones de comportamiento por sectores críticos.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

Para el estudio se define el objetivo general y los objetivos específicos con respecto a la gestión hídrica y su influencia social en la población afectada. Se presentan 16 objetivos específicos que se relacionan directamente con la temporalidad de las fases de ejecución metodológica del estudio.

2.1 OBJETIVO GENERAL

Correlacionar los antecedentes del protocolo de información PR013 sobre reclamos por hundimiento de terreno y filtraciones/fallas de agua potable, para la localidad de Alto Hospicio en la región de Tarapacá desde el año 2017 al 2023, mediante una zonificación territorial que vincule los asentamientos del suelo salino con el desempeño de las redes de agua potable definiendo áreas con distinto grado de vulnerabilidad con el fin de analizar las variables en la formación de socavones, esclarecer responsabilidades y generar un plan de acción para todos los actores involucrados de la región.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- 1) Identificar y conocer a nivel de bibliografía y webgrafías todas aquellas materias relacionadas con el objeto de estudio, sistematizando la información en fichas bibliográficas y en un documento Excel de conexión entre conceptos, interrogantes y aspectos relevantes.
- 2) Conocer y comprender las propiedades geotécnicas y composición química del suelo salino en Alto Hospicio y en el mundo.
- 3) Presentar de modo descriptivo las principales características de las redes de distribución de agua potable y sus formas de fallas.
- 4) Establecer el marco teórico de la investigación, una vez conocido estado del arte realizado y la descripción del sujeto de estudio.
- 5) Proponer una secuencia de los pasos metodológicos necesarios para obtener correlaciones entre las deficiencias en la red AP y la generación de hundimiento de terreno en Alto Hospicio dado el registro histórico de eventos y reclamos, determinando una programación de actividades en carta Gantt.
- 6) Analizar y discriminar los datos del PR013 que se requerirán para la aplicación de la metodología

- 7) Generar mapas de calor para reclamos por hundimiento de terreno, para reclamos por filtración de agua potable y para discontinuidades con escurrimiento en vía pública, agrupados por año y por período global.
- 8) Vincular dichos reclamos de hundimientos de terreno con deficiencias en la red pública de agua potable dentro de distintos radios de influencia por período, definiendo la infraestructura sanitaria crítica por zonas.
- 9) Clasificar y cuantificar los datos para el área definida previamente y analizar las características de las redes de distribución.
- 10) Generar una sectorización de los resultados obtenidos y comparar con las características técnicas de cada cuartel de presión.
- 11) Realizar un análisis estadístico de cada variable determinada y establecer el grado de significancia existente para cada prueba de hipótesis aplicada.
- 12) Calcular correlaciones entre las características de las redes de agua potable con deficiencias, conforme a la materialidad, diámetro, año de instalación y períodos de la falla.
- 13) Reiterar el análisis estadístico y de correlaciones aplicando la sensibilización del radio de influencia que permita establecer la variabilidad de cada parámetro.
- 14) Generar una vinculación entre los resultados de correlaciones sobre las condiciones de las redes con fallas y el suelo salino en Alto Hospicio.
- 15) Concluir sobre la existencia de una relación estadística o de tendencia entre la formación de socavones y las filtraciones de la red AP de Alto Hospicio, determinando parámetros a considerar y posibles responsabilidades conforme a los resultados obtenidos.
- 16) Recomendar la implementación de elementos técnicos y tecnologías para evitar el colapso de la infraestructura junto con las consideraciones normativas que ello conllevaría.
- 17) Recomendar una serie de propuestas de gestión que abordan los tópicos de las conclusiones en cuanto al recurso hídrico y los actores de la gobernanza existente para suelo salino.

CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

Este apartado es ampliamente utilizado para determinar las bases del marco teórico de cualquier estudio o investigación que se pretenda realizar. En particular, reúne la investigación bibliográfica sobre el conocimiento que exista en el país y en el mundo a través de los conocimientos científicos y estudios similares de la industria sanitaria. Dicho análisis vincula estos antecedentes con algún sujeto de estudio donde se pueda aplicar una técnica de investigación y finalmente, define como plantear este método para resolver el problema del estudio, como se detalla en adelante.

3.1 ANTECEDENTES DEL ESTADO DEL ARTE

Dentro de la recopilación de antecedentes se revisaron repositorios digitales, webgráficas y los conocimientos aprendidos en el magíster a través de clases y trabajos complementarios de cada módulo, con el fin de estudiar todas las variables asociadas al sujeto estudiado.

3.1.1 Review bibliográfico

De los antecedentes mencionados, se adjunta una tabla resumen con la bibliografía investigada y la información relevante que se obtuvo para este análisis.

Tabla 1. Review Bibliográfico		
N° Ficha	Citas	Descriptor
LECTURAS FUNDAMENTALES		
2	(Ministerio de Obras Públicas, 2004)	Comprender el marco normativo sobre las concesiones sanitarias y las facultades de la SISS
3	(Instituto Nacional de Normalización, 2016)	Revisar las implicancias de la normativa existente sobre instalaciones sanitarias en suelo salino
4	(Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2013)	Comprender exigencias técnicas locales y adicionales a la normativa para infraestructura sanitaria en suelo salino
6	(Superintendencia de Servicios Sanitarios, 2017)	Comprender el proceso de autocontrol de la sanitaria en torno a fallas y reclamos por filtraciones de AP
7	(Espinoza, 2022)	Estudia las variables geotécnicas, composición química y propiedades influyentes en la disolución de sales del suelo
15	(Olguín, Acevedo, & Foncea, 2004)	Muestra la geomorfología de la zona, los tipos de sales solubles y los efectos del agua en el suelo
16	(Olguín, Foncea, & Acevedo, 2004)	Indica las características químicas, las estructuras de suelos salinos y una evaluación de esta condición.
18	(Hao-Jie, Hong-Hu, Hai-Ying, Bao, & Bin, 2022)	Revisa un estudio con mediciones de asentamientos de terreno con implicaciones en tuberías y la influencia en su rendimiento

N° Ficha	Citas	Descriptor
20	(Pietrucha-Urbanik, 2015)	Realiza una evaluación de una red de distribución distinguiendo fallas, evaluando rendimientos y condiciones operativas
22	(Dawood, Elwakil, Novoa, & Gárate, 2020)	Estudia un modelo predictivo de fallas en tuberías de PVC de acuerdo con la presión de servicio y caudal
23	(Cheng, Pan, Sun, Zhang, & Cao, 2023)	Monitorea el comportamiento del terreno ante hundimientos producidos por fugas de agua
24	(Wu, You, & Zha, 2020)	Realiza una simulación numérica para entender el movimiento de tuberías enterradas de HDPE ante hundimientos del suelo
25	(Wu, You, & Zha, 2021)	Repite simulación numérica en tubos de HDPE incorporando como variable la presión interna del tubo y defectos geométricos
26	(Lee, Zeng, Lambert, Hilditch, & Gong, 2023)	Ayuda a comprender los transitorios hidráulicos para determinar fallas en redes
27	(Nasiri & Khosravani, 2023)	Entrega métodos y predicciones para determinar modelos de fallas en tuberías de HDPE
31	(Rebiai & Guettala, 2023)	Presenta un caso de falla de edificios en suelo salino por filtraciones de agua y su análisis constructivo
32	(Tafsirojjaman, y otros, 2022)	Analiza modelos de fallas de tuberías y sus rehabilitaciones modificando propiedades mecánicas
34	(Liu, Li, Liu, Hou, & Nazir, 2024)	Evidencia la relación de variables entre el agua, sal, estructura del suelo y resistividad para un terreno salino
35	(QGIS, 2024)	Explica funciones y entrega indicaciones para utilizar el software QGIS en el manejo de datos
40	(Ang & Tang, 2006)	Señala diferentes parámetros estadísticos y métodos para analizar y correlacionar variables
41	(Olguín, Acevedo, & Foncea, 2004)	Revisa propuesta de metodología para desarrollar el conocimiento de suelos salinos en el norte en base a los antecedentes y ensayos de terreno.
LECTURAS COMPLEMENTARIAS		
1	(Superintendencia de Servicios Sanitarios, 2020)	Revisar objetivos estratégicos del plan de reducción de riesgo de desastres en sector sanitario conforme a suelo salino
8	(Hosein Ebrahimi, Mehdi Mortaheb, Hassani, & Taghizadeh-yazdi, 2022)	Evalúa la resiliencia sísmica de las tuberías frente a simulaciones con datos reales en Japón y Estados Unidos
9	(Ministerio de Obras Públicas, 1988)	Conocer el marco normativo sobre las tarifas aplicadas en las concesiones sanitarias y su formulación
10	(Walpole, Myers, & Myers, 2012)	Repasar conceptos de estadísticas para el manejo de datos, su interpretación y la relación entre variables
11	(Ministerio de Obras Públicas, 1990)	Establece las variables definidas en el proceso tarifario para la determinación de costos y tarifas
13	(Gainza, 2021)	Explica las características geológicas del norte de Chile y la presencia de sales solubles
19	(Schouwenaars, Jacobo, Ramos, & Ortiz, 2007)	Muestra tipos de grietas y propagaciones en tuberías HDPE revisando presiones y otras causas
28	(Zhang, Jiang, Zhou, Yao, & Hu, 2023)	Enseña el comportamiento del HDPE corrugado en servicio frente a ondas sísmicas
29	(Ossai, 2020)	Realiza un análisis de corrosión y las fallas causadas, estimando un modelo probabilístico de predicción
30	(Buttafuoco, Castrignano, Busoni, & Dimase, 2005)	Modela una estimación del contenido de agua en el suelo a través de geoestadística generando proyecciones

N° Ficha	Citas	Descriptor
33	(Voisin, Erriguible, & Aymonier, 2019)	Realiza un análisis de solubilidad de dos sales y la influencia registrada entre ellas frente al agua
LECTURAS ESPECÍFICAS		
5	(IDIEM, 2012)	Analizar resultados de muestras y antecedentes sobre la zonificación del suelo, el contenido de sal y su dureza.
12	(IDIEM, 2010)	Revisa los primeros lineamientos de estudios en calicatas para caracterizar y determinar propiedades del suelo salino
14	(Sernageomin, 2014)	Entrega información geológica de la comuna de Alto Hospicio en base a calicatas puntuales
17	(Shahin, Barsoum, & Korkees, 2021)	Enseña el comportamiento de una unión brida al HDPE en cuanto a propiedades mecánicas, presión y temperatura
21	(Chohan, y otros, 2023)	Muestra el ciclo de vida de las tuberías, el impacto ambiental y las limitaciones energéticas
36	(Lillo, 2024)	Corroborar la existencia y vigencia de normativa chilena aplicable a suelo salino, junto con recomendaciones
37	(La Caille, 2024)	Señala las principales deficiencias en las tuberías de PVC y HDPE incluyendo la instalación e inspección
38	(Lay Son, 2024)	Señala las principales fallas en tuberías de PVC y HDPE en Alto Hospicio desde la perspectiva del operador y sus contratistas
39	(Gomez, 2024)	Entrega aspectos técnicos desde la perspectiva del fabricante sobre tuberías, uniones e instalación
42	(Jorquera, 2024)	Entrega aspectos técnicos desde la perspectiva del perito y asesor sobre tuberías plásticas, uniones e instalación.

Fuente: Elaboración propia.

Dentro del cuadro anterior se mencionan citas bibliográficas relacionadas con la materia de estudio e inclusive considerando entrevistas realizadas a expertos en redes sanitarias desde el ámbito operativo al normativo, como complemento a la configuración del estado del arte. Respecto a este último punto, se aplicó la metodología Delphi para verificar concordancias y divergencias entre las opiniones de especialistas con y sin los resultados de la investigación, buscando encontrar consenso respecto a varias condiciones de la problemática. Dentro de los anexos se adjunta el formato de preguntas aplicadas en cada fase a estos expertos y aquí se presenta un resumen inicial para el trabajo con el panel.

Tabla 2. Resumen sobre entrevistas a expertos		
Experto	Cargo	Comentarios principales
Christian Lillo Sarmiento	Jefe de unidad de normas SISS	- Solo existe la NCh 3394-2016 y el itemizado técnico para instalaciones sanitarias. - Reglamentación SISS es acotada y no evalúa riesgos como hundimientos. - No hay conocimiento internacional de normas relacionadas. - Para analizar los tipos de fallas se debe realizar un estudio serio del tema. - Para instalación de PVC es relevante la cama de apoyo.

Experto	Cargo	Comentarios principales
Denise La Caille Aleuy	Ingeniera en especificación, VINILIT	- Principales problemas en Alto Hospicio son en uniones y rellenos de zanjas - Tipo de resina influye en fabricación de tubería, generando grietas. - Empresas constructoras sin expertiz técnica en instalación de HDPE - HDPE posee especificaciones tecnificadas, definidas y con registro, a diferencia de PVC. - Mala inspección, material no adecuado o instalación inapropiada son principales causas de fallas
Suying Lay Son Aguilera	Jefa zonal de redes Iquique, Aguas del Altiplano	- El pinzado no es 100% hermético, dependiendo del diámetro de la tubería. - En PVC, falla en cara superior debido a presión, en cara lateral por aplastamiento y en cara inferior por rellenos. - Inspectores de terreno no alcanzan a acudir al 100% de todas las reparaciones. - Variaciones de presión generan fallas en uniones y collares de arranques. - Contratista de emergencia no requiere certificación o especialización técnica para instalar HDPE.
Oscar Gómez Mora	Category Manager Municipal Costa Rica, ALIAXIS	- Contaminación en bordes de HDPE, impide la transferencia molecular y crea futuras deficiencias en la unión. - La resina en el HDPE, entrega fragilidad al tubo cuando se aplica termofusión. - Proceso constructivo se ejecuta en malas condiciones, disminuyendo la seguridad de fabricantes. - El incumplimiento de curvatura en HDPE, alineación o enfriamiento de soldadura son causas de fallas. - En muchos países, se utilizan restrictores metálicos en vez de machones de anclaje para PVC.
Patricio Jorquera	Doctor, académico Universidad de Chile y perito en tuberías plásticas	- Los materiales plásticos presentan deterioro en el tiempo de acuerdo con la curva de plasto deformación, que no es considerada en el diseño. - No hay norma que acredite o certifique la soldadura de tuberías plásticas. - La confiabilidad de la tubería tiene relación con el diseño, instalación y operación. Idealmente vida útil de 50 años. - El pinzado afecta a las propiedades del HDPE y dicha reparación debería contemplar un refuerzo en el punto de falla. - El polietileno tiene mayor fluencia y se deforma más fácil para la deformación por flexión. El PVC es más rígido.

Fuente: Elaboración propia.

Al ser un tema de estudio exploratorio, dadas las condiciones singulares del suelo y de la concesión sanitaria en el mundo, existe una aplicabilidad en el sujeto de estudio para un par de experiencias internacionales con suelos salinos que agrupan ambas variables, con elementos diferenciadores que pueden despreciarse. Por lo tanto, se realizó un análisis de la situación global respecto a la temática planteada, que se describe en la siguiente tabla.

Tabla 3. Comparativa internacional de antecedentes

Localidad de estudio	Normativa	Características e información del suelo	Influencia del agua	Principales fallas de infraestructura
Alto Hospicio, Chile	NCh 3394-2016 Itemizado técnico Serviu Tarapacá	- Clima desértico costero, con alta evapotranspiración y baja oscilación térmica. - Presencia de sales por intrusión del mar en Plioceno. - Pocas calicatas con análisis de mecánica de suelos que mida sales solubles. - Se asume suelo completo con más de un 3% de sales solubles.	- Presencia de agua por filtraciones en las redes sanitarias. - Casi nula presencia de lluvias. - Agua no aflora, detectándose la falla a través del hundimiento. - No se ha estudiado composición química del suelo y su comportamiento frente al agua potable.	- Afectación a viviendas, edificios, caminos públicos y todo tipo de infraestructura. - Formación de socavones en fundaciones de viviendas, provocando inhabilitabilidad y demolición.
Qingquan, China	No se menciona la existencia de normas.	- Clima árido, alta evapotranspiración y significativos cambios de T°. - Principales sales son cloruro de sodio y sulfato de sodio. - Alta concentración de sales provoca baja resistividad. - Contenido de sal superior al 5%, disminuye cantidad de partículas gruesas.	- Presencia de agua se genera por lluvias (sobre 60 mm/año) - Contenido de sal y tamaño de partículas del suelo impactan más a resistividad cuando suelo está seco. - Resistividad del suelo se ve influenciada por contenido de agua.	- Sección ferroviaria afectada con arqueamiento. - Daños y hundimiento en carreteras. - También se aprecian fallas en alcantarillas y filtraciones.
Ouled Djellal, Argelia	No se menciona la existencia de normas.	- Capa de Plioceno con suelo yesífero. - Exposición de pirita con oxígeno y agua forma ácido sulfúrico que reacciona con calcio y forma yeso. - Movimientos tectónicos, meteorización y erosión generan perturbaciones en las capas.	- Disminuye la proporción de vacíos y el módulo de presión, generando asentamientos. - Velocidad de disolución en estudio de moderada a baja. - Presencia por napa subterránea a baja profundidad (10-15 metros).	- Evaluación de daños entre moderada y muy grave para edificios. - Patrones de grietas diagonales similares a escaleras. - Compresión localizada en elementos de mampostería.

Fuente: Elaboración propia.

3.2 SISTEMA DE PALABRAS CLAVES Y CONCEPTOS

Para comprender en detalle los diversos conceptos y palabras claves encontrados en la bibliografía, se adjunta una planilla Excel con el resumen de la literatura estudiada, atendiendo al menos a 20 preguntas y consultas que pretende responder esta investigación.

Pese a lo anterior, se adjunta una tabla resumen de dicho documento, seleccionando los principales tópicos que se abordan y una descripción de estas ideas.

Tabla 4. Resumen de planilla conceptos claves

Cuestionamientos	Ideas principales	Palabras claves
Condiciones geológicas y geotécnicas	- Principal origen de sales por invasión del mar y precipitación por evaporación. - Con presencia de aniones de cloruros, sulfatos, carbonatos y nitratos. Cationes de sodio, calcio y magnesio. - 7,3% de superficie continental es salina. - Alta evapotranspiración y cambios significativos de T°	Suelo salino
Propiedades y características del suelo	- Sales solubles incidentes dependen de su granulometría, índice de vacíos y grado de cristalización. - Mayor plasticidad y sales cristalizadas impiden percolación. - Contenido de sal y tamaño de partículas impactan en resistividad de suelo con bajo contenido de agua (<5%). - Efecto ion común genera baja solubilidad de una sal respecto a otra. - Deformaciones se visualizan por tipo de estructura del suelo y valor de relación potencial de vacíos.	
Solubilidad con agua	- Depende de temperatura, cristalinidad y composición química. - Cloruros alta disolución. Sulfatos moderada disolución. Carbonatos baja disolución. - Depende de solutos en el suelo. - Estructuras macro porosas con alto potencial de colapso. Estructuras micro porosas con mayor margen de seguridad	
Condiciones de Alto Hospicio	- Clima semiárido con alta evapotranspiración. - Calicatas con sales solubles sobre un 5% - Sales a poca profundidad por eventos tectónicos, magmáticos y sísmicos. - Estructura tipo matriz con material fino sobre 10%, baja permeabilidad y mayor cristalinidad	
Causas de fallas en redes AP	- 5% por medio ambiente; 30% por materiales; 20% por protección; 45% por efecto humano. - Golpe de ariete. - Defectos por corrosión.	Tuberías

Cuestionamientos	Ideas principales	Palabras claves
	- Fatiga, propagación de grietas, pandeo por deformación lateral, presión interna.	
Propiedades técnicas y operativas en redes	- Fierro fundido, acero y asbesto cemento son cañerías con más fallas. - Configuración metal-plástico-metal en uniones disminuye vida útil. - Espesores menores a 9,53 mm experimentan pandeo por compresión.	
Tipos y puntos de fallas	- Fatiga con menos vida útil puede concentrar formación de grietas. - Por edad de tuberías - Por criticidad: Deformación lateral, impacto, vibraciones, deformación axial y ovalización.	
Causas de fallas en redes AP	- Predomina deformación por flexión. - Longitud de sección, presión interna, profundidad del defecto son variables que aumentan el asentamiento.	Hundimiento de terreno
Tipos y puntos de fallas	- A menor profundidad, mayores tensiones por tracción. - Flexión y ovalización. - Concentración de tensiones en defecto.	
Aplicaciones de tecnología	- Medición de asentamientos con fibra óptica. Se aplicaron diferentes formas de anclaje. - Modelación con elementos finitos en interacción suelo y cargas. - Simulación de muestras de terreno en laboratorio.	
Causas de fallas en redes AP	- Soldaduras inadecuadas y crecimiento lento de grietas por defectos de fabricación o instalación. - Falla dúctil por altas presiones internas; falla frágil por grietas. - Falla estática por terremotos y hundimiento de terreno; falla dinámica por deformación axial y flexión.	HDPE-PVC
Propiedades técnicas y operativas en redes	- Tensión de contacto brida-brida es menor a 2 MPa, no hay estanqueidad. - Tenacidad definida por calidad de resina y condiciones de procesamiento. - Moléculas de enlace y cristales laminares en polímeros.	
Tipos y puntos de fallas	- Uniones, defectos de fabricación, daños en manipulación, edad y degradación química. - Falla circunferencial para diámetros pequeños. Falla longitudinal para diámetros mayores. - Pérdida de apriete en uniones mecánicas	
Información multivariable	- Modelación de presiones de servicio con funciones de probabilidad. - Aplican indicadores de correlación estadística.	
Condiciones Alto Hospicio	- Matriz FODA, balance scorecard y la experiencia de viaje del usuario son algunas herramientas para revisar indicadores y acciones en atenciones. - 33,2% pérdidas de agua potable en red.	Gestión
Causas de fallas en redes AP	- Revisar diagrama Ishikawa para reconocer causales de fallas en redes.	

Cuestionamientos	Ideas principales	Palabras claves
Influencia en tarifas	- Análisis de fuerzas demográficas, políticas y legales que influyen en condiciones de fallas - Análisis del macroentorno (PESTEL) y plan de marketing estratégico podría orientar - Reconocimiento trade-offs de activos dentro de las tarifas vigentes - Cambiar a modelo de inversión compartido, sin variación de tarifas actuales	
Propuestas de mejora en industria sanitaria	- Modelo de mejora continua con una gestión estratégica por parte de las empresas. - Considerar importancia de modelo integral con injerencia en tarifas y concesiones. - Contratos colaborativos, reducción de pérdidas, aplicación de tecnología y potenciar la gestión del cliente como ejes.	

Fuente: Elaboración propia.

3.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL ESTADO DEL ARTE

A continuación, se desarrollan una serie de interrogantes que dan sustento a la conformación y el conocimiento actual del estado del arte para el caso en estudio.

3.3.1 Conocimientos previos sobre la investigación.

Respecto a los conocimientos existentes en el mundo científico, éstos se deben separar en dos ejes dado que el fenómeno a estudiar corresponde a la vinculación entre las condiciones geológicas de un territorio en particular y la afectación que allí se produce por fallas en la red de agua potable de la misma zona.

Por un lado, la ciencia a nivel mundial sabe y conoce como caracterizar las condiciones geotécnicas de los suelos. A raíz de ello, se pueden reconocer elementos como las sales solubles, diferenciando el efecto de su solubilidad, no solo por la concentración, sino por el tipo de compuesto mineralógico que posee. A nivel nacional, en el año 2016 se promulgó una normativa sobre suelos salinos, donde se define este tipo de suelo cuando la composición de las muestras posea sobre un 3% de sales solubles, sin embargo, no define ni diferencia cuales son las llamadas “sales solubles” ni cuál es su caracterización química dentro del suelo. Tal como indica (Olguín, Fonca, & Acevedo, Suelos salinos del norte de Chile II, 2004), los depósitos salinos del norte de Chile se caracterizan por tener cloruro de sodio (halita), sulfato de calcio (yeso y anhidrita), nitrato de sodio (salitre) y carbonato de calcio (calcita). De allí, que existen otras variables que influyen en la solubilidad, relativas al grado de cristalinidad, las condiciones de evaporación (temperatura) y las propiedades del suelo como la granulometría, el peso específico y el índice de vacíos (porosidad).

Si bien, el colapso de suelos salinos está reconocido y estudiado por distintos especialistas en geología, para determinar los asentamientos y la velocidad de formación de éstos, dependen de análisis específicos de cada terreno, como el ejecutado por (Rebiai & Guettala, 2023) en una localidad de Argelia, donde los suelos tienen alto contenido de yeso como la calcita. Al analizar el potencial de colapso, no solo se evaluó el comportamiento químico del terreno en presencia de agua, sino que también se realizaron mediciones de calidad y niveles piezométricos del agua en un conjunto habitacional existente y con daños estructurales. Las pruebas de presión in situ permitieron monitorear los hundimientos localizados y comprender los tipos de fallas visibles en los edificios. Un análisis similar aplicó (Espinoza, 2022) con la norma ASTM D5333-03 pero sobre el tranque de relave El Torito, en el sector El Melón, comuna de Nogales. El material seleccionado para las muestras considera valores típicos a los suelos salinos naturales dada la granulometría mal graduada y el contenido de finos (limo). Al realizar ensayos con infiltración para diferentes grados de salinidad, se constata que al aumentar el contenido de sales solubles disminuye la densidad seca, disminuye la conductividad hidráulica y aumenta la deformación vertical para distintos tipos de aguas, siendo el caso más desfavorable, cuando se utiliza agua destilada, similar al agua potable.

Sin duda, la condición geológica del terreno en Alto Hospicio es parte del estado base del estudio, sin embargo, este análisis no se aplicaría si no ocurrieran filtraciones de agua en la vía pública. A raíz de lo planteado, estas fugas no son visibles, toda vez que la solubilidad del terreno genera que éste se diluya y no aflore como ocurre en gran parte del mundo. Por lo tanto, otro de las temáticas a analizar son los tipos de fallas y roturas que se tienen registradas en la localidad como emergencias, donde el evento se soluciona cuando hay denuncios o indicios de afectaciones al terreno (socavones). Al igual que señala (Espinoza, 2022), las causas más probables de disolución de sales tienen relación con las filtraciones de cañerías de agua potable, filtraciones en tuberías de alcantarillado, riego de jardines, lavado de autos, filtraciones de piscina, choques de grifos y el aumento de lluvias. De todas las causales planteadas, se descarta lo relativo a las piscinas, el uso de grifos y las lluvias, por el bajo impacto constatado y breve tiempo de afectación dentro del período de análisis. En cuanto al riego y lavado de vehículos, está condición cultural de la población, tampoco es cuantificable, a diferencia de las filtraciones en las redes, por tanto, se sopesará más adelante una posible influencia.

Existe una investigación reciente de (Espinoza, 2022) la cual revisa la velocidad de solubilidad en suelo salinos, sin embargo, de forma conceptual, puesto que realiza análisis de laboratorio para muestras tomadas de un relave en la región Metropolitana, con condiciones geotécnicas similares a los suelos estudiados. Como elemento a considerar, concluye la importancia de la composición del terreno y su cristalización al momento de entrar en contacto con el agua, cambiando la resistencia y densidades de las probetas creadas. Salvo estas investigaciones, no

se tienen mayores conocimientos técnicos ni análisis acabados sobre la magnitud y profundidad de la afectación sobre la superficie de la localidad.

Sobre este aspecto, la Superintendencia de Servicios Sanitarios, a través de sus protocolos de información genera una abundante base de datos relativas a reclamos de usuarios y discontinuidades de servicios (cortes por fallas en matrices). Como parte de la normativa sanitaria chilena, las concesiones tienen la obligación de generar un autocontrol en el marco de sus responsabilidades de operación y mantención de la infraestructura, lo que está reglado por procedimientos que se cumplen mensualmente y que se fiscalizan. Pese a los antecedentes disponibles, las empresas sanitarias no tienen la obligatoriedad de estudiar o analizar las fallas en sus redes, por lo tanto, no lo hacen. Este análisis se orienta esencialmente en la academia y sus estudiantes, quienes dependiendo de la especialidad de ingeniería podrían tomar un tema relevante a revisar como los tipos de fallas frecuentes en la red de distribución. Si bien, existen múltiples estudios e investigaciones sobre roturas en tuberías, las variables principales que se abordan tienen relación con la materialidad, el año de instalación, el proceso constructivo, las condiciones de operación y las cargas que reciben.

En particular, la bibliografía revisada contempla las falencias diferenciadas por tuberías plásticas (HDPE, PVC) y tuberías metálicas (acero, hierro dúctil), así como también analizando puntos de fallas, ya sea en tuberías o piezas especiales. Todas estas características técnicas se ven influenciadas por el comportamiento de las presiones de servicio en la red y las cargas estáticas/dinámicas, como, por ejemplo, el peso del relleno, el tráfico vehicular, los movimientos sísmicos, hundimientos de terreno, entre otras. Respecto a este último, (Tafsirojjaman, y otros, 2022) concluyeron que la deformación lateral por socavamiento es el objetivo de desempeño más crítico de acuerdo con un proceso de jerarquía analítica para una modelación de elementos finitos en tuberías de distintos espesores, módulos de elasticidad y presiones internas de operación, considerando variables similares a la red de distribución de Alto Hospicio. De la investigación señalada, se determina que los hundimientos de terreno provocan mayor tendencia a las fallas de tuberías, situación que se pretende abordar en este estudio.

3.3.2 Principales consideraciones sobre suelo salino y deficiencias en redes sanitarias.

Chile se caracteriza por ser un país con múltiples actores públicos donde se diversifican las funciones y responsabilidades, dependiendo del área de trabajo, sin embargo, el mayor problema que se genera es la escasa vinculación y trabajo coordinado entre instituciones afines. Generalmente, cada servicio intenta avanzar con sus estrategias y modelo de gestión, ligado a directrices políticas, lo que impide revisar un modelo integral de planificación. El caso de Alto Hospicio es un ejemplo

de dicha problemática, puesto que el principal urbanizador de la comuna (Ministerio de Vivienda y Urbanismo) es quien se ve afectado directamente por los socavones y el déficit habitacional, donde el involucrado central es la empresa sanitaria que presta servicios, la que es fiscalizada por la SISS, dependiente del Ministerio de Obras Públicas. Pese a generar coordinaciones en el tiempo, la vinculación es escasa y poco continua, de manera que, no hay análisis detallado sobre la correlación entre fallas y hundimientos de terreno, solo se tienen premisas y ante emergencias con daños constatables, se puede exigir algún tipo de reparación de la infraestructura pública. Aunque la condición geotécnica de la localidad es conocida desde antes de su fundación, no se ha avanzado en políticas públicas para abordar todas las implicaciones económicas, sociales y culturales que se viven. A mayor abundamiento, apenas se tienen escasos y puntuales estudios para caracterizar el suelo de la comuna, asumiendo que la totalidad del territorio es igualmente afectada. Recién en el año 2023, el Estado contrató un estudio geotécnico detallado para zonificar y cuantificar la cantidad de sales solubles existentes. Todo lo anterior, solo demuestra una posible causal vinculante entre la generación de socavones y las filtraciones de la red de agua potable, sin embargo, este análisis no se ha realizado.

A nivel internacional, esta temática es poco abordada, principalmente porque es un tema específico que solo se ha visto en regiones áridas con presencia de suelo salino. Además, el modelo de gestión del agua es diferenciado al de muchos países del orbe, con una concesión sanitaria privada, que es fiscalizada para el cumplimiento de la obligatoriedad de prestación de servicios. Si bien, existen otras ciudades en constante crecimiento habitacional que tienen este tipo de suelo, la influencia de filtraciones depende del modelo sanitario aplicable a la localidad, que, en el caso chileno, permite obtener datos confiables sobre la operación y sobre los reclamos de los usuarios.

Se encontraron al menos tres estudios que monitorean el hundimiento de terreno inducido por fugas de tuberías de agua potable. (Cheng, Pan, Sun, Zhang, & Cao, 2023) analizaron el grado de hundimiento, deformación y desplazamiento en probetas de laboratorio ante la infiltración de agua medida por sensores de fibra óptica para una cierta cavidad. Si bien los resultados permitieron cuantificar la distribución de tensiones y deformaciones a diferentes profundidades, se logra utilizar y calibrar un modelo computacional para estimar el comportamiento de los terrenos con la aplicación de la tecnología de medición, siendo solo una experiencia de laboratorio.

Dada la condición del terreno en el noroeste de China, región árida y con presencia de suelos salinos, (Liu, Li, Liu, Hou, & Nazir, 2024) analizó los factores claves del hundimiento, como el contenido de agua, de sal y la composición del suelo, junto con la resistividad eléctrica para determinar los modos de fallas de la infraestructura

ferroviaria en esta situación. De las regiones estudiadas, por las condiciones climáticas y geotécnicas, el condado de Qingquan se asemeja a la realidad de Alto Hospicio, pese a considerar un importante efecto de lluvias presentes (sobre 63 mm/año).

De manera similar, (Rebiai & Guettala, 2023) analizaron un conjunto habitacional con daños estructurales por asentamientos de terreno debido al hidrocólaps, donde se midieron presiones sobre el suelo, presencia de agua y la composición geotécnica del sector, además de las consideraciones constructivas existentes en Ouled Djellal, Argelia. Aunque los registros de asentamientos no eran tan precisos como la investigación recién mencionada, se generaron datos in situ en condiciones reales para evaluación de daños. Quizás la única diferencia con respecto a la situación chilena es que la localidad africana posee presencia de napa subterránea a poca profundidad, lo que podría influenciar en la afectación del territorio estudiado.

3.3.3 Tendencias sobre hundimientos de terreno y fallas en redes

Al relacionar las fallas en las redes de agua potable con los hundimientos de terreno en Alto Hospicio, no se aprecia vinculación previa en otra parte del mundo, solo supuestos en base a las emergencias visualizadas por la población o aproximaciones de estudios, que solo otorgan un análisis de daños en la infraestructura o generan un conocimiento de la condición de cada suelo salino y su composición. De esta forma, este análisis es pionero en cuanto al establecimiento de conclusiones y recomendaciones a nivel normativo, político y de responsabilidades presentes para los usuarios del agua como para la empresa sanitaria.

A nivel internacional, la literatura tiene algunas investigaciones sobre tipos de fallas en tuberías plásticas, vinculando el hundimiento de terreno con una tendencia a la deformación por flexión o el pandeo por aplastamiento, como señaló (Wu, You, & Zha, 2021) y (Cheng, Pan, Sun, Zhang, & Cao, 2023). Salvo lo anterior, las tuberías tienen otras formas de fallas en las uniones, en las piezas especiales o en el mismo tubo, donde el fenómeno del socavamiento acota las posibles hipótesis de roturas. Para categorizar las tendencias de fallas, también se debe estudiar la materialidad de las piezas, lo que influye en su comportamiento y rendimiento.

De forma complementaria, se realizaron entrevistas con un panel de expertos en relación con el tema estudiado, contemplando proveedores, el ámbito normativo y la operación por parte del concesionario. En resumen, se señaló que las principales deficiencias de tuberías y piezas se obtienen cuando existe una incorrecta instalación, cuando el material tiene problemas de fabricación como exceso de resina y cuando existe ausencia en el proceso de inspección especializada. Según (Gomez, 2024) y (La Caille, 2024), el polietileno es un excelente material, pero al

descuidar los puntos recién mencionados, se pierde el factor de seguridad de los proveedores.

3.3.4 Estado del arte actual

El presente tema de investigación se encuentra en medio de una gran relevancia política para la región de Tarapacá, dado que se está evaluando y proponiendo el nuevo marco de planificación y estrategia regional de desarrollo. En conjunto a esto, se requiere cubrir el déficit habitacional que tomaron los asentamientos irregulares en la comuna, sin embargo, la dificultad y complicaciones técnicas constructivas tienen constantemente en revisión a los especialistas y urbanizadores sobre las exigencias a las empresas que ejecutan obras. A su vez, la población y las autoridades locales piden mayor fiscalización a la empresa sanitaria, dado que el principal foco de las filtraciones se presume que proviene de la red pública.

Conforme a esta última situación, la Superintendencia de Servicios Sanitarios está trabajando en la formación de un instructivo aplicable a suelo salino respecto a nuevas exigencias y requisitos donde la prestadora debe tomar mayores responsabilidades y mejorar sus tiempos de atención ante emergencias, así como su método de reparación. En paralelo, la SISS está actualizando junto al Instituto Nacional de Normalización (INN), cuatro normativas sanitarias sobre instalaciones domiciliarias y públicas, adoptando recomendaciones de diseño y de construcción para redes en suelos salinos, como señaló (Lillo, 2024).

Tabla 5. Ventajas y desventajas de normativas existentes en Chile



Fuente: Elaboración propia.

Tras los escasos antecedentes geotécnicos existentes sobre la superficie de Alto Hospicio, el Gobierno de Chile licitó y adjudicó un estudio para caracterizar el suelo de la localidad, contemplando muestreos, evaluación de daños, información sobre las redes sanitarias y propuestas de mejoras constructivas para actualizar las normativas vigentes. Este nuevo estudio lo está realizando IDIEM y actualmente se encuentra en marcha, visualizando los primeros resultados de los alcances establecidos durante el año 2024. Fuera de ello, la expansión habitacional en la localidad sigue en incremento, con una amplia cartera de proyectos en ejecución, con la respectiva expansión del territorio operacional de la empresa sanitaria y con la disposición de fondos para asociaciones público-privada en intervención de redes domiciliarias sanitarias en interior de condominios sociales, para abordar los daños y socavones cuando la filtración de agua potable corresponde a una responsabilidad de cada usuario.

Pese a existir una normativa vigente, su laxitud y pocas propuestas técnicas nuevas, provocan que se destinen miles de millones de pesos en la localidad para construir, demoler y reconstruir, sin tener claridad de una eventual responsabilidad de la concesionaria en eventos o en el monitoreo de la infraestructura que operan. Así tampoco, existe una certificación técnica o especialización requerida para los contratistas que trabajan para Aguas del Altiplano, sumado al bajo poder de inspección de la propia empresa, como indicó (Lay Son, 2024).

3.3.5 Modelos o pautas de estudios similares

Los únicos modelos de estudios similares son los realizados en Argelia y el noroeste de China donde se evalúa las deformaciones y daños estructurales ocasionados por el hundimiento de terreno en suelo salino a raíz de filtraciones o presencia de agua. Si bien, una experiencia es de laboratorio y la otra es en terreno, las conclusiones preliminares y afectaciones a la infraestructura son compatibles. Pese a que estas investigaciones poseen un método de medición y análisis similar, para este estudio no se contemplan registros de terreno, ya sea de composición química ni de características geotécnicas, asumiendo que Alto Hospicio cumple con el criterio de sales solubles establecido en la NCh3394-2016 y visualizando los resultados existentes de algunas calicatas realizadas en la localidad en los años previos.

Teniendo esta premisa, el eje central de la investigación, tiene relación con el manejo de una serie de datos y características técnicas de las redes de agua potable, recopilados a través de denuncios y declaraciones de la prestadora, para aplicar una zonificación georreferenciada y un análisis estadístico sobre las variables más influyentes y su correlación respectiva. En base a estas consideraciones, no hay estudio que aborde las deficiencias en redes, como se pretenden ahondar, por ende, la metodología propuesta corresponde a parte de un

trabajo que realiza la oficina regional SISS Tarapacá para orientar las fiscalizaciones preventivas.

Al igual como se aplica con la zonificación de discontinuidades de servicio en la región, la pauta a seguir comprende la incorporación de los reclamos de usuarios, lo que permite vincular en el mismo espacio de tiempo y en un radio de influencia, alguna posible relación. Respecto al radio de influencia analizado, esta es una definición del autor conforme a la experiencia profesional en terreno y el alcance de afectaciones ante la presencia de socavones.

Respecto a la formulación de la metodología, se utilizó el esquema aplicado por (Rebiai & Guettala, 2023) respecto a la planificación del trabajo, sin considerar la evaluación del proceso de disolución del suelo, dado que no es tema de esta investigación, la definición y clasificación del terreno.

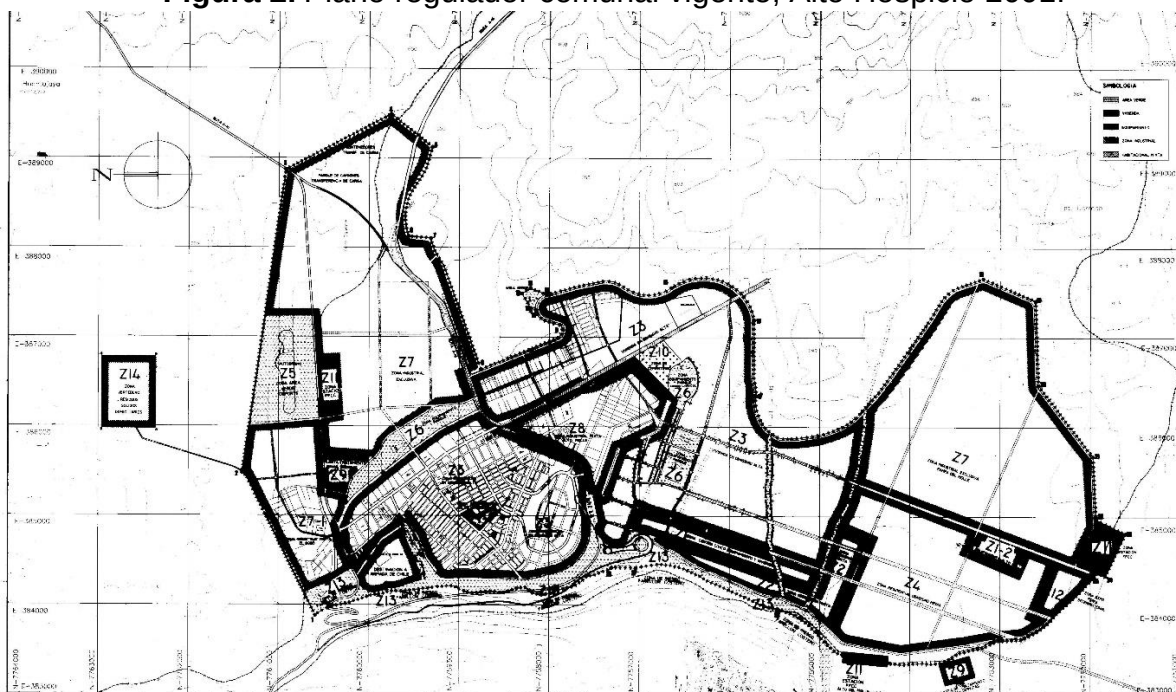
3.4 SUJETO DE ESTUDIO: SITUACIÓN DE ALTO HOSPICIO

Para caracterizar al sujeto de estudio, se deben contemplar dos áreas que se interrelacionan entre sí, debido a la interacción entre el tipo de suelo de la localidad y el nivel de fallas en las redes de agua potable, operadas por la empresa sanitaria Aguas del Altiplano. La definición de este sujeto comprenderá una descripción de ambas condiciones.

3.4.1 Características históricas, demográficas y climatológicas de Alto Hospicio

La zona de estudio comenzó a tener presencia humana con las actividades del salitre y su transporte. Entre los años 50 y 80, se produjeron los primeros asentamientos de parceleros aimaras dedicados a la horticultura. Desde la década del 80, se registró un aumento en la toma de terrenos y construcción habitacional, obligando a la comuna de Iquique de modificar las políticas públicas territoriales y crear la comuna de Alto Hospicio, el 12 de abril de 2004. Previa a la fecha de fundación, se aprobó el plan regulador comunal donde se visualiza la descripción, distribución y extensión de suelos.

Figura 2. Plano regulador comunal vigente, Alto Hospicio 2001.



Fuente: www.maho.cl

A contar de su creación, la situación demográfica ha seguido incrementándose en el tiempo, avalado por los datos del INE, de acuerdo con la información de los censos poblacionales.

Tabla 6. Tasa de crecimiento habitacional, Provincia de Iquique

Período	1992-2002	2002-2017
Tasa crecimiento anual	2,36	5,14
Comuna	Iquique	Alto Hospicio

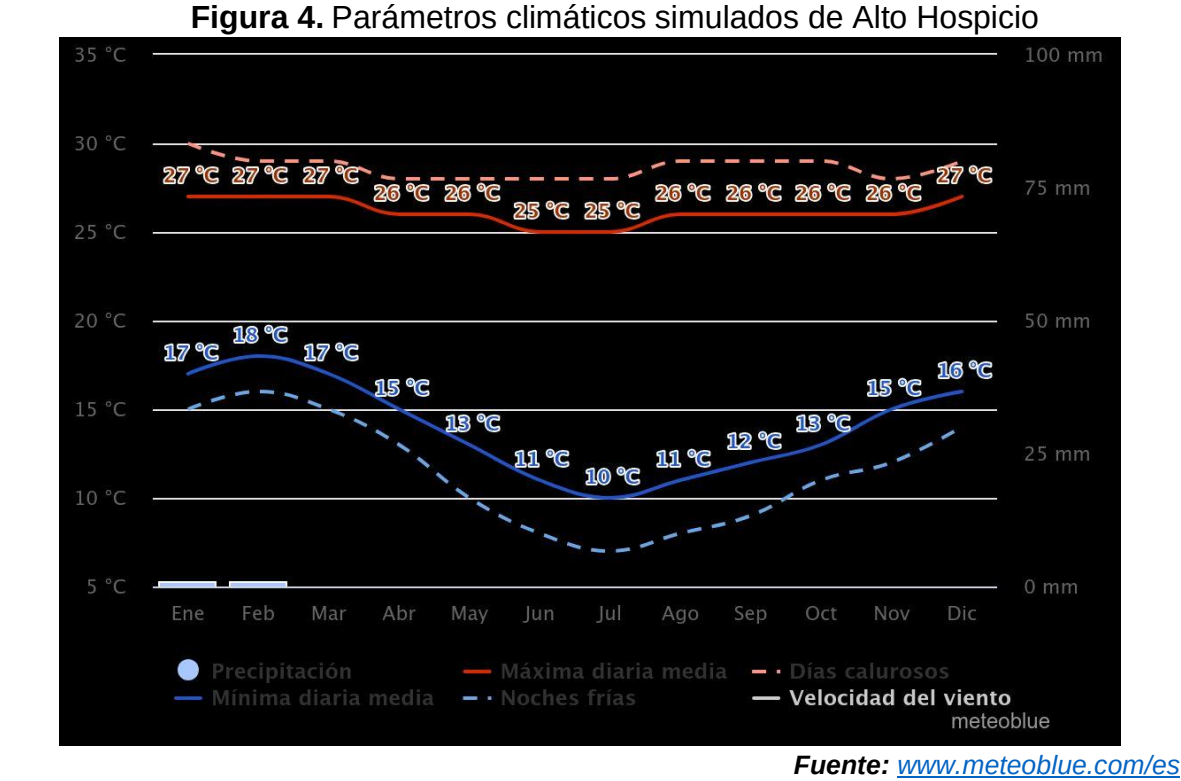
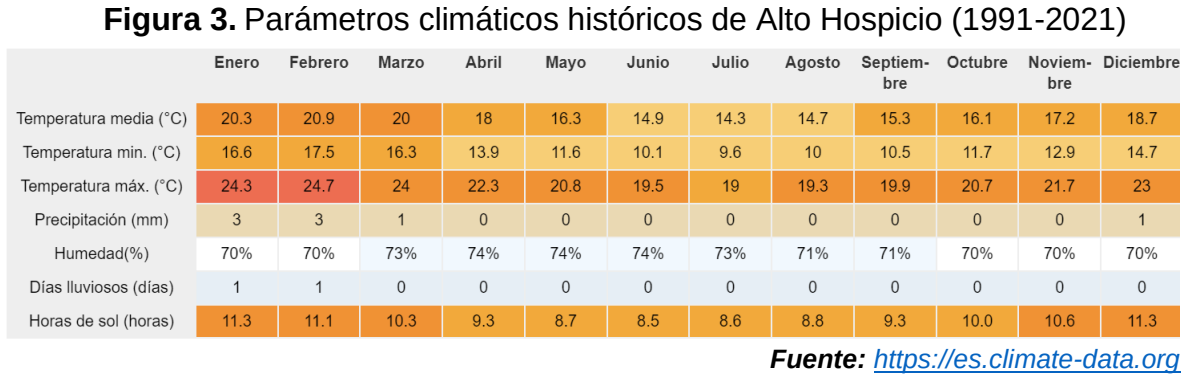
Fuente: *Elaboración propia*

Según los registros del INE, el crecimiento del país para el último período intercensal bordea el 1%, al igual que la mayoría de los países del mundo, como India o Estados Unidos, todos con una notoria tendencia a la baja. Pese a esta condición, el sujeto de estudio alcanza valores solo comparables con los países de mayor crecimiento demográfico del 2023, como Siria y Sudán del Sur, de acuerdo con datos del sitio web Statista (Statista, 2023).

Del diagnóstico preliminar sobre esta condición, se tiene como causa principal, la migración descontrolada en la región de Tarapacá, cuya población se asentó en la localidad de estudio por la disponibilidad de terrenos y la cercanía con la capital regional. Esto ha provocado un considerable déficit habitacional en la comuna, que se está intentando manejar con políticas territoriales para seguir urbanizando la

zona norte y sur, pese a la existencia del suelo salino y el desconocimiento de la calidad de los suelos en esos sectores.

Respecto a la climatología, Alto Hospicio es parte de la zona desértica costera del norte de Chile con influencia de vientos locales y nubosidad constante. Este tipo de clima se caracteriza por baja oscilación térmica y la presencia de lluvias estivales del llamado “invierno altiplánico”. Para ratificar las condiciones señaladas, se aprecian dos figuras con datos históricos y con datos simulados, donde se ve la variabilidad de las temperaturas y la baja presencia de precipitaciones.



Al comparar las figuras anteriores, de distintas fuentes climatológicas, se puede constatar que las precipitaciones son menores a 8 mm por año concentrada en los

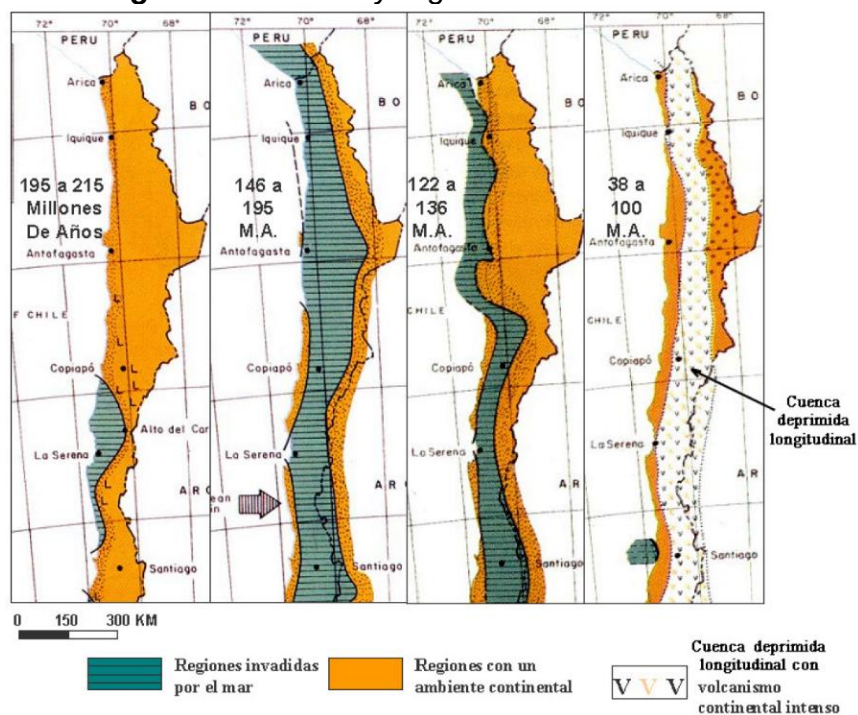
meses de verano, la humedad relativa del ambiente supera el 70% en promedio y la oscilación térmica entre las temperaturas mínimas y máximas presenta diferencias en el período de otoño-invierno para los registros históricos y los datos simulados, sin embargo, es similar para el resto del año. Si se contempla solo los datos históricos, la oscilación térmica se mueve entre 7° y 10°C durante todo el año, sin embargo, al revisar los datos modelados, la oscilación alcanza un máximo de 15°C, lo que, de igual manera, es un rango bajo.

3.4.2 Condiciones de suelo salino en Alto Hospicio

Alto Hospicio es una comuna de la región de Tarapacá que es reconocida por tener suelo salino dado los múltiples registros de socavones formados dentro del territorio operacional de la empresa sanitaria. Pese a este reconocimiento intrínseco, no existe una base de muestras o calicatas que caractericen en detalle las zonas de la localidad, solo se asume a nivel técnico que todo el terreno está afectado.

Cronológicamente, al revisar los estudios geotécnicos específicos existentes en la comuna y las propiedades de la mecánica de suelos, se definieron algunas condiciones de base, que es fundamental señalar. La investigación realizada por (Olguín, Acevedo, & Foncea, 2004) se enmarcan en un congreso nacional de Geotecnia donde se reconoce el origen del suelo salino en la ciudad, relativo a la intrusión marina en la zona y los posteriores ciclos de evapotranspiración y cambios de temperatura, que acumularon sales en las zonas de la pampa.

Figura 5. Avances y regresiones del mar en Chile.



Fuente: "Suelos Salinos del norte de Chile parte I", Acevedo, Foncea y Olguín, 2004. (Tamblay)

Posteriormente, se indican las propiedades del terreno que son preponderantes para la clasificación del tipo de suelo, considerando la granulometría, los tipos y cantidades de sales solubles existentes, su composición química y el índice de vacíos del terreno. En una segunda etapa, se determinó trabajar con las sales solubles existentes en depósitos salinos del norte de Chile, considerando la solubilidad que presentan frente al agua. Se debe tener presente, que mientras mayor sea el índice, mayor es la solubilidad.

Tabla 7. Solubilidad química de sales solubles

TIPO DE SAL	FÓRMULA QUÍMICA	SOLUBILIDAD QUÍMICA [g de sal / 100 g de agua]
Carbonato de Calcio (Calcita)	CaCO ₃	1.3 x 10 ⁻³
Sulfato de Calcio (Yeso)	CaSO ₄	2.22 x 10 ⁻¹
Cloruro de Sodio (Halita)	NaCl	3.59 x 10 ¹
Nitrato de Sodio (Salitre)	NaNO ₃	8.15 x 10 ¹

Fuente: “Suelos Salinos del norte de Chile parte II”, Acevedo, Foncea y Olguín, 2004.

Conforme a la estructura de los tipos de depósitos salinos y los muestreos realizados a dos calicatas en Alto Hospicio (micro y macro porosa), se calcularon los potenciales índices de vacíos obteniendo resultados similares y que casi triplican a otros valores en calicatas realizadas en Arica y Calama. Como conclusión, se determina que las estructuras macro porosas poseen mayor potencial de colapso en este tipo de suelo salino, sin embargo, es necesario aumentar la cantidad de ensayos en la localidad y ampliar los parámetros de laboratorio por analizar, como presión, temperatura del agua, composición química y nivel de sobrecarga del suelo.

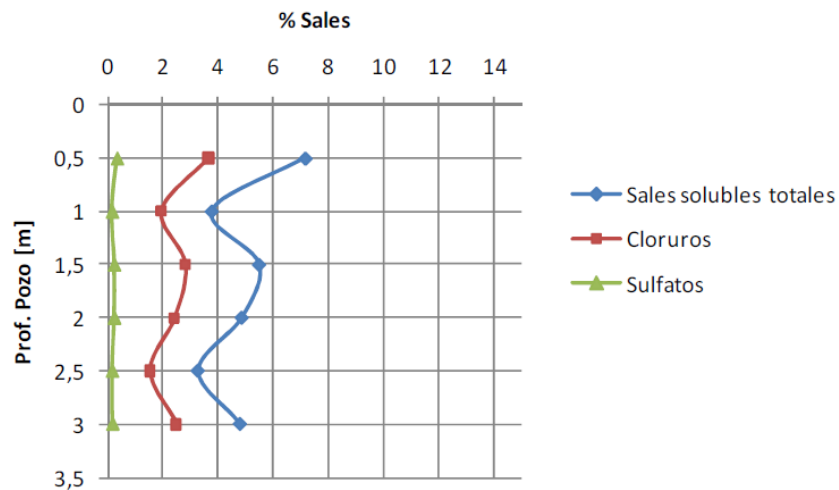
Tabla 8. Resultados de muestras en Alto Hospicio, 2004.

Nombre muestra	Estructura tipo	Saturación (%)	RPV	Def. vertical unitaria por saturación
A.H. 01	Soldada	82,03	3,028	30,02
A.H. 02	Matriz	110	3,108	12,78

Fuente: Elaboración propia (Acevedo, Foncea y Olguín).

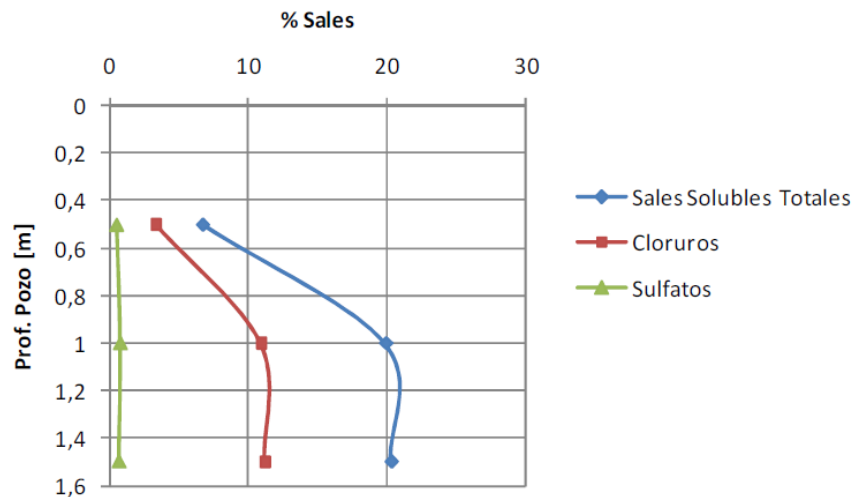
Luego, por solicitud de la empresa sanitaria, se contrataron dos estudios en IDIEM, donde se tomaron muestras aleatorias en otros dos puntos de la comuna, con su correspondiente mecánica de suelos. Dichas calicatas se realizaron en la planta de tratamiento de aguas servidas de la concesionaria y en el sector sur denominada “caliche” en el año 2010. Tras la granulometría en distintas profundidades, se determinó la cantidad de sales solubles y en particular se evaluó la presencia de cloruros y sulfatos como se aprecia en las gráficas.

Figura 6. Cantidad de sales en profundidad. Calicata PTAS



Fuente: “Estudio de mecánica de suelos-Lineamientos para determinación de colapsabilidad de suelos salinos por disolución de sales”, IDIEM, 2010.

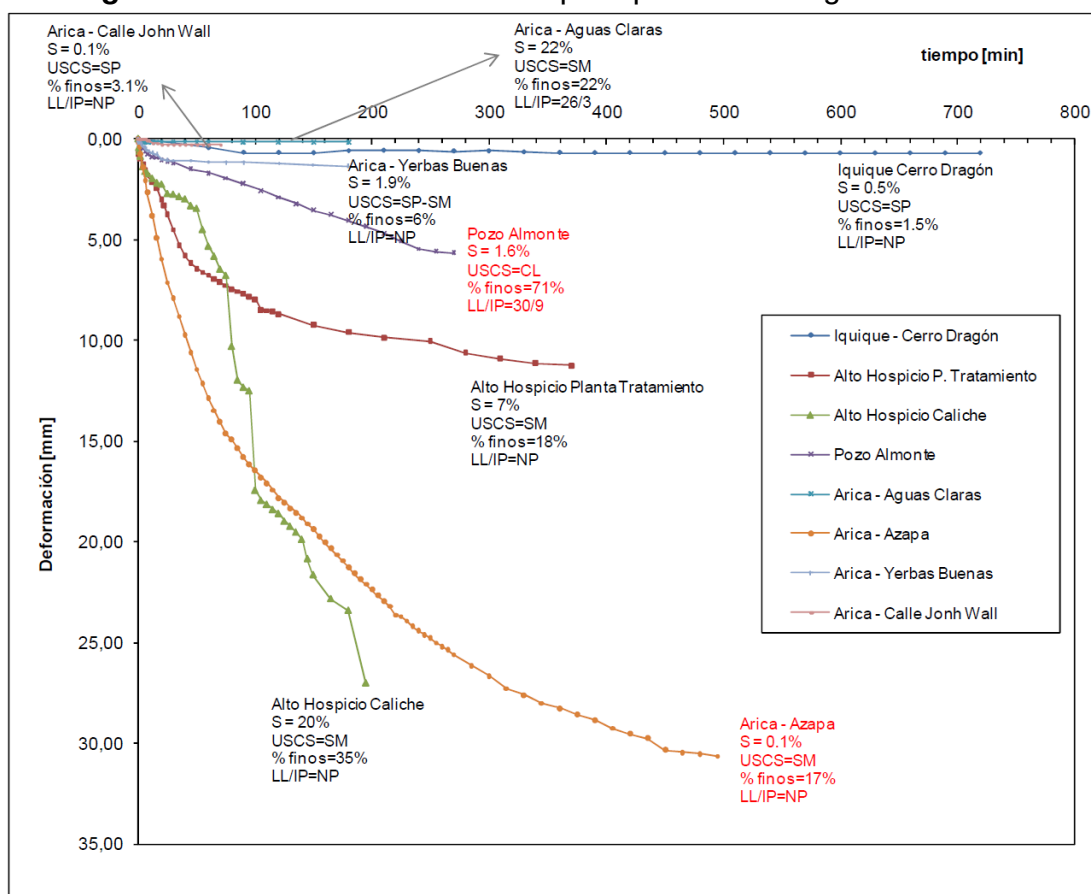
Figura 7. Cantidad de sales en profundidad. Calicata Caliche



Fuente: “Estudio de mecánica de suelos-Lineamientos para determinación de colapsabilidad de suelos salinos por disolución de sales”, IDIEM, 2010.

Lo anterior derivó en análisis de asentamientos por inundación de suelos, de donde se midió la deformación por muestra y se concluyó que ambas mediciones de Alto Hospicio alcanzan el 7% y 20% de sales. Por lo tanto, un factor a considerar es la velocidad de disolución y la plasticidad de los suelos finos existentes.

Figura 8. Resumen de resultados para placas de carga con inundación



Fuente: "Estudio de mecánica de suelos-Lineamientos para determinación de colapsabilidad de suelos salinos por disolución de sales", IDIEM, 2010.

Posteriormente, la investigación de IDIEM en el año 2012 generó un mapa de zonificación basado en dos variables del terreno, relativa a la dureza y la cantidad de sales a diferentes profundidades de acuerdo con las calicatas registradas en el estudio de 2010, sin embargo, dichos mapas solo mostraron referencias puntuales de excavabilidad y porcentaje de sales asociadas a los puntos de muestreo

Hacia el año 2014, Sernageomin presenta un informe sobre los suelos salinos de Alto Hospicio, donde se recopila la información que abarcan los estudios de Olguín y compañía más los análisis de IDIEM.

3.4.3 Concesión sanitaria existente

A contar de la promulgación de la ley general de servicios sanitarios mediante el D.F.L N°382/1988, se establecieron las concesiones sanitarias para la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado en Chile. En dicho aspecto, la concesión existente para la región de Tarapacá correspondía a la Empresa de Servicios Sanitarios de Tarapacá, en adelante ESSAT. Previo a la fundación de Alto

Hospicio, se instalaron las primeras redes de agua potable para algunos sectores de la localidad y se amplió el territorio operacional, considerando está expansión como parte de la comuna de Iquique. Cuando las políticas territoriales habían definido formar la comuna de Alto Hospicio, se realizó una transferencia de la concesión sanitaria en el año 2004, donde el nuevo operador sería Aguas del Altiplano S.A., recibiendo el legado y la infraestructura de ESSAT y considerando a Alto Hospicio como una nueva localidad para la prestación de servicios, con la obligatoriedad respectiva.

A contar de esa fecha, el actual prestador se ha hecho responsable de la infraestructura sanitaria de las localidades correspondientes a la región de Tarapacá, cumpliendo las exigencias, el plan de desarrollo programado y el sistema de autocontrol, fiscalizado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, en adelante SISS. Dentro de los formatos y la información reportada al ente fiscalizador, se tiene determinado el territorio operacional de la empresa como se observa en la Figura 1, equivalente a 11,9 km² de un total de 22,8 km² del área urbana, según el plan regulador vigente.

Respecto al ámbito sanitario, esta localidad posee un territorio operacional que es similar a la superficie al área urbana, por ende, existe gran parte del suelo con datos sobre filtraciones de agua potable y registros de reclamos por asentamientos, sin considerar el territorio que posee ocupación irregular y que no tiene una solución de agua y alcantarillado.

Según registros del año 2023, Aguas del Altiplano S.A tiene 32984 clientes y una extensión de redes de distribución de agua potable que alcanza los 181,6 kilómetros aproximadamente. Esta información es reportada como autocontrol, por ende, dada su complejidad y extensión, es posible que posea errores o incongruencias que se analizarán más adelante. De todas formas, aquí se presenta un cuadro resumen respecto a las principales características de las redes en la localidad.

Tabla 9. Resumen de redes de agua potable en Alto Hospicio

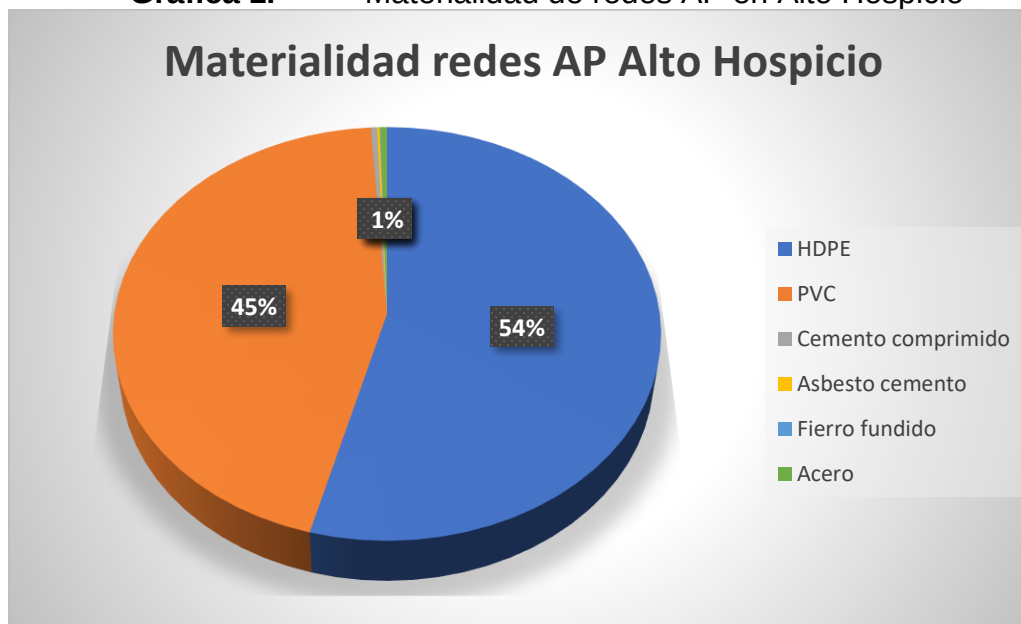
Diámetro tuberías	Longitud total (m)	Materialidad
D=75 mm	108,1	HDPE
	20742,8	PVC
D=100 mm	4,2	HDPE
D=110 mm	76568	HDPE
	41996,3	PVC
D=125 mm	5215,5	HDPE
	901,7	PVC
D=160 mm	9360,7	HDPE
	8068,9	PVC
D=175 mm	721,9	Fierro fundido

Diámetro tuberías	Longitud total (m)	Materialidad
D=200 mm	5067,4	HDPE
	7319,7	PVC
	96,3	Asbesto cemento
	250,6	Hierro dúctil
D=250 mm	1882,2	HDPE
	2394,5	PVC
	105	Acero negro
	496,4	Hierro dúctil
D=315 mm	82,4	HDPE
D=350 mm	209	Asbesto cemento
D=450 mm	47,2	HDPE

Fuente: Elaboración propia (PR012-Nueva base de infraestructura año 2022, SISS)

De la tabla precedente, se puede caracterizar la distribución de redes de agua potable por la localidad de estudio, constatando que el 54% del total de metros lineales existentes son HDPE, el 45% corresponde a PVC y el 1% restante corresponde a la suma de los otros materiales, es decir, una red de distribución casi completamente de tuberías plásticas.

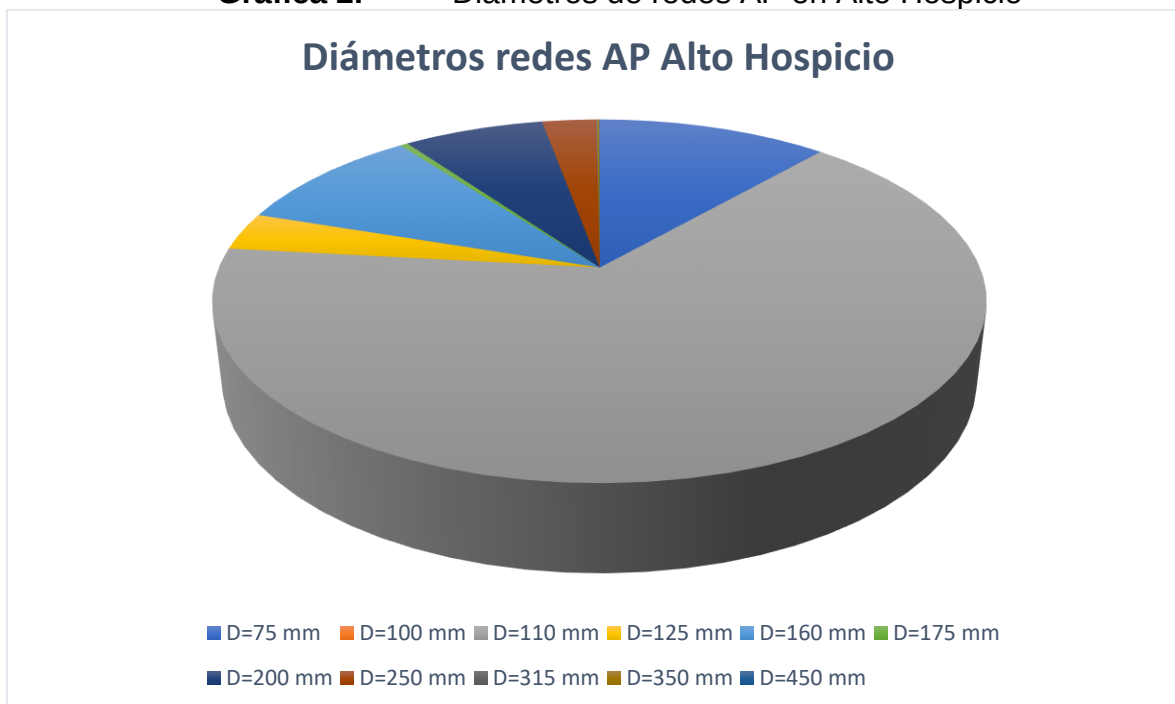
Gráfica 1. Materialidad de redes AP en Alto Hospicio



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la composición de diámetros por la localidad, existe mayor variabilidad, aunque el 65% corresponde a 110 mm, seguido por un 12% para 75 mm, un 10% para 160 mm y un 7% para 200 mm. Si se contemplan todas las redes con un diámetro menor a 160 mm, se tiene al menos el 89,7% de la longitud total de la red de Alto Hospicio.

Gráfica 2. Diámetros de redes AP en Alto Hospicio



Fuente: Elaboración propia

3.4.4 Información sobre reclamos y continuidad del servicio de agua potable

Dentro del proceso de autocontrol que realiza la prestadora sanitaria, se encuentran los protocolos de información (PR). Según la (Superintendencia de Servicios Sanitarios, 2017), establece en el PR013 los indicadores de calidad en las prestaciones. Con ello, se define y fiscaliza a la empresa, el nivel de cumplimiento con la obligatoriedad que indica la ley, pero además es una fuente de información sobre datos reales y georreferenciados para reclamos de los clientes y el aviso de fallas en las redes.

En cuanto a las discontinuidades de servicio, existe una clasificación determinada por la SISS que la concesionaria debe cumplir e informar mensualmente. Dicha información permite calcular tasas de fallas, la cantidad de clientes afectados y el tiempo de duración del corte en las redes de agua potable y publicar esos antecedentes en el informe de gestión anual, para que la ciudadanía aprecie el nivel de cumplimiento de cada prestador. Considerando que dicha base de datos está completa desde el año 2017 en adelante, se muestra un cuadro resumen con las principales variables e índices de funcionamiento de Aguas del Altiplano y del promedio anual en la industria, para contrastar el contexto regional y nacional.

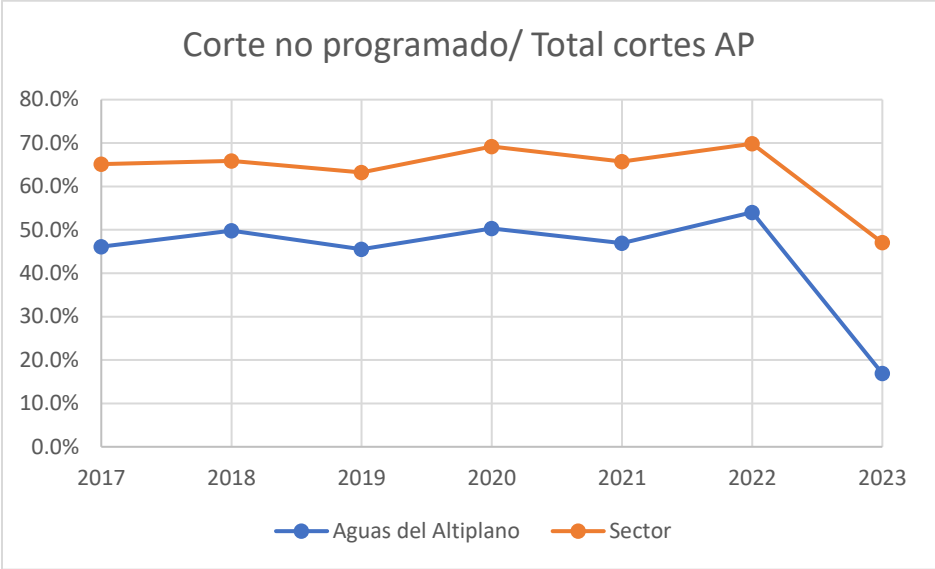
Tabla 10. Resumen de indicadores de calidad de servicio AP, 2017-2023.

Año	Empresa	N° total de eventos de corte de AP	N° de eventos de cortes no programados	N° promedio de clientes afectados por corte no programado	Duración promedio por corte en horas	Ranking
2017	Aguas del Altiplano	219	101	552	5,0	20
	Sector	12460	8115	332	4,1	20,5
2018	Aguas del Altiplano	247	123	651	4,8	26
	Sector	11052	7279	289	4,0	20,5
2019	Aguas del Altiplano	279	127	368	4,1	17
	Sector	11426	7220	308	3,8	21,5
2020	Aguas del Altiplano	159	80	386	4,3	14
	Sector	10277	7114	298	2,7	19,5
2021	Aguas del Altiplano	209	98	594	3,4	19
	Sector	10401	6837	286	3,7	17,5
2022	Aguas del Altiplano	198	107	688	4,0	21
	Sector	10086	7044	378	3,8	20,5
2023	Aguas del Altiplano	858	145	1571	100,9	28
	Sector	14062	6615	398	7,7	24,5

Fuente: Elaboración propia (Informe de gestión sanitario SISS).

Así mismo, si se toman estos valores para graficar y comparar el rendimiento de Aguas del Altiplano respecto al promedio de la industria sanitaria, se obtienen varias definiciones interesantes para tener en cuenta al momento de obtener los resultados de la investigación. En primer lugar, si se compara el número de cortes no programados respecto al número total de eventos, se obtiene un comportamiento similar, aunque existe entre un 15% y 19% menos de cortes no programados en relación con el promedio nacional.

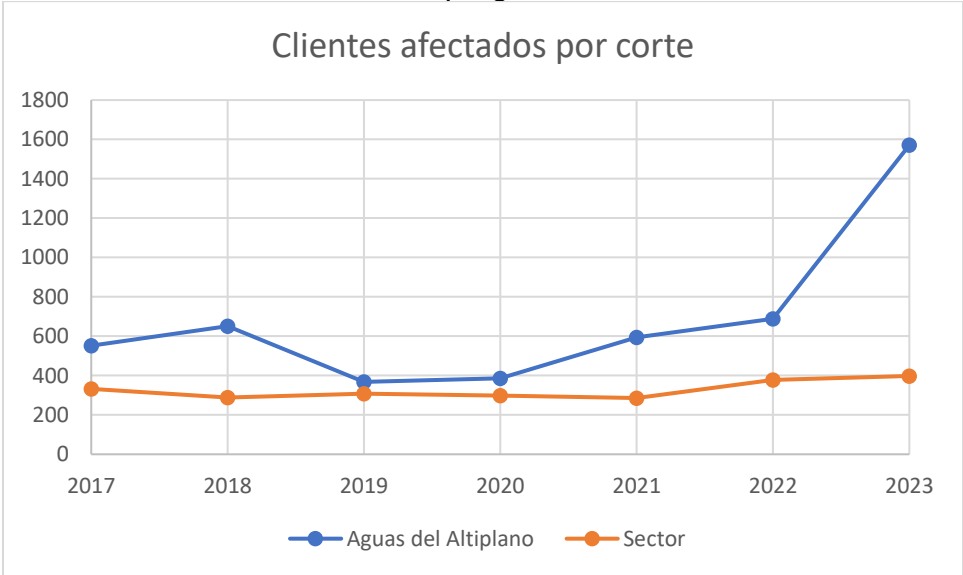
Gráfica 3. Porcentaje de cortes no programados/Total de cortes AP



Fuente: Elaboración propia.

Respecto al número promedio de clientes afectados por cortes no programados, el sector sanitario presenta un comportamiento estable con una leve inclinación al alza, sin embargo, a contar del año 2019, Aguas del Altiplano viene con una clara tendencia al alza, casi duplicando el valor del sector hacia 2022.

Gráfica 4. Cantidad promedio de clientes afectados por cortes no programado

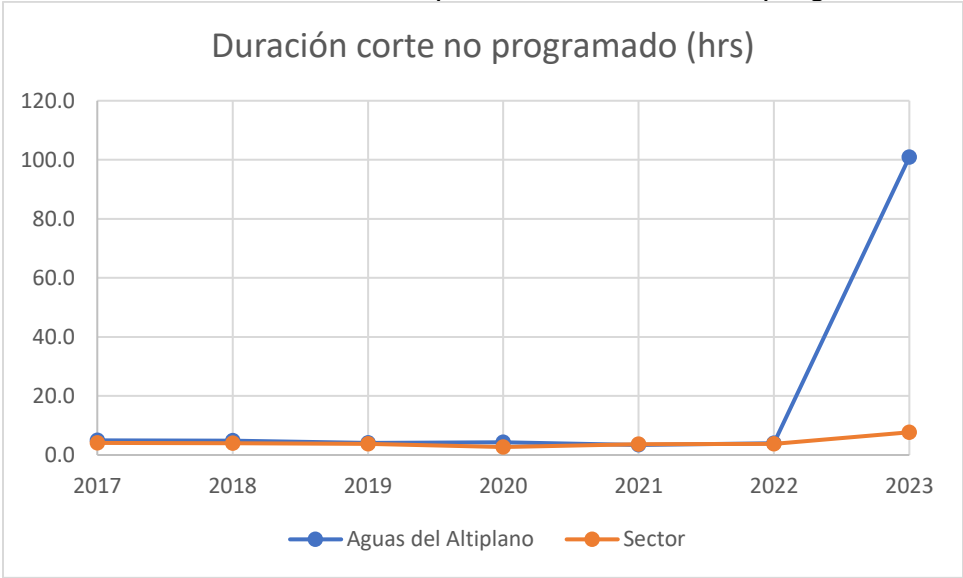


Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, en relación con la duración de dichos cortes no programados, también se aprecia un comportamiento constante en la industria sanitaria en torno a las 4 horas, salvo el año 2020. Sin embargo, Aguas del Altiplano muestra una notoria

tendencia a la disminución de dichos tiempos, acortando la brecha con el promedio del sector para los últimos años.

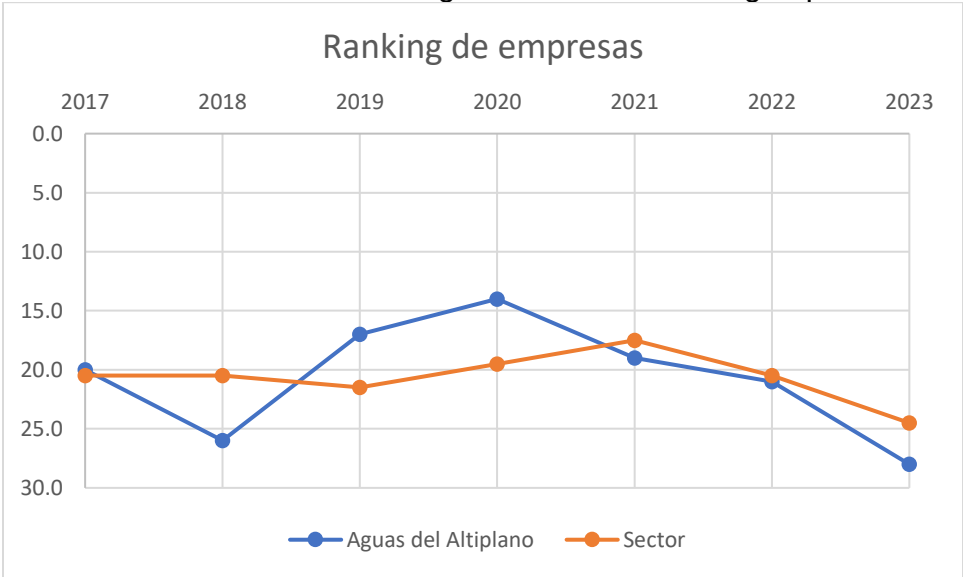
Gráfica 5. Duración promedio de cortes no programados



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, al revisar el indicador de continuidad en el servicio de agua potable y con ello, el ranking a nivel nacional se aprecia que la concesionaria de Tarapacá ha tenido un rendimiento irregular en los años analizados, encontrándose bajo el promedio del sector en los últimos años, sobre un total de 29 empresas consideradas.

Gráfica 6. Ranking en continuidad de agua potable



Fuente: Elaboración propia

Para hablar de deficiencias en las redes de agua potable, las definiciones indicadas en (Superintendencia de Servicios Sanitarios, 2017) se menciona que cada empresa sanitaria debe clasificar los tipos de discontinuidades según el origen del evento. Es necesario diferenciar, de acuerdo con la clasificación establecida, cuáles son los eventos que se contemplan en cada caso. Dentro de los tipos de cortes de servicio, se encuentra la denominada “fuerza mayor”, relativa a fenómenos naturales, la denominada “intervención de terceros” cuando se involucra o responsabiliza a un externo por la falla de la infraestructura sanitaria, los cortes programados relacionados con obras de mejoramiento o extensiones donde se planifica el evento y los cortes no programados, que contempla lo ocurrido en emergencias, fallas espontaneas, filtraciones u otra situación que afecte a las redes.

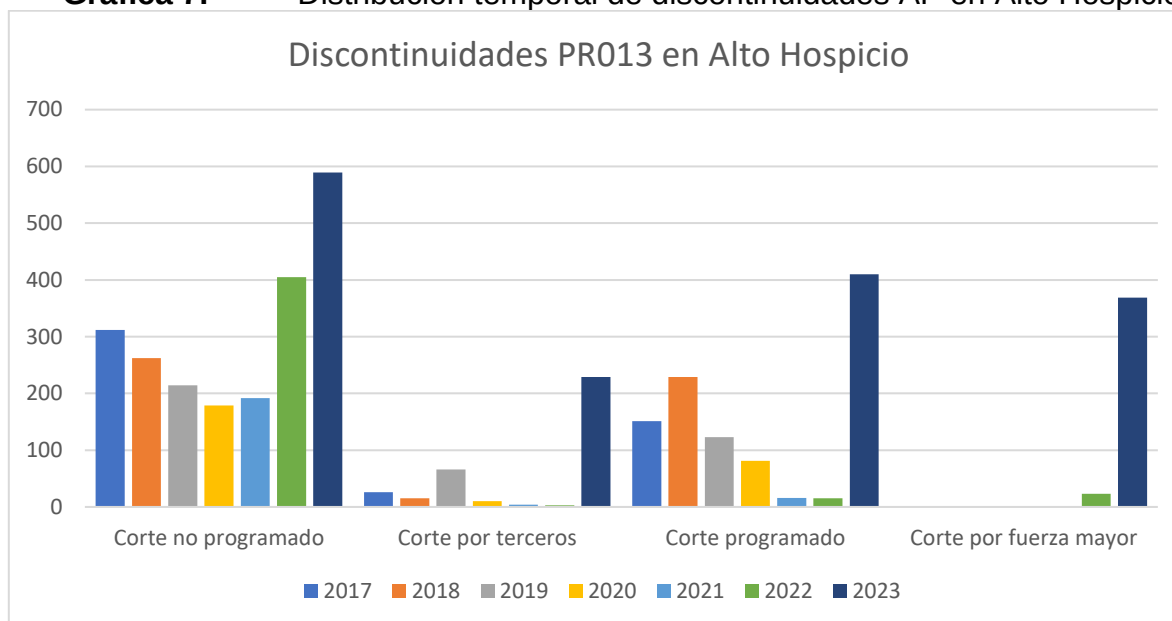
El siguiente cuadro muestra un resumen de la cantidad de eventos registros durante los últimos 7 años conforme a la clasificación mencionada para tener una referencia de ocurrencia y su variación año tras año. De la gráfica que muestra este comportamiento se evidencia que al menos el 55% de los cortes de suministro se debieron a emergencias (no programados), con una leve tendencia a la baja hacia el año 2021 y posteriormente una brusca alza hacia el año 2023, así como también ocurre con los cortes programados.

Tabla 11. Discontinuidades de servicio AP en Alto Hospicio, 2017-2023.

Año	Corte no programado	Corte por terceros	Corte programado	Corte por fuerza mayor
2017	312	26	151	-
2018	262	15	229	-
2019	214	66	123	-
2020	179	10	81	-
2021	192	4	16	-
2022	405	3	15	23
2023	589	229	410	369
Total	2153	353	1025	392

Fuente: Elaboración propia (PR013-Indicadores de calidad de servicio 2017-2023, SISS)

Gráfica 7. Distribución temporal de discontinuidades AP en Alto Hospicio



Fuente: Elaboración propia (PR013-Indicadores de calidad de servicio 2017-2023, SISS)

Por otra parte, este mismo protocolo de información mantiene un registro de reclamos técnicos y comerciales denunciados por los usuarios. Si bien, la clasificación de los motivos y síntomas depende de cada empresa sanitaria, a nivel técnico se agrupan todas las situaciones asociadas a hundimiento de terreno, deficiencias en la red de agua potable, deficiencias en la red de aguas servidas, cortes de suministro, trabajos en vía pública, entre otras causales recurrentes. Para tener una referencia, aquí se cuantifican los denuncios totales recibidos, detallando en el siguiente cuadro los motivos más populares.

Tabla 12. Clasificación de reclamos técnicos en Alto Hospicio

TIPO_RECLAMO	TECNICO
DESC_RESULTADO	(Todas)
DESC_DIAGNOSTICO	(Todas)

Etiquetas de fila	Cuenta de MOTIVO
AGUA EN VIA PUBLICA	52
CAMARAS Y/O TAPAS	172
CASA INUNDADA	416
COLOR EXTRAÑO	21
CORTE DE SUMINISTRO AL MOMENTO DEL RECLAMO	2913
CORTE SUMINISTRO INDEBIDO POR CAUSAS COMERCIALES	391
DAÑO A GRIFOS EXISTENTE	167
DESTRUCCION DE NICHOS O JARDIN POR TRABAJOS DE EMPR	3
EXCESO DE CLORO	13
HUNDIMIENTO DE TERRENO	1724
MALOS OLORES ASOCIADO AL ALC O PTAS ELEV	659

OBSTRUCCION EN EL SIST DE RECOL DE AS CON AFLORA	1749
OBSTRUCCION EN EL SIST DE RECOL DE AS SIN AFLORA	5315
OLOR EXTRAÑO	13
OTRO PROBLEMA	50
OTROS ASOC A TUB MATRI ESTANQ VENTOSAS CON RIESGO	1276
OTROS ASOC A TUB MATRI ESTANQ VENTOSAS SIN RIESGO	3
OTROS ASOCIADOS A GRIFOS	18
OTROS PROBLEMAS DE PLANTAS ELEVADORAS DE AS	1
PROBLEMA POR PRESIONES ALTAS	8
PROBLEMA POR PRESIONES BAJAS	965
PROBLEMAS DE ARRANQUE SIN DISCONT DEL SERVICIO	12118
REPOSICION MAL EJECUTADA	16
SABOR EXTRAÑO	4
SECTOR SIN AGUA	1005
TRABAJOS EN VIA PUBLICA	1223
TURBIEDAD	67
Total general	30362

Fuente: Elaboración propia (PR013-Indicadores de calidad de servicio 2017-2023, SISS)

A contar de estos registros, se contabiliza un total de 30362 reclamos técnicos, lo que equivale al 73% del total histórico. Ahora bien, si se realiza un ranking para los motivos más reiterados por la población de la localidad, se tiene en primer lugar, los problemas de arranques sin discontinuidad de servicio (40% de los casos técnicos), seguido por las obstrucciones sin afloramiento de aguas servidas (18% de los casos técnicos) y en tercer lugar se encuentran los cortes de suministro al momento del reclamo (10% de los casos técnicos). Cerrando el cuarto y quinto puesto se encuentran las obstrucciones con afloramiento de aguas servidas y los hundimientos de terreno con el mismo 6% de los reclamos técnicos cada motivo.

3.5 MARCO TEÓRICO DEL ESTADO DEL ARTE

Este subcapítulo comprende toda la recopilación de antecedentes del estado del arte de tema en investigación, relacionado a conocimiento geotécnicos y datos declarados por la empresa sanitaria sobre fallas y reclamos en la red de agua potable, la revisión de estudios compatibles, el análisis de modos de fallas en tuberías plásticas y el efecto del hundimiento del terreno, junto con una definición del estado actual de Alto Hospicio y las políticas que se están llevando a cabo allí. Con esto, se establecieron directrices generales sobre la metodología de investigación, como se detalla.

3.5.1 Consideraciones en el estudio

Para el presente estudio, se definieron varias áreas de acción que confluyen hacia el fenómeno descrito, dado que la particularidad del tema no presenta una

orientación o ejemplo similar para guiar este desarrollo. Por ello, se estudió, en el siguiente orden:

- Características, propiedades geotécnicas y composición química del suelo salino. Grado de solubilidad en presencia de agua.
- Condiciones, normativa y autocontrol de las concesiones sanitarias frente a la generación de discontinuidades de servicio y reclamos.
- Tipología y características de los distintos modelos de fallas en redes plásticas.
- Herramientas informáticas para el manejo de datos, georreferencias y un análisis estadístico de los registros existentes.
- Estudios o investigaciones que vinculen hundimiento de terreno y afectación en cualquier tipo de infraestructura, preferentemente redes sanitarias.

En torno a dicha progresión de investigación bibliográfica, se visualizó el marco completo del caso de estudio. Con eso, se puede conocer y entender cada arista influyente y se constató la particularidad del análisis, debido a los pocos lugares donde se ha producido un estudio con similitudes.

3.5.2 Métodos y técnicas existentes para abordar la problemática

A nivel nacional, no se han planteado soluciones técnicas definitivas ni que propicien una mejora en la calidad de las redes sanitarias o una disminución considerable de los asentamientos. Si bien, la mayoría de las deficiencias detectadas o denunciadas corresponden a construcciones previas a la NCh 3394-2016, también existen casos de obras posteriores con los mismos problemas de filtraciones de agua potable. En lo que respecta a la empresa sanitaria, no hay mejoras constructivas ni propuestas novedosas de reparación en redes públicas que impidan las fugas de agua o acorten los plazos de respuesta, es más, solo se ha mejorado el nivel de acuartelamiento de presiones y de monitoreo de la red, aunque a una velocidad muy baja, dado que cualquier incorporación o mejora exigida por el ente fiscalizador se debe incluir en el proceso tarifario, el cual se viene postergando desde el año 2009, sin cambios en los cobros.

Las únicas alternativas que aportan en solucionar o aminorar el problema investigativo tienen relación con la fiscalización e inspección de la normativa vigente, situación que corresponde parcialmente a la SISS, al MINVU y a la concesionaria. Junto con ello, se estableció un itemizado técnico complementario y específico para la región de Tarapacá (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2013), el cual plantea algunas exigencias para mejorar la hermeticidad de las redes como la construcción de cámaras in situ, la utilización de tuberías de HDPE con uniones electrofusionadas o termofusionadas y la realización de pruebas de presión con márgenes más altos que los exigidos normativamente.

A nivel de métodos que aporten en la solución, el urbanizador solo se rige por lo reglamentado, pese a contratar a constructoras sin certificación en dicho tipo de instalaciones. Por su parte, Aguas del Altiplano ha intensificado los operativos de control de fugas o ilícitos, para revisar posibles fuentes de filtraciones. Durante el año 2023, la concesionaria tomó la política de instalación de medidores digitales comenzando en Alto Hospicio y generando un programa a largo plazo para cambiar el parque completo de estos equipos, sin costo adicional para los usuarios. Pese a esta mejora, el manejo de la información instantánea para el aviso de fugas solo se centra en el aspecto comercial, debido a la inexistencia de una normativa sectorial que exija la detección temprana y los canales de aviso a los usuarios, por ende, es una aplicación que funciona y se utiliza parcialmente. Así mismo, durante el presente año, la jefa zonal de redes Iquique de la concesionaria indicó que se utilizará una nueva forma de reparación en emergencias llamada line stop, consistente en un bypass a las tuberías, sin generar corte de suministro ni escurrimiento en vía pública, reemplazando el pinzado utilizado en el HDPE, dañino para la configuración de los polímeros, por un tapón flexible.

3.5.3 Propuesta teórica de solución

En teoría, se pretende definir el nivel de responsabilidad respectiva por la formación de socavones y con esto, proponer una serie de medidas mitigadoras y preventivas, como guía para definir el accionar del Estado, los privados y la ciudadanía.

Para llegar a este nivel de análisis, se procesarán datos reales de los últimos 7 años (2017-2023) declarados por la sanitaria en relación con discontinuidades sin suspensión de servicio y reclamos por filtraciones de agua potable en arranques o matrices con requerimiento favorable al cliente. Todos estos registros poseen georreferencia y la base de infraestructura sanitaria permite conocer las características de las redes públicas involucradas. Este procesamiento se realizará en el software QGIS, traspasando los datos vectoriales a un mapa de calor de afectaciones para cada condición de deficiencia por año y en un modelo global. Estos mapas se cruzarán con otra capa relativa a reclamos por hundimiento de terreno con un radio de influencia de 25 y 50 metros para los mismos espacios temporales. Al cruzar ambos mapas se trabajarán en formato ráster y se revisarán problemas de vinculación o áreas no fijadas, de acuerdo con el criterio de los hundimientos. Todo lo mencionado conforme a las indicaciones del manual (QGIS, 2024). Tras esta revisión, se pretende descargar todos los datos y registros dentro de las áreas propuestas, tanto de redes de distribución como de conducciones, tomando las variables de materialidad, diámetro y año de instalación.

De vuelta al procesamiento, se depurarán los registros resultantes, eliminando todos aquellos con errores o datos incompletos, para finalmente, agrupar por temporada y de forma global, las afectaciones y la reiteración de variables

involucradas. Con estas frecuencias, se realizarán test estadísticos para obtener la significancia y correlación entre cada variable y la generación de hundimientos. Con estas pruebas de ajuste, se verificará el objetivo central del estudio y con la respectiva discusión, se podrán proyectar errores o consideraciones para una correcta interpretación y confiabilidad sobre los resultados.

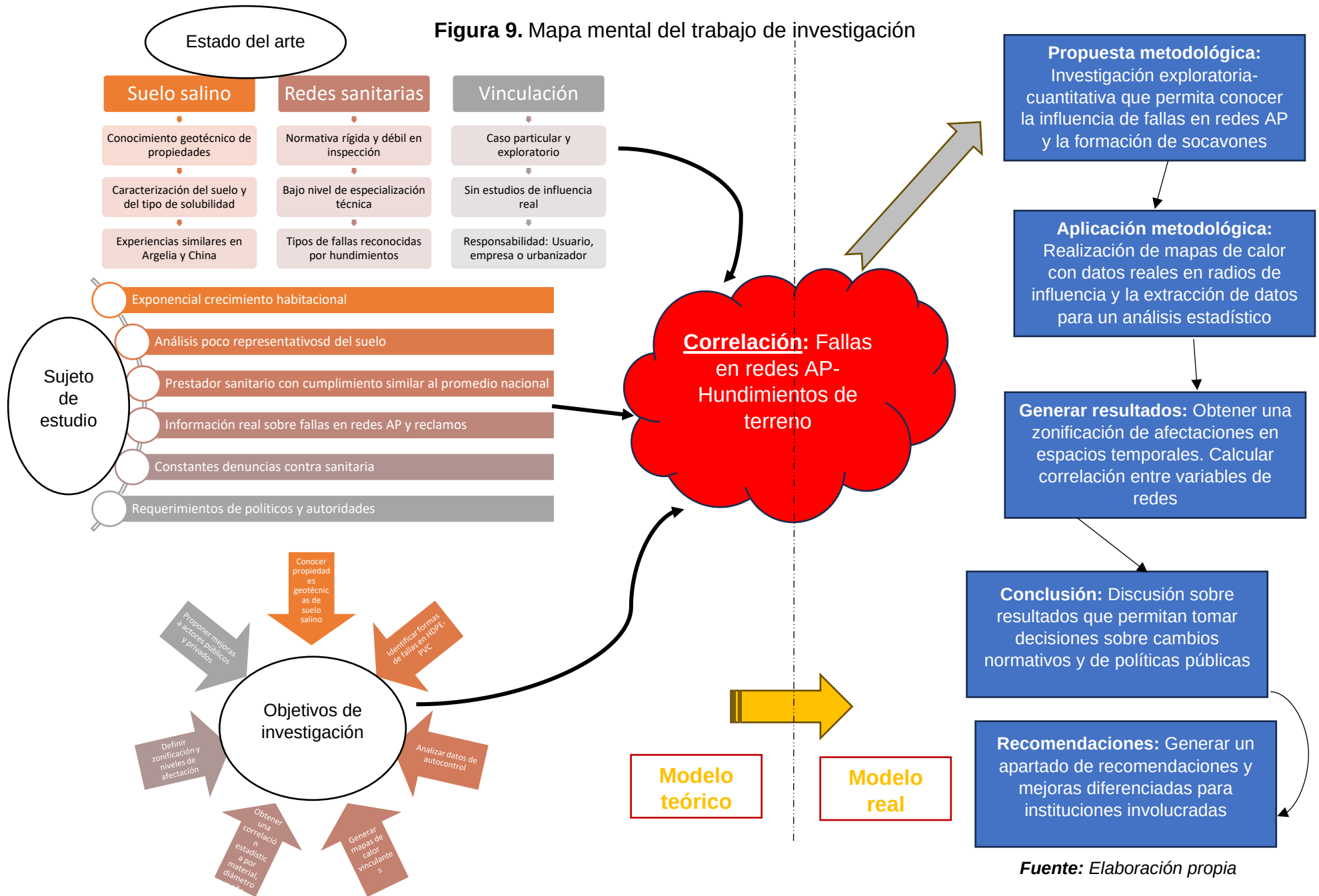
3.5.4 Aporte al estado del arte

El verdadero aporte al estado del arte actual es la generación de contenido académico y técnico inexistente en una localidad en constante expansión. No hay un análisis como el propuesto, por lo tanto, no existe certeza ni antecedentes que permitan mejorar los estándares de calidad de servicio de la empresa sanitaria ni los procesos constructivos del urbanizador, menos aún existe un conocimiento en la cultura local.

Con una investigación como esta, se generará una base de análisis para múltiples organismos públicos involucrados, inclusive para autoridades que pretendan modificar las políticas actuales. Además, se pueden establecer conclusiones confiables con datos reales sobre el nivel de afectación en la población, situación que solo es cuantificada por el urbanizador o el Municipio respecto a solicitud de decretos de inhabitabilidad o para la solicitud de subsidios. Sin ir más lejos, esto puede generar un precedente para los tribunales de justicia y las múltiples demandas que posee la sanitaria por indemnización de daños, donde se pide un pronunciamiento de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, pero pocas veces se tiene claridad de alguna responsabilidad legal sobre las fallas que provocan dichos eventos.

Dependiendo de los resultados de la investigación, se pueden seguir varias líneas de trabajo para las autoridades regionales e instituciones vinculadas, junto con aclarar y demostrar algún foco de falencias en materiales o en períodos temporales, que se debe estudiar a fondo, generando prevención e inversión para un mayor monitoreo en el control de fugas por parte de la empresa y de cada usuario.

Figura 9. Mapa mental del trabajo de investigación



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE TRABAJO

La investigación es de tipo exploratoria y pretende desarrollar un trabajo que permita conocer la influencia de fallas en redes AP y la formación de socavones en los mismos sectores. Para este trabajo, se determinan las etapas de ejecución con su respectiva temporalidad y una programación, conforme al logro de cada objetivo específico.

4.1 DENOMINACIÓN, DESCRIPCIÓN Y TIEMPO DE LAS ETAPAS DEL TRABAJO

Dentro del plan de trabajo propuesto, se definen y describen pasos que asegurarán el cumplimiento de los objetivos específicos en un plazo acotado, como se detalla a continuación.

➤ Fase 1: Establecimiento del estado del arte

Se buscarán y recopilarán documentos en bibliotecas digitales, en la web y material docente del magíster sobre condiciones del suelo salino, fallas en redes de agua potable y una posible vinculación. Además, se visualizarán experiencias internacionales que consideren las temáticas y se consultará la opinión de expertos.

Se sistematizarán fichas bibliográficas por cada archivo, generando un review de lo estudiado y una planilla resumen con los conceptos claves y la respuesta a cuestionamientos sobre la temática. Se agregará un cuadro resumen con la comparativa internacional sobre experiencias y se complementará con entrevistas a expertos, construyendo un cuadro con descriptor de principales comentarios.

Tiempo: 15 semanas

➤ Fase 2: Geotecnia de suelo salino

En base a la fase precedente y la planilla de conceptos claves, se tomarán antecedentes y muestreos de suelo salino para las localidades de Arica, Alto Hospicio y el mundo.

Se analizarán las propiedades geotécnicas principales del suelo, la interrelación entre ellas y el grado de solubilidad para las sales existentes. Con ello, se establecerá la influencia del agua en las propiedades del suelo, definiendo los principales parámetros a revisar.

Tiempo: 1 semana

➤ Fase 3: Redes de agua potable y fallas

En base a la revisión bibliográfica y la planilla de conceptos claves, se tomarán estudios sobre tipos de fallas en redes de distribución para distintas materialidades de tuberías y piezas especiales, con y sin influencia del hundimiento de terreno, para investigaciones con mediciones reales y simulados.

Se analizarán las características técnicas principales de redes de agua potable, las afectaciones operativas por cada característica y el efecto de cargas tras el hundimiento de terreno. Con ello, se establecerán los parámetros de las tuberías influenciados por los asentamientos del suelo, definiendo vínculos y condiciones a tener en consideración.

Tiempo: 1 semana

➤ Fase 4: Marco teórico

Tomando los antecedentes del estado del arte, el sujeto de estudio y los objetivos de la investigación, entregan la situación actual del estudio en curso, se define el marco de acción sobre el cual se proyecta el análisis, considerando las investigaciones existentes, similares y lo que no está estudiado.

Para definir este marco, se responden preguntas esenciales sobre el estado y los aportes del estudio, generando un mapa mental que ordena y define la base teórica y la base real sobre la cual se ejecutará esta investigación

Tiempo: 1 semana

➤ Fase 5: Metodología específica

Conforme al marco teórico propuesto, se definirá una secuencia de pasos para llevar a cabo el análisis y procesamiento de la investigación, describiendo cada fase de trabajo con el que hacer y cómo hacer.

Para dicha planificación, se establecerá una programación temporal de las etapas y las consideraciones principales para su ejecución a través de una carta Gantt en formato Excel, utilizando los plazos del magíster.

Tiempo: 1 semana

➤ Fase 6: Análisis de datos SISS

Se descargarán los datos de clientes, discontinuidades de servicio y reclamos por filtraciones de agua potable del PR013 desde el año 2017 a 2023, además de los

reclamos registrados por hundimiento de terreno de la base de información SISS para la localidad de Alto Hospicio.

Para discontinuidades de agua potable, se utilizará la clasificación definida sin suspensión de servicio y de los reclamos se usarán los registros en favor del cliente y con afectación a arranque o matriz. Para los requerimientos de usuarios, se vincularán los números de clientes con la georreferencia respectiva a cada uno y se generará una planilla Excel por tipo de reclamo y por tipo de falla de forma anual y global.

Tiempo: 2 semanas

➤ Fase 7: Mapas de calor de hundimientos de terreno y de fallas en red AP

Los registros filtrados y georreferenciados se insertarán las planillas como capa por año y a nivel global al software QGIS para el reclamo por hundimiento de terreno, para el reclamo de filtraciones AP y para las fallas en matrices.

Para cada archivo Excel, se revisará el formato de las georreferencias en las columnas de los registros. Se agregará cada capa al software QGIS de forma vectorial. Teniendo esta nube de puntos por capa, se aplicará la función “mapa de calor” para vincularlos territorialmente, definiendo zonas con distinto grado de afectación.

Tiempo: 1 semana

➤ Fase 8: Cruce de mapas de calor

En el mismo software, se cotejarán los mapas de calor para cada tópico de análisis, definiendo sectores afines entre los mapas de hundimiento de terreno y los mapas de filtraciones/fallas de agua potable en arranques o matrices.

Se utilizará la herramienta ráster de QGIS, donde se traspasarán las capas de los mapas de calor para deficiencias en redes AP y para hundimiento de terreno, a capa ráster. Se generará un perímetro circular de 25 metros de influencia en el caso de discontinuidades y de reclamos por filtraciones. Se cruzarán estas capas con los reclamos por hundimiento de terreno para el período global.

Tiempo: 1 semana

➤ Fase 9: Procesamiento de datos

Se descargan las características de redes con fallas dentro de las zonas intersectadas por el radio de influencia para cada cruce, generando una base de información con variables de las tuberías como materialidad, año de instalación, diámetro y longitud, en formato Excel.

Se analiza y depura la información incompleta o errónea de la planilla, excluyendo dichos datos. Posteriormente, se cuantificará cada variable por período y por zonificación dependiente de los cuarteles de presión de Alto Hospicio.

Tiempo: 1 semana

➤ Fase 10: Resultados finales:

➤ Fase 10.1: Análisis estadístico por variable

Se tomarán los datos vinculados al área afectada por el radio de influencia (25 metros) y se analizarán las características técnicas de tuberías, realizando pruebas de hipótesis con su respectiva significancia estadística.

Para calcular cada variable por radio de influencia y según el tipo de falla analizada (discontinuidad o reclamo), se utilizará el software Minitab para obtener significancia de cada variable.

Tiempo: 3 semanas

➤ Fase 10.2: Correlaciones para características de redes de distribución con deficiencias

Con el análisis previo para el radio de influencia de 25 metros, se establecerán pruebas estadísticas para verificar correlación conforme al tipo de variable analizada en el período global. Se agruparán variables de distinta forma para buscar tipos de correlaciones o dependencia.

Para calcular estas correlaciones se utilizará el software Minitab de acuerdo con el tipo de variable o de vinculación asociada que se estudie y las pruebas estadísticas definidas.

Tiempo: 1 semana

➤ Fase 10.3: Sensibilización de radios de influencia

Se reiterarán las fases de trabajo desde el punto 8 en adelante contemplando un radio de influencia de 50 metros para las discontinuidades de agua potable y un radio de influencia de 10 metros para los reclamos por filtraciones.

Se calcularán un nuevo análisis estadístico y de correlaciones con significancia a través del software Minitab y se compararán los resultados con lo obtenido previamente para revisar la variabilidad.

Tiempo: 1 semana

➤ Fase 10.4: Vinculación de correlaciones y suelo salino

Tras determinar los tipos de correlaciones de esta investigación y las condiciones del suelo salino de la localidad, por su nivel de afectación, se definirán zonificaciones o indicadores relativos a territorios críticos por la problemática.

Con los resultados finales y los cruces de mapas globales para hundimientos de terreno y fallas en redes, se establecerá mediante indicadores por sector de presión, el nivel de afectación y la influencia del suelo en dichos lugares.

Tiempo: 2 semanas

➤ Fase 11: Conclusiones

Generar un análisis global donde se valide el cumplimiento del objetivo general determinando el grado de correlación que se obtenga con las propiedades técnicas de las tuberías y la relación con el suelo salino en la localidad, de modo que se determinen premisas sustentadas respecto a las responsabilidades correspondientes a cada involucrado.

Con los cuadros y mapas desde la fase 6 a la fase 10, se generará un listado de conclusiones en torno al aspecto normativo, respecto al cumplimiento de las responsabilidades de la empresa sanitaria y respecto al desarrollo de políticas territoriales. Además, se incluirán condiciones no analizadas y aspectos culturales de la población.

Tiempo: 1 semana

➤ Fase 12: Recomendaciones

➤ Fase 12.1: Recomendaciones técnicas y tecnológicas

Conforme a las conclusiones, se recomendarán propuestas para implementar modificaciones técnicas y tecnológicas que permitan disminuir las fallas en redes sanitarias y mejorar su control de pérdidas.

Se definirá un grupo prioritario de nuevas prácticas técnicas y equipos tecnológicos para la gestión de redes, incorporando acciones exigibles al prestador sanitario y la influencia tarifaria.

Tiempo: 1 semana

➤ Fase 12.2: Recomendaciones de gestión

Con las conclusiones obtenidas, se generarán una serie de propuestas de gestión para corregir o mejorar las falencias existentes en el ámbito normativo, en el cumplimiento de las responsabilidades de la concesionaria y en la planificación de la región.

De la misma forma que la fase anterior, se generará un listado con propuestas en torno al aspecto normativo, al estándar de atención de emergencias y sobre la calidad del servicio fiscalizado por la SISS a la empresa sanitaria y respecto mejoras técnicas para los urbanizadores.

Tiempo: 1 semana

4.2 PROGRAMACIÓN DEL TRABAJO

De acuerdo con la definición de fases, su descripción específica y la proyección temporal de la ejecución de cada actividad, se genera una programación del método investigativo que permite planificar el estudio hasta la consecución de los objetivos propuestos conforme al análisis realizado.

A raíz de esta planificación metodológica, se generó la siguiente carta Gantt, considerando el avance semanal a contar de la fecha de inicio de la temática de estudio.

Figura 10. Carta Gantt del estudio



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

APLICACIÓN METODOLÓGICA

Tal como se establece en el capítulo 4.4.4, para realizar el análisis de datos se procede a obtener registros del protocolo de información PR013, donde se autocontrolan las empresas sanitarias reportando discontinuidades de servicio y reclamos atendidos. Ambas planillas de datos poseen un formato establecido por la autoridad para su declaración, los que divergen, por ende, corresponde realizar distintos tipos de análisis. En el caso de las discontinuidades, se pueden obtener características físicas de las tuberías de agua potable afectadas de acuerdo con su georreferencia, sin embargo, para los reclamos, solo se obtiene una clasificación determinada de motivos, su ubicación y algunas definiciones respecto a la infraestructura afectada, que, en el caso de los arranques y matrices, no identifica ni materialidad, ni diámetro ni año de instalación.

Conforme a esta diferencia en la información disponible para cada materia de revisión, es que se realizará una etapa de resultados preliminares por separado, pero al llegar a la búsqueda de correlaciones y análisis estadístico, solo se trabajará con los registros de discontinuidades.

Para comprender dicha revisión y procesamiento de los antecedentes, se lleva a cabo la metodología propuesta conforme a las fases siguientes.

5.1 Análisis de datos SISS

La causa principal del asentamiento del suelo en Alto Hospicio corresponde a la disolución de sales por la presencia de aguas, las que pueden ser residuales o agua potable. Para el foco de esta investigación, solo se contemplará el efecto del agua potable, debido al caudal y presión con que operan las redes de distribución, variables esenciales para generar una mayor afectación a la infraestructura habitacional o vial.

Ahora bien, para los reclamos, en la mayoría de los casos es posible diferenciar el efecto asociado a agua potable o aguas servidas puesto que la clasificación definida por la Superintendencia aplica para los campos reportados, dejando el resto de información a merced de lo que plantee el concesionario, lo que puede ser incongruente o estar incompleto. Para consideraciones de este trabajo, solo se considerarán registros donde se manifieste fehacientemente el vínculo de la deficiencia asociada al agua potable y su infraestructura. En el caso de los reclamos por hundimientos de terreno, existen incongruencias entre la descripción del resultado y la descripción del diagnóstico, ya que cuando el denuncia es favorable al cliente, debiera tener relación con fallas a la infraestructura sanitaria pública, sin embargo, se contabilizan problemas internos del cliente, y en caso contrario, cuando no es favorable el resultado, igual se contabilizan fallas en matrices, arranques,

colectores o uniones domiciliarias. Dada esta situación, se utilizarán para el análisis todos estos tipos de reclamos, situación que se corregirá en el capítulo 6.3.

5.1.1 Discontinuidades por agua potable

Teniendo presente que el objeto de estudio pretende vincular los asentamientos del terreno producto de filtraciones de agua potable en vía pública, existen cortes asociados a responsabilidad de terceros y eventos programados que ocurren con bajo nivel de escurrimiento de agua, debido a la rápida atención o a situaciones premeditadas, por ende, no se considerarán para este análisis. De igual manera, los eventos ocurridos como fuerza mayor obedecen a una clasificación que otorga la SISS, dada la magnitud del fenómeno o emergencia, y que escapa de una situación normal o atribuible a la sanitaria.

Por lo tanto, solo los cortes no programados o de emergencia consideran filtraciones, fugas, roturas o deficiencias en la red, con escurrimientos variables, y a veces, indetectables hasta la generación de un socavón. Pese a esta definición, existe una subclasificación que depende del origen del evento y que no necesariamente contempla filtraciones de agua en el terreno como “bajo nivel de estanque”, “fallas en equipos AP” o “mantención programada”. De esta forma, se dejarán fuera del estudio dichas definiciones y finalmente se obtiene el siguiente resumen de fallas en las redes y conducciones.

Tabla 13. N° cuarteles AP afectados por corte no programado, 2017-2023.

DESCRIPCION_TIPO_FALLA	CORTE NO PROGRAMADO
Etiquetas de fila	Cuenta de DESCRIPCION_CLASIFICA_MOTIVO
FALLA DE MATRIZ	658
FALLA DE MATRIZ SIN SUSPENSION DE SERVICIO	997
FALLA DE VALVULAS	6
FALLA EN AP	13
Total general	1674

Fuente: Elaboración propia (PR013-Indicadores de calidad de servicio 2017-2023, SISS)

Cabe destacar que cada discontinuidad puede estar asociado al corte de suministro de uno o más cuarteles de agua potable, dependiendo de la magnitud o importancia del evento, por lo que, la tabla precedente entrega la afectación total a los cuarteles, sin embargo, para el análisis posterior se requiere usar la georreferencia de cada discontinuidad, por tanto, importa conocer el número de eventos ocurridos más que los cuarteles afectados, de manera que se toma como filtro, las órdenes de trabajo de cada reparación asociadas a una georreferencia. En base a esto, la tabla anterior se depura, obteniendo el siguiente resumen:

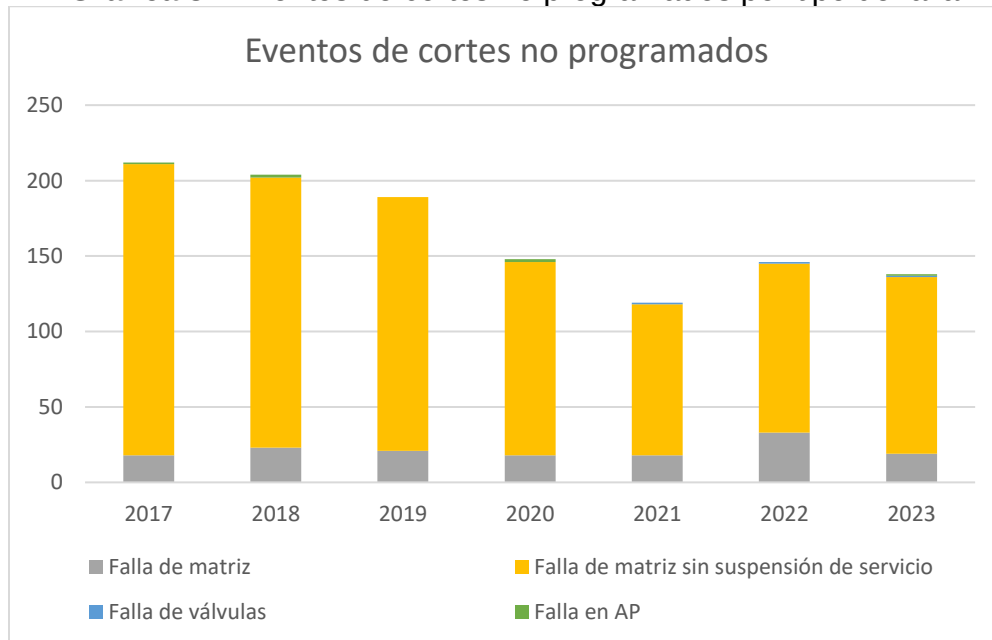
Tabla 14. N° de eventos por tipos de fallas, 2017-2023.

Año	N° eventos AP por orden de trabajo			
	Falla de matriz	Falla de matriz sin suspensión de servicio	Falla de válvulas	Falla en AP
2017	18	193		1
2018	23	179		2
2019	21	168		
2020	18	128		2
2021	18	100	1	
2022	33	112	1	
2023	19	117	1	1

Fuente: Elaboración propia (PR013-Indicadores de calidad de servicio 2017-2023, SISS)

Al observar los registros de fallas en las redes y conducciones de agua potable, se constata que la gran mayoría de los eventos en cada año corresponden a fallas de matriz sin suspensión de servicio, o sea, sin clientes afectados, dado que la reparación se realiza con reducción de presión en el sector y con el agua escurriendo en el sitio. Respecto del total de cortes no programados por las cuatro fallas definidas para Alto Hospicio, en promedio, sobre el 85% de todos los eventos se clasifican como sin suspensión de servicio, lo que será materia de discusión ante la eventual influencia en los hundimientos.

Gráfica 8. Eventos de cortes no programados por tipo de falla.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la gráfica, se aprecia que las fallas sin suspensión de servicio han ido a la baja desde el año 2017 hasta el 2021, teniendo un aumento en los últimos 2 años de registros. A esta falla, le siguen las roturas de matrices, con una distribución similar durante todos los años, salvo el 2022 donde se tuvo un aumento por sobre el promedio.

5.1.2 Reclamos por filtraciones de agua potable

Hay variados motivos de denuncios relacionados con filtraciones de agua potable, de manera que se depuró la base de datos de reclamos, considerando los requerimientos con resultado “a favor del cliente” y que afecten a matriz o arranque, de manera que se establecieron cuatro motivos de fallas, detallado en el siguiente resumen como antecedente para los análisis posteriores de esta investigación.

Tabla 15. Clasificación de reclamos por filtraciones en red de agua potable

Año	Motivos de filtraciones de agua potable				Total
	Agua en vía pública	Casa inundada	Otro asociado a tub. matriz est. ventosas con riesgo	Problema de arranque, sin discontinuidad	
2017	49	30	112	1124	1315
2018	0	1	203	1739	1943
2019	0	0	266	1521	1787
2020	0	5	177	1345	1527
2021	0	6	122	1344	1472
2022	0	23	95	1138	1256
2023	0	13	106	1041	1160
Total	49	78	1081	9252	10460

Fuente: Elaboración propia (PR013-Indicadores de calidad de servicio 2017-2023, SISS)

A contar de estos registros, se contabiliza un total de 10460 reclamos por filtraciones bajo los motivos indicados. Si bien, se maneja una magnitud similar por año, existe una tendencia a la disminución de estas atenciones de técnicas y de emergencias desde 2018 en adelante.

5.1.3 Reclamos por hundimientos de terreno

De igual manera que en subcapítulo anterior, hay un motivo de reclamo denominado “hundimiento de terreno”, que, en el caso de Alto Hospicio, obedece únicamente a la formación de socavones y asentamientos. Independiente de la clasificación que la empresa otorga sobre la responsabilidad que le compete al prestador o al usuario, se contemplarán todos los registros. En el inicio del apartado 6.1, se mencionó que estos hundimientos pueden ocurrir por el efecto del agua potable o las aguas servidas, lo que se dilucidará más adelante, de acuerdo con la metodología

empleada para procesar y depurar los registros influyentes para la vinculación de variables.

Tabla 16. Clasificación de reclamos por hundimiento de terreno

Año	Resultado de reclamos hundimiento de terreno			Total
	A favor cliente	Con excepción empresa	Sin excepción empresa	
2017	122	27	116	265
2018	173	-	89	262
2019	188	-	84	272
2020	207	-	90	297
2021	97	-	102	199
2022	70	-	68	138
2023	43	-	248	291

Fuente: Elaboración propia (PR013-Indicadores de calidad de servicio 2017-2023, SISS)

Analizando este cuadro, se aprecia que, durante el período de la investigación, mayormente se dio un resultado en favor del cliente (52%), ratificando la formación de algún socavón, sin embargo, durante el año 2023 esta situación se revirtió drásticamente, donde la gran mayoría fue respondida como “carece de fundamento sin excepción empresa”. Más adelante, se comparará esta información con la cantidad de fallas en las redes de agua potable para comprender dicho cambio.

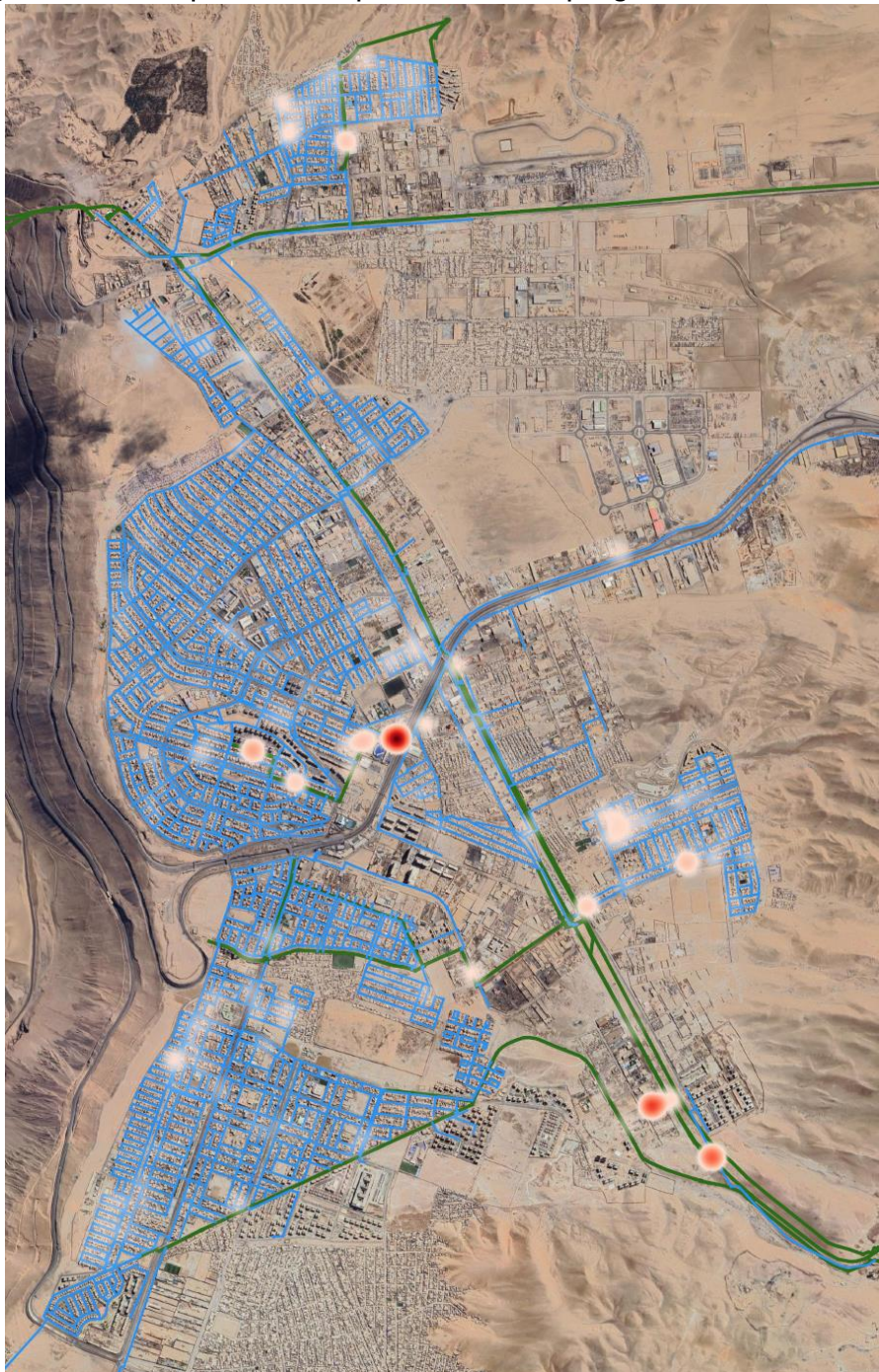
5.2 Mapas de calor de fallas AP y hundimientos de terreno

Tanto los reclamos como las discontinuidades de servicio seleccionadas vienen con georreferencia asociada a algún punto de la red o al cliente. Con ello, se puede utilizar el software QGIS que permite ubicar cada evento o usuario dentro de la localidad de estudio, distribuido por año y como condición global. Para comprender la concentración o distribución de fallas como denuncios, se aplica la herramienta de mapas de calor, configurándose un esquema visual que permite comprender por zonas y a nivel comunal, la afectación real de cada condición de análisis.

En el apartado de anexos, se adjuntarán las imágenes de los mapas de calor anuales por discontinuidad o reclamo. Respecto a las discontinuidades, se contemplará el registro mencionado en el acápite 6.1.1. En relación con los reclamos sobre deficiencias en la infraestructura de agua potable se contempla el registro del acápite 6.1.2 y para los reclamos por hundimiento de terreno se tomará la base de información del acápite 6.1.3. Cabe destacar que, en el caso de los reclamos, al estar georreferenciado por el número de cliente, existen registros sin su ubicación ni coordenadas, de manera que se tendrán que eliminar del análisis dichos datos.

Para comprender el uso de esta herramienta computacional, aquí se muestran los mapas de calor para el período total de investigación aplicados para cada uno de los registros mencionados.

Figura 11. Mapa de calor para cortes no programados, 2017-2023.

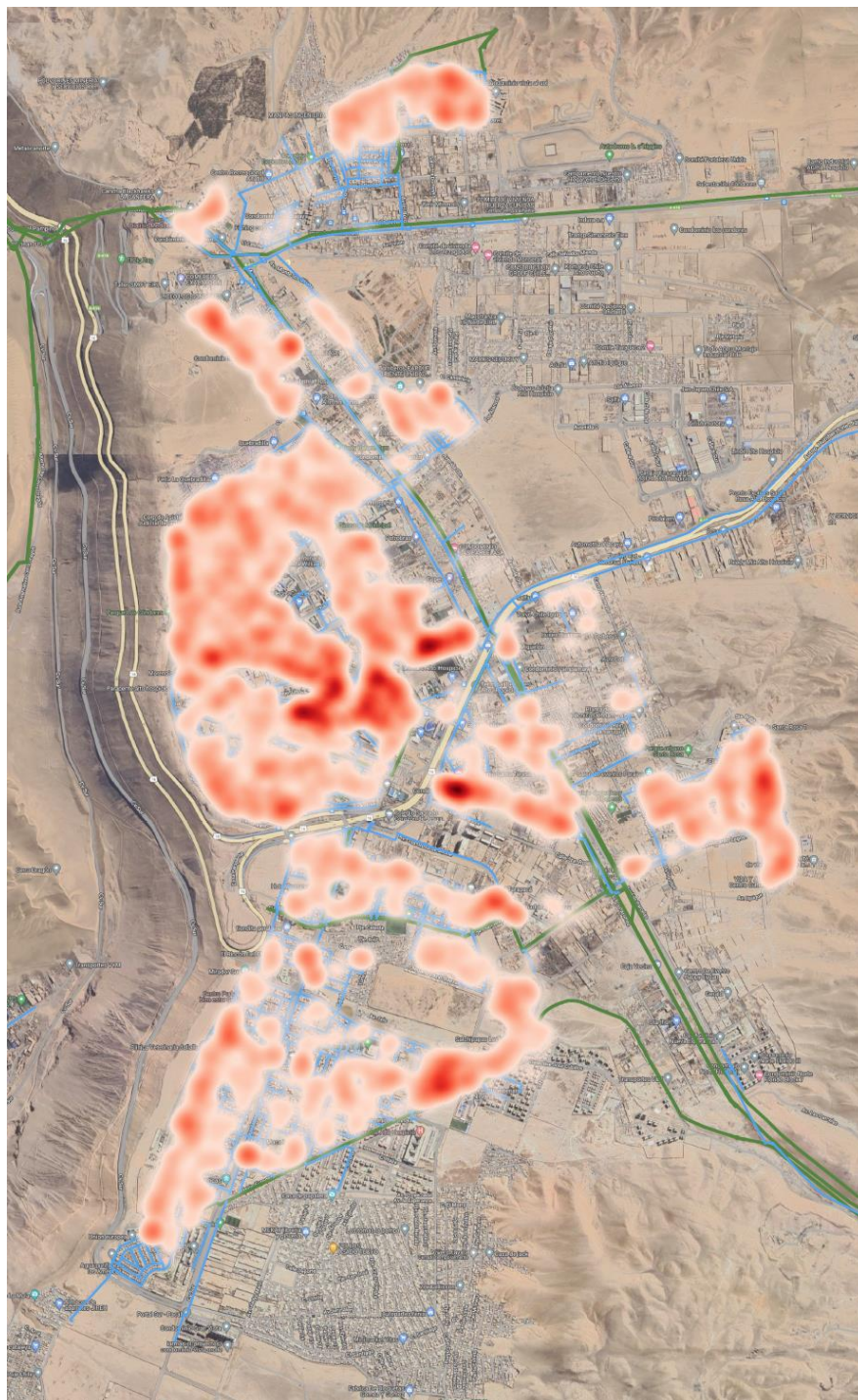


Fuente: Elaboración propia

De la imagen, se puede apreciar baja concentración de eventos, salvo algunos sectores puntuales, lo que, de alguna manera, podría corroborar la aleatoriedad de

las emergencias con filtraciones en vía pública, aunque se debe vincular con otras variables para evaluar efectos reales.

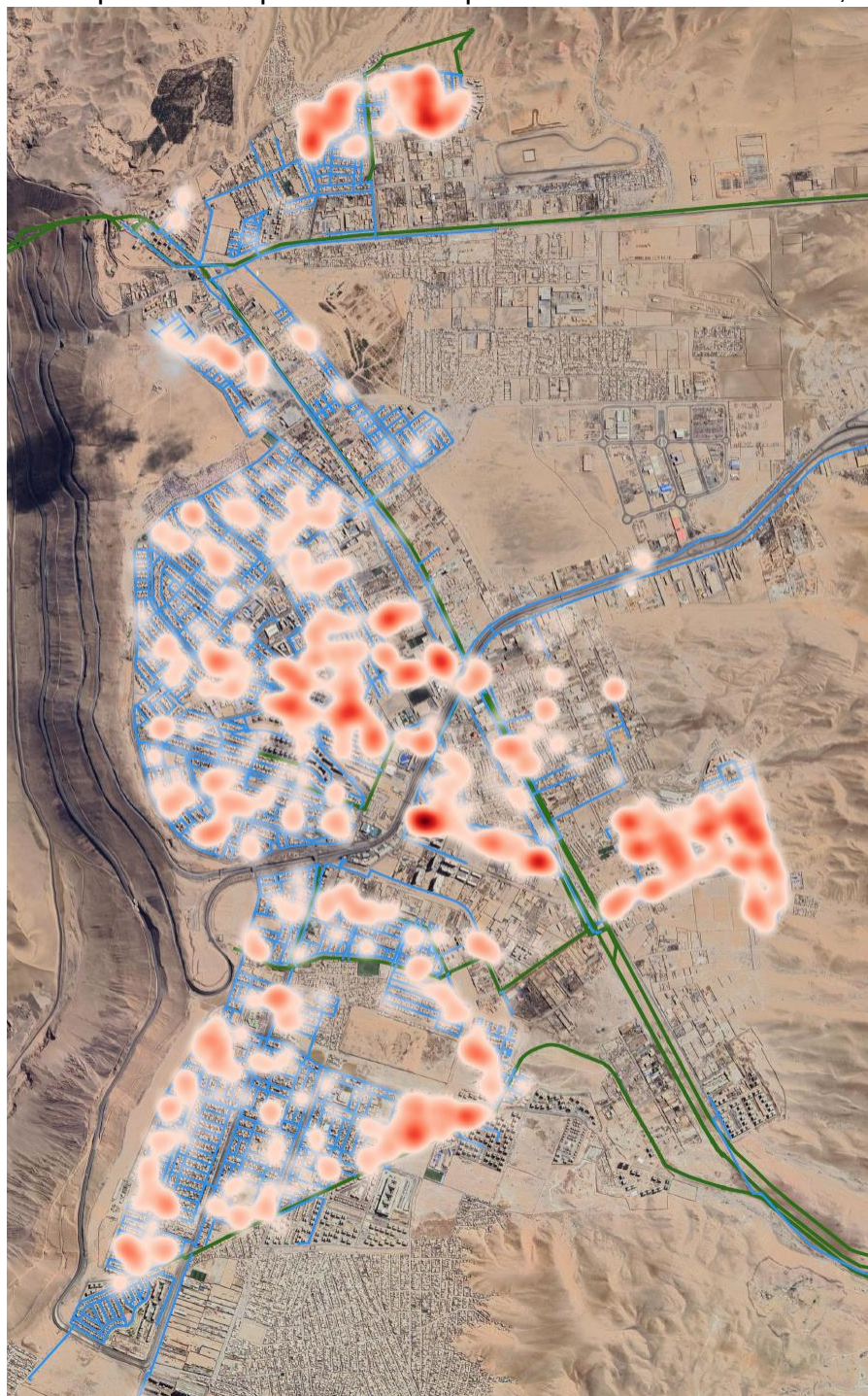
Figura 12. Mapa de calor para reclamos por filtraciones de agua potable, 2017-2023.



Fuente: Elaboración propia

Se debe destacar que solo 54 registros de reclamos por filtraciones de agua potable fueron eliminados por falta de información en su georreferenciación. Pese a ello, se aprecia una dispersión completa por la localidad, con foco en las concentraciones del sector centro de la localidad.

Figura 13. Mapa de calor para reclamos por hundimiento de terreno, 2017-2023.



Fuente: Elaboración propia

Pese a una dispersión similar a los reclamos de filtraciones, existe menos concentración en la localidad, con zonas mayormente afectadas hacia el sector centro de Alto Hospicio, La Negra y El Boro, lo que, de alguna manera, se relaciona visualmente con las filtraciones en vía pública, situación evaluable más adelante.

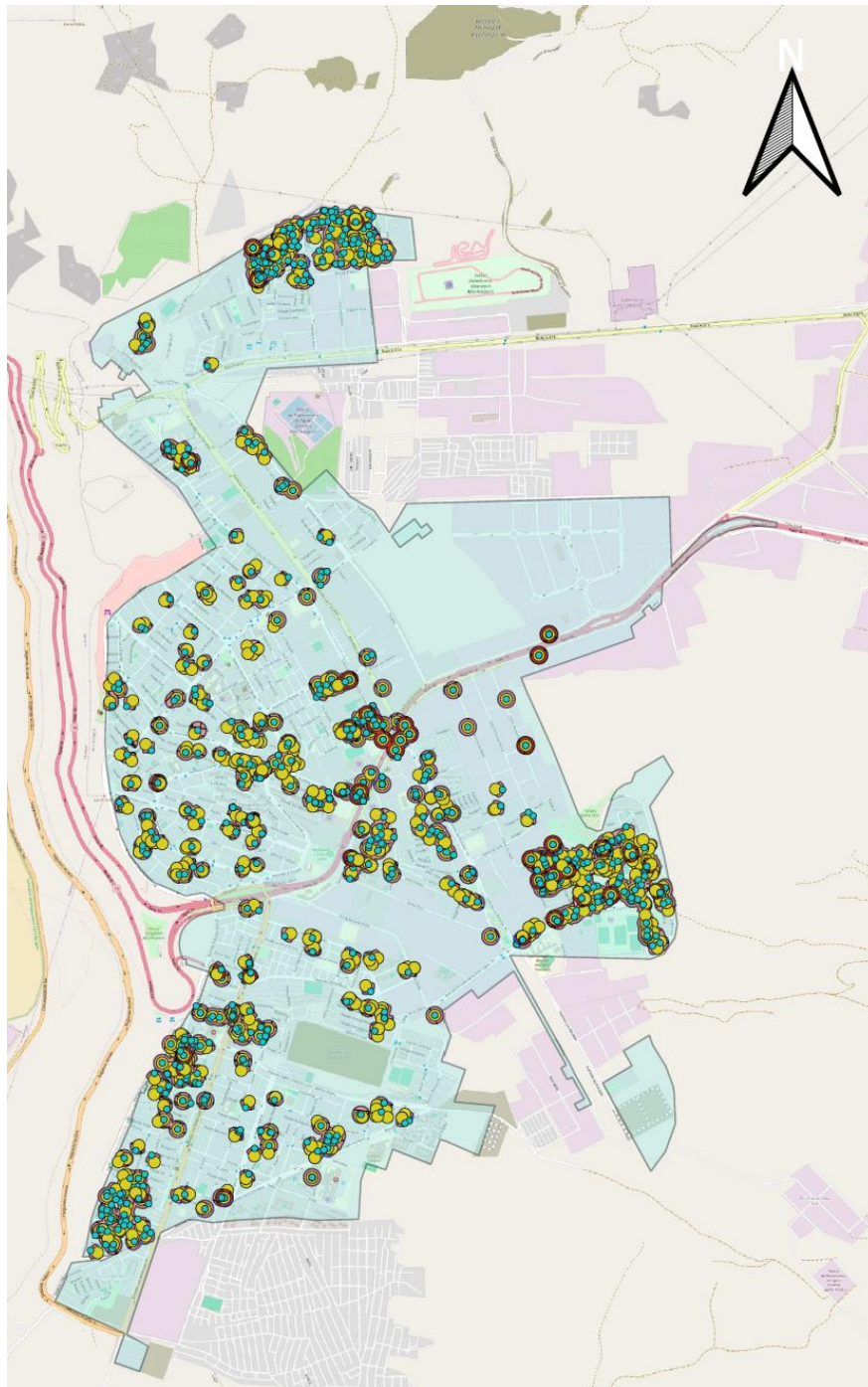
5.3 Cruces de mapas calor

Evidentemente, cada mapa de calor por separado no permite hacer una trazabilidad de la magnitud, reiteración o definición de zonas afectadas, solo logra establecer de manera visual, algunos sectores que muestren cierta concordancia o relación repetitiva en el tiempo. Pues bien, la mejor manera de vincular las fallas en la infraestructura de agua potable con los asentamientos de terreno es a través del mismo software QGIS, pero aplicando una capa ráster para relacionar las capas vectoriales dentro de un mismo radio de influencia.

Según la experiencia de la oficina regional SISS Tarapacá, existen distintos grados de afectación ante una filtración de agua potable, abarcando desde el punto de la fuga hasta los 50 metros de distancia, lo que depende exclusivamente del caudal de la tubería en la zona de falla, la presión de servicio y el tiempo de contacto entre el agua y el suelo salino. Por lo mismo, y para evaluar el caso más común, se contemplará un radio de influencia de 25 metros para cada reclamo por hundimiento de terreno del registro. Para toda discontinuidad o reclamo por filtración de agua potable se aplicará el mismo perímetro. Al cruzar cada influencia se generará una zona crítica, dejando afuera toda falla o reclamo que no esté dentro del radio. Como esta capa de cruce de mapas de calor se generará para el período global, será posible descartar todos aquellos hundimientos de terreno que no están relacionados a agua potable, dado que, al no generarse vinculación territorial, se puede asumir que ese asentamiento corresponde a aguas servidas o a otro problema de filtración interior sin denuncia.

Conforme a las definiciones establecidas, se presentarán los cruces de mapas de calor en el apartado de anexos, dejando la vinculación global de datos para este radio de influencia en las siguientes figuras. Para un mayor entendimiento, la simbología utilizada contempla un radio de color amarillo para el hundimiento de terreno y en el caso que el denunciado posea reiteraciones dentro de la misma área, este radio cambia a color rojo, dejando a los cortes no programados con color celeste, al igual que el área del territorio operacional.

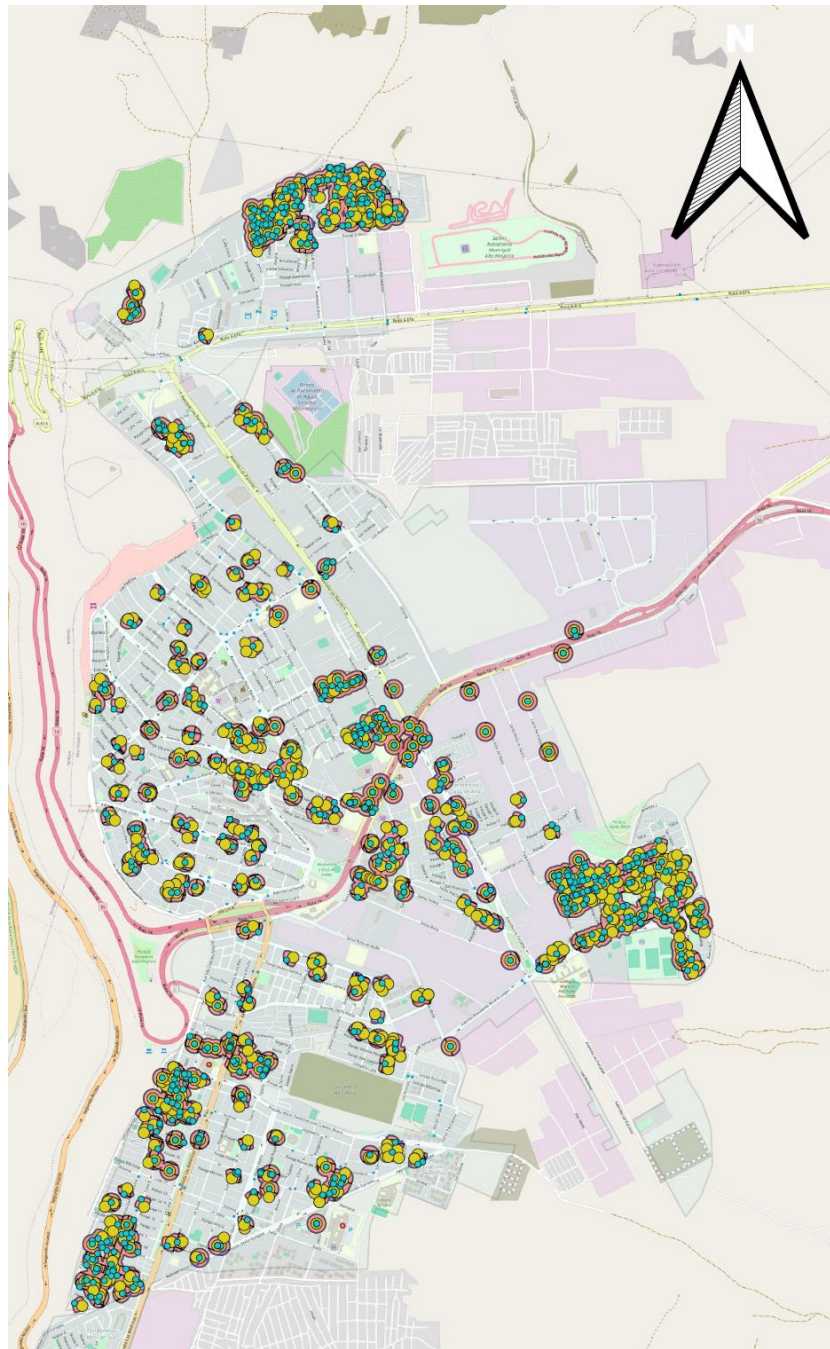
Figura 14. Cruce de mapa de calor para hundimientos y cortes no programados 2017-2023, radio de influencia 25 metros.



Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, aplicando la misma metodología para la generación del cruce de mapas, se utilizarán los reclamos por filtraciones de agua potable con relación a los reclamos por hundimiento de terreno, obteniendo la siguiente figura.

Figura 15. Cruce de mapa de calor para hundimientos y reclamos por filtraciones AP 2017-2023, radio de influencia 25 metros.



Fuente: Elaboración propia

5.4 Procesamiento de datos

Del apartado anterior, es posible determinar la información de la infraestructura sanitaria dañada dentro de un terreno con asentamiento, ya sea red de distribución o conducción. Sin embargo, solo para las discontinuidades de servicio en redes se

pueden extraer las características físicas de las tuberías, por ende, se dejarán fuera del análisis las características de las conducciones. En el caso de los reclamos por filtraciones de agua potable, estos se asocian a arranques o matrices, los que se refieren exclusivamente a las redes de distribución, por ende, se repetirá el análisis conforme al área crítica determinada.

5.4.1 Vinculación entre discontinuidades y hundimientos

De la base original de datos sobre los cortes no programados contemplados y los reclamos por hundimiento de terreno se aprecia una disminución en el universo de análisis, ya que al ubicar cada georreferencia, ocurre que en algunos casos no hay vínculo territorial entre un evento y un asentamiento, lo que demuestra que algunas emergencias no necesariamente provocaron problemas en el suelo.

Dentro del proceso computacional en QGIS, se contemplaron las capas del software correspondientes a la base de infraestructura reportada por la empresa sanitaria en el año 2022 (PR012). Al determinar los perímetros que reúnen alguna deficiencia en la red y un denuncia, se obtiene un polígono, desde el cual se pueden volver a extraer los datos vectoriales (puntos) conforme a la tabla de atributos. Es así, como se obtiene una planilla para las redes y conducciones de agua potable involucradas dentro de estos perímetros, con sus principales características físicas. Además, se obtiene una planilla de reclamos depurada, con los registros de hundimientos vinculados a dichas fallas, aplicado al radio de influencia mencionado. Conforme a lo anterior, se muestra los resultados de este cruce en las siguientes tablas donde se agrupan variables relacionadas a las redes de distribución.

Tabla 17. N° cuarteles afectados por tipos de fallas, 2017-2023.

Etiquetas de fila	Cuenta de DESCRIPC_3
FALLA DE MATRIZ	167
FALLA DE MATRIZ SIN SUSPENSION DE SERVICIO	701
FALLA EN AP	3
Total general	871

Fuente: Elaboración propia.

Si se compara la tabla anterior con la Tabla 13, se constata que, del total de cortes no programados seleccionados por filtraciones en vía pública, tras el cruce con hundimientos de terreno se mantuvo el 52% de los cuarteles informados. Así, el mayor efecto provocado por la vinculación se evidenció en las fallas de matriz, disminuyendo hasta el 25% respecto de su cantidad inicial, lo que se evaluará tras el análisis estadístico para corroborar una posible correlación.

Realizando el mismo análisis, pero para los reclamos por hundimientos de terreno, se obtuvo:

Tabla 18. Cantidad de reclamos por infraestructura dañada y tipo de respuesta, 2017-2023.

Cuenta de DESC_RESUL	Etiquetas de columna		Etiquetas de fila	
	Arranque	Matriz	No aplica (problema interno del cliente)	Total general
A favor del cliente	180	94	63	337
Carece de fundamento con excepcion empresa	4		11	15
Carece de fundamento sin excepcion empresa	56	8	188	252
Total general	240	102	262	604

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que, tras el cruce de información con los cortes no programados, se mantuvo el 35% de los reclamos iniciales, menor cantidad respecto de las discontinuidades ocurridas. Si se analizan los tipos de respuestas, se tiene una relación 56-44% favorable a los usuarios, o sea, con responsabilidad del prestador sanitario, sin embargo, existe un dato vinculado al lugar de la falla, que puede ser arranque o matriz, y que evidencia daño en la red pública, por ende, debe ser atención de la concesionaria. Pese a lo anterior, existen casos categorizados como carentes de fundamento, pero relacionados a dicha infraestructura, lo que aparentemente habla de una mala clasificación y podría aumentar la diferencia favorable a la comunidad en torno al 67-33%.

Ahora bien, revisando las características de las redes sanitarias involucradas dentro de las áreas de análisis, se desprende un cuadro que contempla variables como diámetro de tubería afectada, longitudes y materialidad de dicha tubería. El primer análisis se elabora contemplando el grado de afectación por diámetro de las redes, de manera que se obtiene:

Tabla 19. Grado de afectación a redes AP según diámetros, Alto Hospicio

Diámetro tubería	Longitud post análisis (m)	Nivel de afectación
D=75 mm	2889,4	13,9%
D=110 mm	25131,4	21,2%
D=125 mm	1264,0	20,7%
D=160 mm	3692,0	21,2%
D=200 mm	1760,5	13,8%
D=250 mm	1542,5	31,6%
D=350 mm	41,4	19,8%

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar con la Tabla 9 en cuanto a longitudes totales de redes, se puede obtener el nivel de afectación sobre cada diámetro. Dentro de los anexos, es posible visualizar la variabilidad de los metros lineales afectados según el año de instalación, constatando que al menos el 56% del total de las tuberías contempladas, no ha declarado año de instalación en la base de infraestructura, una variable crucial al revisar causas de fallas. Además, se puede apreciar que mientras más antigua la instalación de la tubería, mayor es la longitud afectada,

independiente del diámetro, salvo para el año 2017, donde se visualiza un peak de metros con fallas, que será materia de análisis.

De la tabla resumen, se corrobora el considerable grado de daños de los distintos diámetros en las redes de Alto Hospicio. A nivel global, la longitud de tuberías que ha sufrido por hundimientos y deficiencias supera el 20% del total para este radio de influencia. Si bien, este análisis muestra un nivel de daños proporcionalmente similares por diámetros, es importante diferenciar y revisar la situación de acuerdo con la materialidad de cada tubo, como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 20. Grado de afectación a redes AP según materialidad, Alto Hospicio

Materialidad	Longitud post análisis (m)	Nivel de afectación
HDPE	26956,6	27,4%
PVC	9016,5	11,1%
Asbesto cemento	133,5	43,7%
Acero negro	50,1	47,7%
Hierro dúctil	164,5	22,0%

Fuente: Elaboración propia.

Según estos resultados, se evidencian varias situaciones para el análisis estadístico, destacándose el daño a tuberías antiguas como asbesto cemento y acero negro. Respecto de las tuberías plásticas, pese a que proporcionalmente la cantidad de metros lineales instalados de HDPE es mayor al PVC (54-45), se podría esperar un nivel de afectación similar, pero al calcularlo, la diferencia se amplía en favor del PVC, dado que posee menor afectación respecto del total de metros, alcanzando el 11% en comparación con el HDPE que abarca cerca del 27%.

5.4.2 Vinculación entre reclamos

Al igual que en el apartado anterior, se extrajo la base original de datos sobre reclamos por filtraciones de agua potable en arranques o matrices y los reclamos por hundimiento de terreno, para un radio de influencia de 25 metros, eliminando georreferencias fuera de la vinculación territorial. Posteriormente, se obtiene una planilla de reclamos depurada, como se muestra en el cruce para las siguientes tablas donde se agrupan variables relacionadas a las redes de distribución.

Tabla 21. Cantidad de reclamos por motivo e infraestructura con falla, 2017-2023.

Cuenta de DESC_RESUL	Etiquetas de columna		
Etiquetas de fila	Arranque	Matriz	Total general
AGUA EN VIA PUBLICA		19	19
CASA INUNDADA	27	14	41
OTROS ASOC A TUB MATRI ESTANQ VENTOSAS CON RIESGO	267	381	648
PROBLEMAS DE ARRANQUE SIN DISCONT DEL SERVICIO	4225	55	4280
Total general	4519	469	4988

Fuente: Elaboración propia.

Si se compara la tabla anterior con lo señalado en 6.1.2, se constata que, del total de reclamos por filtraciones en favor del cliente, tras el cruce con hundimientos de terreno se mantuvo el 48% de los eventos informados. Así, el mayor efecto provocado por la vinculación se evidenció por “agua en vía pública”, disminuyendo hasta el 39% respecto de su cantidad inicial.

Realizando el mismo análisis, pero para los reclamos por hundimientos de terreno, se obtuvo:

Tabla 22. Cantidad de reclamos por infraestructura dañada y tipo de respuesta, 2017-2023.

Cuenta de DESC_DIAGN		Etiquetas de columna		No aplica (problema interno del cliente)	Total general
Etiquetas de fila	Arranque	Matriz			
A favor del cliente	591	104	150	845	
Carece de fundamento con excepcion empresa	5		20	25	
Carece de fundamento sin excepcion empresa	170	12	530	712	
Total general	766	116	700	1582	

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que, tras el cruce de información con los denuncios, solo se consideraron los registros asociados a infraestructura de agua potable, alcanzando casi el 92% de los reclamos iniciales para este radio de influencia. Si se analizan los tipos de respuestas, se tiene una relación 53-47% favorable a los usuarios, o sea, con responsabilidad del prestador sanitario, sin embargo, existen datos vinculados a la infraestructura con falla, como arranque o matriz, que corresponden a la operación de la concesionaria, por ende, considerar estos valores podría aumentar la diferencia favorable a la comunidad en torno al 56-44%.

Ahora bien, revisando las características de las redes sanitarias involucradas dentro de las áreas de análisis, se desprende un cuadro que contempla variables como diámetro de tubería afectada, longitudes y materialidad de dicha tubería. Si se compara con los antecedentes de las redes de Alto Hospicio en cuanto a longitudes de redes, se puede obtener el nivel de afectación sobre cada diámetro respecto del total de la localidad. Además, es posible visualizar la variabilidad de los metros lineales afectados según el año de instalación, constatando que al menos el 56% del total de las tuberías contempladas, no ha declarado año de instalación en la base de infraestructura, una variable crucial al revisar causas de fallas.

Tabla 23. Grado de afectación a redes AP según diámetros, Alto Hospicio

Diámetro tubería	Longitud post análisis (m)	Nivel de afectación
D=75 mm	13055,5	62,6%
D=110 mm	65531,4	55,3%

Diámetro tubería	Longitud post análisis (m)	Nivel de afectación
D=125 mm	2186,3	35,8%
D=160 mm	8249,6	47,3%
D=200 mm	6465,6	50,7%
D=250 mm	1681,3	34,4%
D=350 mm	52,6	25,3%

Fuente: Elaboración propia.

Además, en las tablas adjuntas en anexos se puede apreciar que mientras más antigua la instalación de la tubería, mayor es la longitud afectada, independiente del diámetro, salvo para el año 2017, donde se visualiza un peak de metros con fallas, que será materia de análisis.

De la tabla resumen, se corrobora el alto grado de daños de los distintos diámetros en las redes de Alto Hospicio. A nivel global, la longitud de tuberías que ha sufrido por hundimientos y reclamos por filtraciones supera el 53% del total para este radio de influencia. Si bien, este análisis es muestra un nivel de daños proporcionalmente similares por longitudes, es importante diferenciar y revisar la situación de acuerdo con la materialidad de cada tubo, como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 24. Grado de afectación a redes AP según materialidad, Alto Hospicio

Materialidad	Longitud post análisis (m)	Nivel de afectación
HDPE	53843,5	54,7%
PVC	41019,4	50,4%
Asbesto cemento	144,7	47,4%
Acero negro	50,1	47,7%
Hierro dúctil	164,5	22,0%

Fuente: Elaboración propia.

Según estos resultados, se evidencian varias situaciones para el análisis estadístico, destacándose mayor daño a tuberías plásticas (HDPE y PVC), en base a las proporciones de los metros lineales afectados sobre el total de la red por material. Dada la distribución de materiales en la localidad, se aprecia un nivel de afectación similar para ambos plásticos, sin embargo, se reitera mayor daño en el HDPE que supera el 54%, seguido de cerca por el PVC que alcanza el 50% de su total.

5.4.3 Zonificación de afectación por cuarteles de presión

Si bien, no existe una zonificación con la caracterización de suelos salinos de la localidad en estudio, es posible tomar los resultados de esta investigación para obtener el nivel de densificación por cuarteles de presión, de manera que se pueda vincular la cantidad de discontinuidades, reclamos por hundimiento de terreno y

reclamos por filtraciones respecto a la cantidad de arranques del sector definido, para obtener un nivel de densificación de fallas. Los cuarteles de presión de Alto Hospicio están definidos conforme a los nombres de cada zona o población definida en el territorio, donde se contempla:

Tabla 25. Cantidad de arranques por cuartel de presión, Alto Hospicio

Código cuartel	Nombre cuartel	N° arranques
801	ERP Alto Hospicio	11000
802	ERP La Tortuga	4010
803	ERP Santa Teresa	1903
804	ERP La Negra	1252
806	ERP La Pampa	8214
807	ERP Autoconstrucción	2032
808	ERP El Boro	758
809	El Boro	1520
810	ERP La Tortuga I	203
811	ERP La Negra II	705
812	Ex Enami	157
813	ERP Alto Hospicio 6	957

Fuente: Elaboración propia.

Conforme a esta tabla, se cuantificaron los registros existentes en cada cruce para este radio de influencia (25 metros), de manera que se obtendrá un indicador que relaciona las fallas con escurrimiento asociadas a hundimientos de terreno por cantidad de arranques del sector, como se aprecia en el siguiente cuadro:

Tabla 26. Indicador de cortes no programados con hundimiento de terreno/ N° arranques, 2017-2023

Nombre cuartel	N° eventos	Indicador
ERP Alto Hospicio	182	0,016
ERP La Tortuga	32	0,007
ERP Santa Teresa	21	0,011
ERP La Negra	62	0,049
ERP La Pampa	85	0,010
ERP Autoconstrucción	31	0,015
ERP El Boro	3	0,003
El Boro	103	0,067
ERP La Tortuga I	0	0
ERP La Negra II	78	0,110
Ex Enami	0	0
ERP Alto Hospicio 6	3	0,003

Fuente: Elaboración propia.

Respecto al cruce realizado en el apartado 6.4.1, se verifica que, para las discontinuidades asociadas con hundimientos, las zonas de mayor afectación

corresponden a los indicadores más altos, siendo los sectores La Negra y El Boro, los destacados en color rojo.

Tabla 27. Indicador de reclamos por filtraciones asociados a hundimiento de terreno/N° arranque, 2017-2023

Nombre cuartel	N° filtraciones AP	Indicador
ERP Alto Hospicio	1638	0,148
ERP La Tortuga	444	0,110
ERP Santa Teresa	245	0,128
ERP La Negra	357	0,285
ERP La Pampa	909	0,110
ERP Autoconstrucción	381	0,187
ERP El Boro	21	0,027
El Boro	411	0,270
ERP La Tortuga I	23	0,113
ERP La Negra II	297	0,421
Ex Enami	0	0
ERP Alto Hospicio 6	135	0,141

Fuente: Elaboración propia.

Respecto del cruce realizado en el apartado 6.4.2, se verifica que, para el caso de los denuncios por filtraciones de agua potable asociados a hundimientos, las zonas con indicadores más altos corresponden a los mismos sectores de La Negra y El Boro (destacados en color rojo), mencionados para el cruce con las discontinuidades, pero con mayor magnitud en este caso.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El procesamiento de la información mediante el software QGis, permitió filtrar y agrupar la base de datos existente por ubicación geográfica. Así se obtuvieron zonas críticas donde se constató un corte no programado o un denuncia por filtración en arranque-matriz y un reclamo por hundimiento de terreno. Dentro de esta área se consideraron las características de las redes para revisar una posible relación o vinculación, lo que se realizará con estadística descriptiva e inferencial. Para llevar a cabo el análisis estadístico, se deben tener presente algunas consideraciones netamente matemáticas, para entregar un resultado válido, las que se mencionan a continuación:

- Se eliminaron todas las filas de datos donde la variable año indicaba el valor 9999.
- Se considera la variable materialidad como cualitativa nominal, la variable longitud como cuantitativa continua y la variable diámetro y año como cuantitativa discreta.
- Para el análisis se contempló un nivel de confianza del 95%.
- Cada hipótesis nula para las pruebas de normalidad, no paramétricas o de correlación será rechazada cuando $p < 0,05$. Lo anterior le otorga significancia estadística al resultado.
- Para todo el desarrollo del capítulo se utilizó el software estadístico Minitab.

6.1 Análisis estadístico por variable.

Para llevar a cabo el siguiente punto, se debe procesar la información existente conforme a los tipos de pruebas y parámetros estadísticos válidos para la variable. Por ello, se realizó el siguiente paso a paso:

- a) Prueba de valores atípicos: Revisar la distribución de datos y eliminar valores extremos. Se utilizó la prueba de Grubbs.
- b) Prueba de normalidad: Permite conocer si la distribución de los datos es normal y con ello definir el tipo de pruebas que se pueden aplicar. Se aplicó la prueba de Anderson-Darling.
- c) Prueba de bondad del ajuste: Permite evaluar y conocer que distribución poseen los datos cuando no son normales. Se aplica la revisión de todas las funciones probabilísticas existentes.

Para el radio de influencia de 25 metros, se obtuvieron los siguientes resultados de correlaciones según el origen de la falla. De todas maneras, el detalle de cada análisis de variable viene en el Anexo 7.

6.1.1 Discontinuidades AP

Respecto a cortes no programados para el radio de influencia señalado, se analizó cada variable por separado.

De los resultados, se puede constatar que el valor de Anderson-Darling es bajo, sin embargo, no cumple la hipótesis para normalidad con un bajo valor de p. Al aplicar la bondad del ajuste se aprecia que la distribución con comportamiento más similar es Gamma, sin embargo, no tiene significancia estadística. Finalmente, al verificar normalidad respecto a la materialidad, se aprecia una tendencia normal para el hierro dúctil, pero con solo tres datos, lo que resta confiabilidad a la interpretación. Por otro lado, el PVC está cerca de una tendencia normal, aunque no alcanza a cumplir la prueba de hipótesis. Como resumen a lo descrito, se agrega el siguiente cuadro:

Tabla 28. Resumen de pruebas estadísticas, radio=25 metros.

Variables	Pruebas estadísticas								
	Grubbs	Normalidad		Bondad del ajuste			Normalidad/Material		
	Valor p	AD	Valor p	AD	Distribución	Valor p	AD	Material	Valor p
Diámetro	0,052	86,07	<0,005	80,31	Box-Cox	<0,005	6,19	PVC	<0,005
Longitud	0,674	12,97	<0,005	1,79	Gamma	<0,005	0,20	Hierro dúctil	0,54
Año	1,000	30,49	<0,005	25,19	Logística	<0,005	5,98	PVC	<0,005

Fuente: Elaboración propia

6.1.2 Reclamos por filtraciones en arranque o matriz

Respecto a denuncios por filtraciones para el radio de influencia señalado, se analizó cada variable por separado.

De los resultados, se puede constatar que el valor de Anderson-Darling es alto en todos los casos, inclusive en la prueba de bondad o de normalidad con la materialidad. Evidentemente, esto indica que cada variable tiene una distribución libre, independiente y sin clasificación dentro de las distribuciones existentes, por lo que. Como resumen a lo planteado, se agrega el siguiente cuadro:

Tabla 29. Resumen de pruebas estadísticas, radio=25 metros.

Variables	Pruebas estadísticas								
	Grubbs	Normalidad		Bondad del ajuste			Normalidad/Material		
	Valor p	AD	Valor p	AD	Distribución	Valor p	AD	Material	Valor p
Diámetro	0,295	240,06	<0,005	227,01	Valor extremo	<0,01	44,9	PVC	<0,005
Longitud	0,059	28,80	<0,005	4,84	Gamma	<0,005	0,20	Hierro dúctil	0,54
Año	1,000	67,23	<0,005	49,73	Valor extremo	<0,01	28,9	PVC	<0,005

Fuente: Elaboración propia

6.2 Correlaciones estadísticas.

Tras los resultados obtenidos, donde se corroboró que las variables se comportan con una distribución no normal, se realizaron las siguientes pruebas para corroborar tipo de distribución o correlación, en base a:

- Prueba de Kruskal-Wallis: Permite probar si los datos provienen de una misma distribución. Aplicada para variables no relacionadas.
- Correlación de Pearson o Spearman: Permite calcular correlaciones dependiendo del tipo de variable a evaluar. Además, entrega el grado de dependencia existente entre parámetros.

Para el radio de influencia de 25 metros, se obtuvieron los siguientes resultados de correlaciones según el origen de la falla.

6.2.1 Discontinuidades AP

Respecto a las discontinuidades para el radio de influencia señalado, se analizaron todas las combinaciones posibles entre las variables. Primeramente, se aplicó la prueba de Kruskal Wallis para ver la distribución entre parámetros, asumiendo igualdad en las medianas (hipótesis nula). Luego, se aplicaron dos coeficientes de correlación, usando Pearson para las variables cuantitativas y también usando Spearman para todo tipo de variables. Se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 30. Pruebas de Kruskal-Wallis.

Variables		Valor p
Diámetro	Material	0,156
Longitud	Material	0,693
Año	Material	<0,005
Año	Diámetro	<0,005
Longitud	Diámetro	0,465
Longitud	Año	0,011

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Correlación de Pearson.

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
LONGITUD	DIAMETRO	300	-0,065	(-0,177; 0,049)	0,261
AÑO	DIAMETRO	300	0,165	(0,052; 0,273)	0,004
AÑO	LONGITUD	321	-0,009	(-0,118; 0,101)	0,873

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Correlación de Spearman.**Correlaciones en parejas de Spearman**

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
LONGITUD	DIAMETRO 300		-0,036	(-0,148; 0,078)	0,537
AÑO	DIAMETRO 300		0,239	(0,128; 0,344)	0,000
Recodificado MATERIAL	DIAMETRO 300		-0,147	(-0,257; -0,034)	0,011
AÑO	LONGITUD 321		-0,036	(-0,145; 0,073)	0,516
Recodificado MATERIAL	LONGITUD 321		-0,048	(-0,156; 0,062)	0,394
Recodificado MATERIAL	AÑO 322		-0,246	(-0,348; -0,139)	0,000

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados, se puede constatar que al aplicar Kruskal-Wallis, se aprueba la hipótesis nula para longitud-material, longitud-diámetro y diámetro-material, ratificando una distribución similar de datos, donde la mediana será el estadístico válido para otros análisis. Luego, se aplicó Pearson para las variables cuantitativas, ratificando la casi nula relación con una alta significancia estadística. Del mismo modo se utilizó Spearman, considerando que la materialidad es una variable cualitativa, obteniendo un resultado similar a Pearson. De ambos cálculos, se verifica en las parejas de correlaciones, que se encuentra la variable longitud.

6.2.2 Reclamos por filtraciones en arranque o matriz

Respecto a las filtraciones por reclamos para el radio de influencia señalado, se aplicó el mismo procedimiento del apartado anterior. Los resultados obtenidos al vincular los parámetros longitud, diámetro, año y material fueron:

Tabla 33. Prueba de Kruskal-Wallis.

Variables		Valor p
Diámetro	Material	<0,005
Longitud	Material	0,932
Año	Material	<0,005
Año	Diámetro	<0,005
Longitud	Diámetro	0,001
Longitud	Año	0,004

*Fuente: Elaboración propia.***Tabla 34.** Correlación de Pearson.**Correlaciones en parejas de Pearson**

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
LONGITUD	DIAMETRO 837		-0,050	(-0,117; 0,018)	0,149
AÑO	DIAMETRO 838		0,199	(0,133; 0,263)	0,000
AÑO	LONGITUD 880		0,012	(-0,054; 0,078)	0,729

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Correlación de Spearman.

Correlaciones en parejas de Spearman

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p
LONGITUD	DIAMETRO	837	-0,052	(-0,120; 0,016)	0,132
AÑO	DIAMETRO	838	0,231	(0,165; 0,295)	0,000
Recodificado MATERIAL	DIAMETRO	838	-0,241	(-0,305; -0,175)	0,000
AÑO	LONGITUD	880	-0,010	(-0,076; 0,056)	0,767
Recodificado MATERIAL	LONGITUD	880	-0,005	(-0,071; 0,061)	0,881
Recodificado MATERIAL	AÑO	883	-0,491	(-0,542; -0,436)	0,000

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados, se puede constatar que al aplicar Kruskal-Wallis para todas las variables, se aprueba la hipótesis nula solo para la relación longitud-material, ratificando una distribución similar de datos, donde la mediana será el estadístico válido. Luego, se aplicó Pearson para las variables cuantitativas y Spearman para todas las variables, ratificando la casi nula relación con una alta significancia estadística, para los mismos pares de parámetros, al igual que con las discontinuidades, donde se repite la longitud como variable en común.

6.3 Sensibilización del radio de influencia.

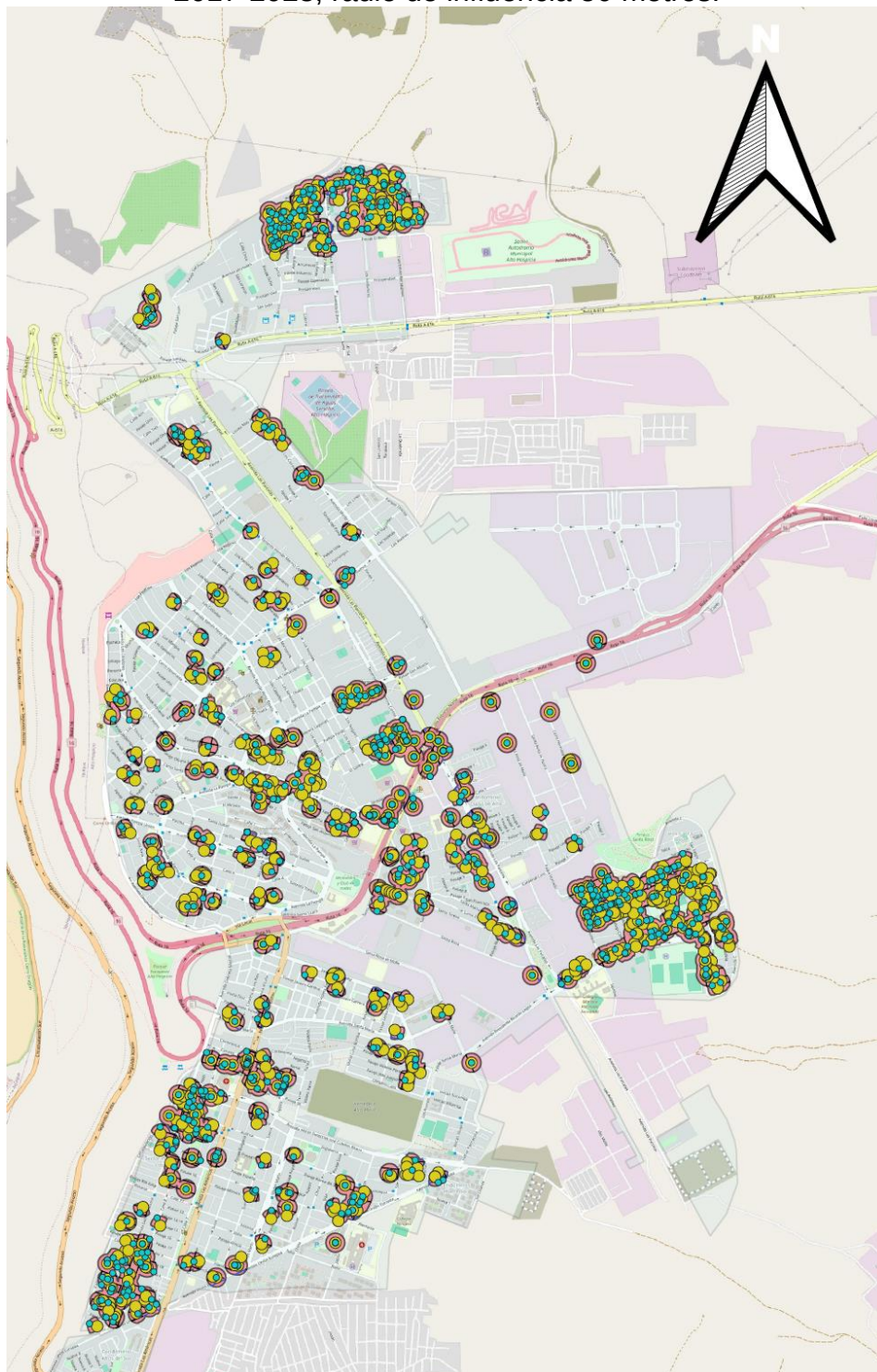
Realizado en análisis anterior, se pretende ver la variabilidad de los indicadores obtenidos modificando el radio de influencia dentro de cruce de mapas. Para esto, se repetirá el proceso y la metodología empleada desde el apartado 6.3 en adelante. Bajo la experiencia en terreno, se considerarán distintas medidas de radios de acuerdo con el origen de las fallas en la red de distribución. En el caso de las discontinuidades, se utilizará un radio de 50 metros, contemplando la magnitud de escurrimiento que generan los cortes de emergencia. Para el caso de las filtraciones denunciadas, se utilizará una radio de 10 metros ocupando el mismo criterio anterior y teniendo presente que la envergadura de los hundimientos en conexiones de usuarios generalmente tiene menor extensión.

Considerando la extensión del nuevo análisis, se incluirán los detalles en el Anexo 6.2, sin embargo, se presentarán los resultados principales, desde el cruce de mapas de calor hasta las correlaciones estadísticas.

6.3.1 Radio de 50 metros para discontinuidades AP

Como se señaló, al realizar el cruce para un radio de influencia de 50 metros, en el caso de los cortes no programados y los reclamos por hundimiento de terreno, el tamaño de las zonas afectadas y la cantidad de datos vinculados aumentó, obteniendo los siguientes resultados.

Figura 16. Cruce de mapa de calor para hundimientos y cortes no programados 2017-2023, radio de influencia 50 metros.



Fuente: Elaboración propia

De la base original de datos sobre los cortes no programados contemplados y los reclamos por hundimiento de terreno se aprecia un mayor universo de análisis,

independiente de que algunas emergencias no necesariamente provocaron problemas en el suelo.

Tabla 36. N° cuarteles afectados por tipos de fallas, 2017-2023.

Etiquetas de fila	Cuenta de DESCRIPC_3
FALLA DE MATRIZ	362
FALLA DE MATRIZ SIN SUSPENSION DE SERVICIO	924
FALLA DE VALVULAS	2
FALLA EN AP	13
Total general	1301

Fuente: Elaboración propia.

Si se compara la tabla anterior con la Tabla 13, se constata que, del total de cortes no programados seleccionados con filtraciones en vía pública, tras el cruce con hundimientos de terreno se mantuvo el 78% de los cuarteles informados. Realizando el mismo análisis para los reclamos por hundimientos de terreno, se obtuvo:

Tabla 37. Cantidad de reclamos por infraestructura dañada y tipo de respuesta, 2017-2023.

Cuenta de DESC_RESUL	Etiquetas de columna			
	Arranque	Matriz	No aplica (problema interno del cliente)	Total general
Etiquetas de fila				
A favor del cliente	326	102	96	524
Carece de fundamento con excepcion empresa	4		15	19
Carece de fundamento sin excepcion empresa	101	9	323	433
Total general	431	111	434	976

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que, tras el cruce de información con los cortes no programados, se mantuvo el 57% de los reclamos iniciales. Si se analizan los tipos de respuestas, se tiene una relación 54-46% favorable a los usuarios, o sea, con responsabilidad del prestador sanitario, sin embargo, existe un dato vinculado al lugar de la falla, que puede ser arranque o matriz, y que evidencia daño en la red pública, por ende, debe ser atención de la concesionaria. Pese a esto, si se contemplan los casos mencionados la diferencia favorable a la comunidad aumentaría a una relación en torno al 65-35%.

Ahora bien, revisando las características de las redes sanitarias involucradas dentro de las áreas de análisis, se desprende un cuadro que contempla variables como diámetro de tubería afectada, longitudes y materialidad de dicha tubería. El primer análisis se elabora contemplando el grado de afectación por diámetro de las redes, de manera que se obtiene:

Tabla 38. Grado de afectación a redes AP según diámetros, Alto Hospicio

Diámetro tubería	Longitud post análisis (m)	Nivel de afectación
D=75 mm	8141,3	39,0%
D=110 mm	56755,4	47,9%
D=125 mm	3070,1	50,2%
D=160 mm	8325,4	47,8%
D=200 mm	5524,2	43,4%
D=250 mm	2583,2	53,0%
D=315 mm	46,0	55,8%
D=350 mm	209,0	100,0%
D=450 mm	1,53	3,2%

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar con la Tabla 9 en cuanto a longitudes totales de redes, se puede obtener el nivel de afectación sobre cada diámetro. Dentro de los anexos, es posible visualizar la variabilidad de los metros lineales afectados según el año de instalación, constatando que al menos el 56% del total de las tuberías contempladas, no ha declarado año de instalación en la base de infraestructura, una variable crucial al revisar causas de fallas. Además, se puede apreciar que mientras más antigua la instalación de la tubería, mayor es la longitud afectada, independiente del diámetro, salvo para el año 2017, donde se visualiza un peak de metros con fallas.

De la tabla resumen, se corrobora el considerable grado de daños de los distintos diámetros en las redes de Alto Hospicio. A nivel global, la longitud de tuberías que ha sufrido por hundimientos y deficiencias supera el 47% del total para este radio de influencia. Si bien, este análisis muestra un nivel de daños proporcionalmente similares por diámetros, es importante diferenciar y revisar la situación de acuerdo con la materialidad de cada tubo, como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 39. Grado de afectación a redes AP según materialidad, Alto Hospicio

Materialidad	Longitud post análisis (m)	Nivel de afectación
HDPE	54073,2	55,0%
PVC	29576,2	36,3%
Asbesto cemento	305,3	100,0%
Acero negro	50,1	47,7%
Hierro dúctil	651,3	87,2%

Fuente: Elaboración propia.

Según estos resultados, se evidencian varias situaciones para el análisis estadístico, destacándose el daño a tuberías antiguas como asbesto cemento y hierro dúctil. Respecto de las tuberías plásticas, pese a que proporcionalmente la cantidad de metros lineales instalados de HDPE es mayor al PVC (54-45), el nivel

de afectación no es similar, dado que la diferencia se amplía en favor del PVC, alcanzando el 36% en comparación con el HDPE que abarca cerca del 55%.

Conforme a los resultados, se cuantificaron los registros existentes en este cruce para el radio de influencia (50 metros), de manera que se obtendrá un indicador, como se aprecia en el siguiente cuadro:

Tabla 40. Indicador de cortes no programados con hundimientos de terreno/N° arranques, 2017-2023

Nombre cuartel	N° eventos	Indicador
ERP Alto Hospicio	534	0,048
ERP La Tortuga	83	0,020
ERP Santa Teresa	13	0,006
ERP La Negra	106	0,084
ERP La Pampa	176	0,021
ERP Autoconstrucción	73	0,035
ERP El Boro	26	0,034
El Boro	156	0,102
ERP La Tortuga I	0	0
ERP La Negra II	122	0,173
Ex Enami	0	0
ERP Alto Hospicio 6	9	0,009

Fuente: Elaboración propia.

Respecto del cruce realizado para este radio de influencia, se verifica en el caso de los cortes no programados asociados a hundimientos de terreno, que las zonas de mayor afectación también corresponden a los sectores La Negra y El Boro, destacados en color rojo.

Una vez terminado el análisis preliminar, se comienza con los resultados estadísticos respecto a los cortes no programados en 50 metros de influencia.

De los cálculos, se puede constatar que el valor de Anderson-Darling es alto, por lo tanto, no cumple la hipótesis para normalidad con un bajo valor de p. Al aplicar la bondad del ajuste se aprecia que la distribución con comportamiento más similar es Gamma, sin embargo, no tiene significancia estadística. Finalmente, al verificar normalidad respecto a la materialidad, se aprecia una tendencia normal para el hierro dúctil. Como resumen a lo descrito, se agrega el siguiente cuadro:

Tabla 41. Resumen de pruebas estadísticas, radio=50 metros.

Variables	Pruebas estadísticas								
	Grubbs	Normalidad		Bondad del ajuste			Normalidad/Material		
	Valor p	AD	Valor p	AD	Distribución	Valor p	AD	Material	Valor p
Diámetro	1,000	218,59	<0,005	201,40	Valor extremo	<0,01	27,5	PVC	<0,005
Longitud	0,061	35,90	<0,005	3,71	Gamma	<0,005	0,48	Hierro dúctil	0,132
Año	1,000	62,19	<0,005	49,31	Valor extremo	<0,01	1,59	Hierro dúctil	<0,005

Fuente: Elaboración propia

Respecto a las discontinuidades para el radio de influencia señalado, se analizaron todas las combinaciones posibles entre las variables. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 42. Pruebas de Kruskal-Wallis.

Variables		Valor p
Diámetro	Material	<0,005
Longitud	Material	0,196
Año	Material	<0,005
Año	Diámetro	<0,005
Longitud	Diámetro	0,051
Longitud	Año	0,019

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43. Correlación de Pearson.

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
LONGITUD	DIAMETRO	787	-0,050	(-0,120; 0,020)	0,160
AÑO	DIAMETRO	788	0,167	(0,099; 0,235)	0,000
AÑO	LONGITUD	829	-0,037	(-0,105; 0,031)	0,281

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44. Correlación de Spearman.

Correlaciones en parejas de Spearman

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
LONGITUD	DIAMETRO	787	-0,033	(-0,103; 0,037)	0,350
AÑO	DIAMETRO	788	0,202	(0,133; 0,269)	0,000
Recodificado MATERIAL	DIAMETRO	788	-0,216	(-0,283; -0,148)	0,000
AÑO	LONGITUD	829	-0,035	(-0,103; 0,033)	0,318
Recodificado MATERIAL	LONGITUD	829	-0,023	(-0,091; 0,045)	0,500
Recodificado MATERIAL	AÑO	832	-0,380	(-0,439; -0,318)	0,000

Fuente: Elaboración propia.

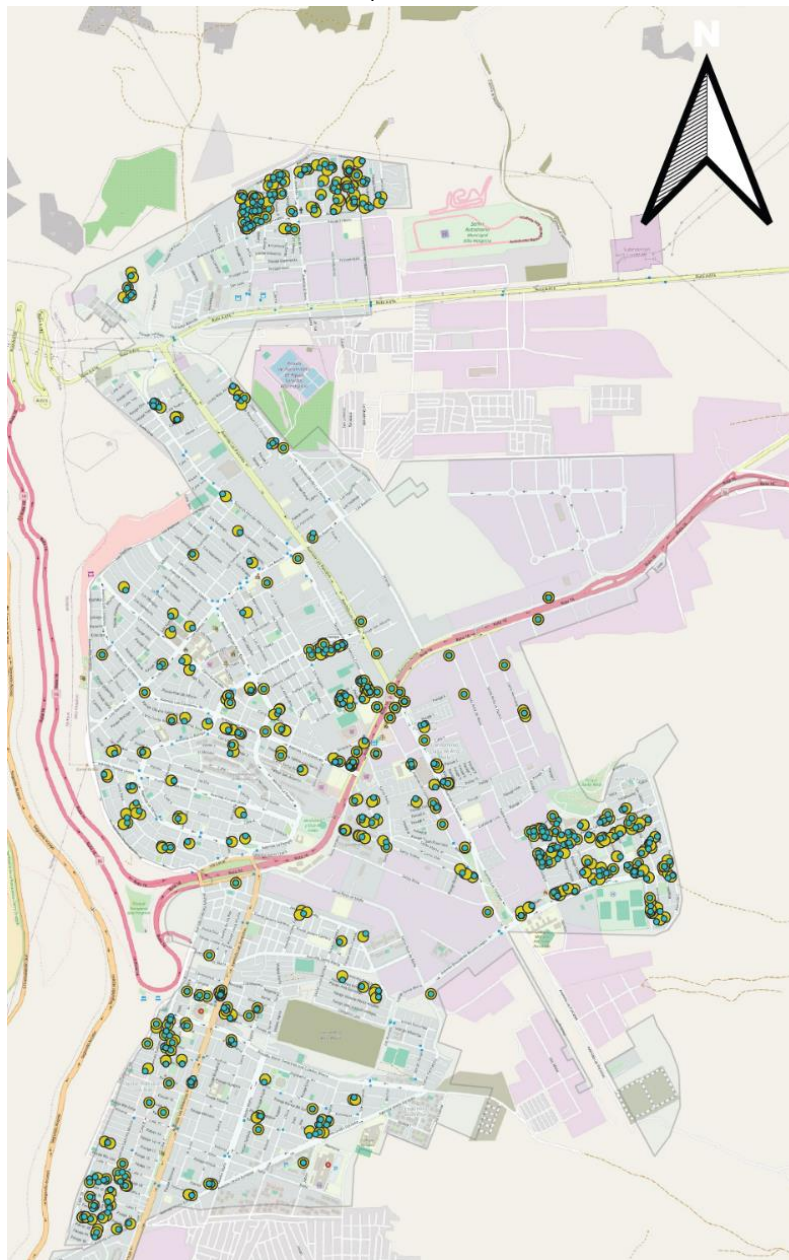
De los resultados, se puede constatar que al aplicar Kruskal-Wallis, se aprueba la hipótesis nula para longitud-material y longitud-diámetro, ratificando una distribución similar de datos, donde la mediana será el estadístico válido. Luego, se aplicó Pearson para las variables cuantitativas, ratificando la casi nula relación con una alta significancia estadística. Del mismo modo se utilizó Spearman, considerando que la materialidad es una variable cualitativa, obteniendo un resultado similar a Pearson. De ambos cálculos, se verifica en las parejas de correlaciones, que se encuentra la variable longitud.

6.3.2 Radio de 10 metros para reclamos por filtraciones

Ahora bien, aplicando la misma metodología para la generación del cruce de mapas, se utilizarán los reclamos por filtraciones de agua potable con relación a los

reclamos por hundimiento de terreno, para un radio de influencia de 10 metros, obteniendo la siguiente figura.

Figura 17. Cruce de mapa de calor para hundimientos y reclamos por filtraciones AP 2017-2023, radio de influencia 10 metros.



Fuente: Elaboración propia

Al igual que en el apartado anterior, se extrajo la base original de datos sobre reclamos por filtraciones de agua potable en arranques o matrices y los reclamos por hundimiento de terreno, para un radio de influencia de 10 metros, eliminando georreferencias fuera de la vinculación territorial, obteniendo las siguientes tablas:

Tabla 45. Cantidad de reclamos por motivo e infraestructura con falla, 2017-2023.

Cuenta de DESC_RESUL Etiquetas de columna				
Etiquetas de fila	Arranque	Matriz	Total general	
AGUA EN VIA PUBLICA		13	13	
CASA INUNDADA	14	7	21	
OTROS ASOC A TUB				
MATRI ESTANQ				
VENTOSAS CON RIESGO	168	253	421	
PROBLEMAS DE				
ARRANQUE SIN				
DISCONT DEL SERVICIO	2172	33	2205	
Total general	2354	306	2660	

Fuente: Elaboración propia.

Si se compara la tabla anterior con lo señalado en 6.1.2, se constata que, del total de reclamos por filtraciones en favor del cliente, tras el cruce con hundimientos de terreno se mantuvo solo el 25% de los eventos informados. Así, el mayor efecto provocado por la vinculación se evidenció por “problemas de arranque sin discontinuidad de servicio”, disminuyendo hasta el 24% respecto de su cantidad inicial. Realizando el mismo análisis para los reclamos por hundimientos de terreno, se obtuvo:

Tabla 46. Cantidad de reclamos por infraestructura dañada y tipo de respuesta, 2017-2023.

Cuenta de DESC_DIAGN Etiquetas de columna				
Etiquetas de fila	Arranque	Matriz	No aplica (problema interno del cliente)	Total general
A favor del cliente	480	88	129	697
Carece de fundamento con excepcion empresa	2		19	21
Carece de fundamento sin excepcion empresa	132	11	440	583
Total general	614	99	588	1301

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que, tras el cruce de información con los denuncios, solo se consideraron los registros asociados a infraestructura de agua potable, alcanzando el 75% de los reclamos iniciales para este radio de influencia. Si se analizan los tipos de respuestas, se tiene una relación 54-46% favorable a los usuarios, o sea, con responsabilidad del prestador sanitario, sin embargo, existen datos vinculados a la infraestructura con falla, como arranque o matriz, que corresponden a la operación de la concesionaria, por ende, considerar estos valores podría aumentar la diferencia favorable a la comunidad en torno al 65-35%.

Ahora bien, revisando las características de las redes sanitarias involucradas dentro de las áreas de análisis, se desprende un cuadro que contempla variables como diámetro de tubería afectada, longitudes y materialidad de dicha tubería. Es posible visualizar la variabilidad de los metros lineales afectados según el año de instalación, constatando que al menos el 59% del total de las tuberías contempladas, no ha declarado año de instalación en la base de infraestructura.

Tabla 47. Grado de afectación a redes AP según diámetros, Alto Hospicio

Diámetro tubería	Longitud post análisis (m)	Nivel de afectación
D=75 mm	5838,3	28,0%
D=110 mm	22462,3	18,9%
D=125 mm	832,7	13,6%
D=160 mm	2864,3	16,4%
D=200 mm	2891,8	22,7%
D=250 mm	436,6	8,9%
D=350 mm	0	0,0%

Fuente: Elaboración propia.

Además, en las tablas adjuntas en anexos se puede apreciar que mientras más antigua la instalación de la tubería, mayor es la longitud afectada, independiente del diámetro, salvo para el año 2017, donde se visualiza un peak de metros con fallas.

De la tabla resumen, se corrobora el alto grado de daños de los distintos diámetros en las redes de Alto Hospicio. A nivel global, la longitud de tuberías que ha sufrido por hundimientos y reclamos por filtraciones supera el 20% del total para este radio de influencia. Si bien, este análisis es muestra un nivel de daños proporcionalmente similares por longitudes, es importante diferenciar y revisar la situación de acuerdo con la materialidad de cada tubo, como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 48. Grado de afectación a redes AP según materialidad, Alto Hospicio

Materialidad	Longitud post análisis (m)	Nivel de afectación
HDPE	20446,7	20,8%
PVC	14829,3	18,2%
Asbesto cemento	0	0,0%
Acero negro	50,1	47,7%
Hierro dúctil	0	0,0%

Fuente: Elaboración propia.

Según estos resultados, se destaca el daño a tuberías plásticas (HDPE y PVC), cercano a la totalidad de la zona afectada. Dada la distribución de materiales en la localidad, se aprecia un nivel de afectación similar para ambos plásticos, sin

embargo, se reitera mayor daño en el HDPE que supera el 20%, seguido de cerca por el PVC que alcanza el 18% de su total.

De igual manera, se calculan los indicadores de densidad de fallas o reclamos según los cuarteles de presión existentes, obteniendo:

Tabla 49. Indicador de reclamos por filtraciones AP/arranque, 2017-2023

Nombre cuartel	N° filtraciones AP	Indicador
ERP Alto Hospicio	875	0,080
ERP La Tortuga	208	0,052
ERP Santa Teresa	156	0,082
ERP La Negra	178	0,142
ERP La Pampa	456	0,056
ERP Autoconstrucción	183	0,090
ERP El Boro	10	0,013
El Boro	218	0,143
ERP La Tortuga I	23	0,113
ERP La Negra II	161	0,228
Ex Enami	0	0,000
ERP Alto Hospicio 6	65	0,068

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a este cruce, se verifica que el caso de los denuncios por filtraciones de agua potable contemplados en la zona de afectación, el indicador más destacado corresponde a los sectores El Boro y La Negra.

Sobre el citado cruce entre denuncios por filtraciones y por hundimiento de terreno, se aplicó el análisis estadístico. De los resultados, se puede constatar que el valor de Anderson-Darling es alto en todos los casos, inclusive en la prueba de bondad o de normalidad con la materialidad. Evidentemente, esto indica que cada variable tiene una distribución libre, independiente y sin clasificación dentro de las distribuciones existentes, por lo que. Como resumen a lo planteado, se agrega el siguiente cuadro:

Tabla 50. Resumen de pruebas estadísticas, radio=10 metros.

Variables	Pruebas estadísticas								
	Grubbs	Normalidad		Bondad del ajuste			Normalidad/Material		
	Valor p	AD	Valor p	AD	Distribución	Valor p	AD	Material	Valor p
Diámetro	0,002	63,12	<0,005	59,21	Box-Cox	<0,005	9,65	PVC	<0,005
Longitud	0,999	4,18	<0,005	0,88	Box-Cox	0,023	0,75	PVC	0,045
Año	0,371	22,60	<0,005	13,73	Valor extremo	<0,01	10,5	PVC	<0,005

Fuente: Elaboración propia

Respecto a las filtraciones por reclamos para el radio de influencia señalado, se aplicó el mismo procedimiento del apartado anterior. Los resultados obtenidos al vincular los parámetros longitud, diámetro, año y material fueron:

Tabla 51. Prueba de Kruskal-Wallis.

Variables		Valor p
Diámetro	Material	0,051
Longitud	Material	0,018
Año	Material	<0,005
Año	Diámetro	<0,005
Longitud	Diámetro	0,332
Longitud	Año	0,435

*Fuente: Elaboración propia.***Tabla 52.** Correlación de Pearson.**Correlaciones en parejas de Pearson**

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
LONGITUD	DIAMETRO	228	-0,062	(-0,190; 0,069)	0,352
AÑO	DIAMETRO	230	0,327	(0,207; 0,438)	0,000
AÑO	LONGITUD	228	0,053	(-0,077; 0,182)	0,425

*Fuente: Elaboración propia.***Tabla 53.** Correlación de Spearman.**Correlaciones en parejas de Spearman**

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
LONGITUD	DIAMETRO	228	-0,049	(-0,178; 0,082)	0,463
AÑO	DIAMETRO	230	0,257	(0,130; 0,375)	0,000
Recodificado MATERIAL	DIAMETRO	230	-0,220	(-0,341; -0,092)	0,001
AÑO	LONGITUD	228	0,125	(-0,005; 0,252)	0,059
Recodificado MATERIAL	LONGITUD	228	-0,157	(-0,282; -0,027)	0,018
Recodificado MATERIAL	AÑO	230	-0,483	(-0,581; -0,371)	0,000

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados, se puede constatar que al aplicar Kruskal-Wallis para todas las variables, se aprueba la hipótesis nula para la relación diámetro-material, longitud-diámetro y longitud-año, ratificando una distribución similar de datos, donde la mediana será el estadístico válido. Luego, se aplicó Pearson para las variables cuantitativas y Spearman para todas las variables, ratificando la casi nula relación con una alta significancia estadística, para los mismos pares de parámetros, repitiendo la longitud como variable en común.

6.4 Análisis de escenarios en suelo salino.

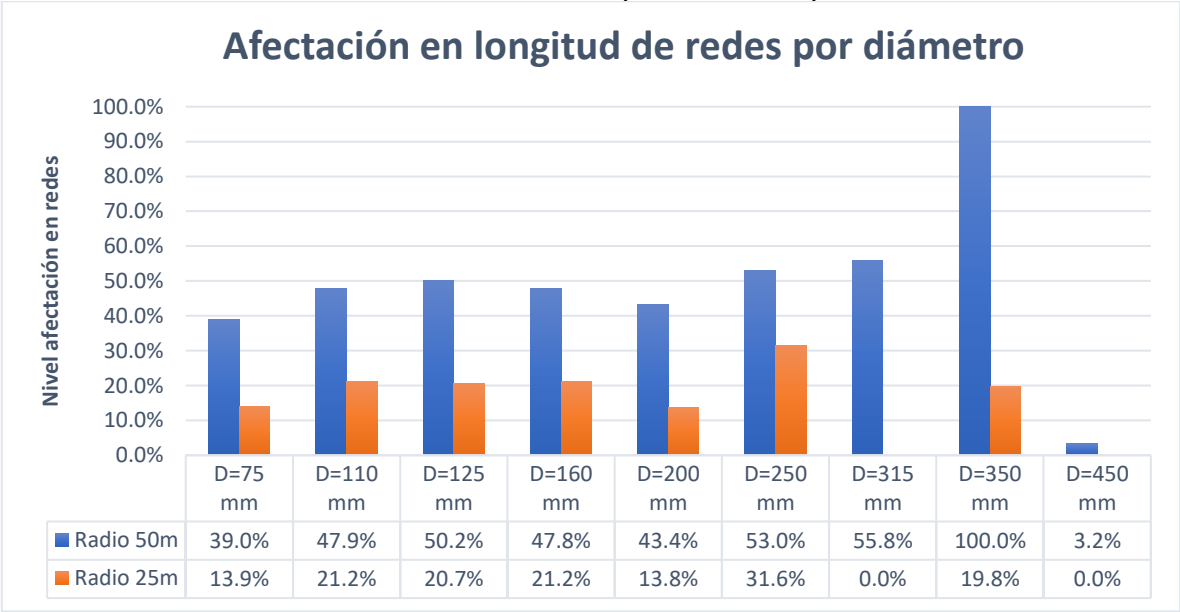
De la revisión de los cuatro escenarios propuestos, se entregan importantes resultados que permiten visualizar la variabilidad de las fallas en redes sanitarias para diferentes radios de influencia, así como la dispersión de reclamos por asentamiento del suelo o por filtraciones. Como se contemplaron diferentes condiciones para la investigación, estas se agrupan conforme a su clasificación por

discontinuidades o por denuncios de filtraciones, comparándose respecto a los radios aplicados. En dicha comparación, se pretende evaluar las diferencias entre un asentamiento del suelo de un menor o mayor tamaño, que, para efectos de este estudio, es solo una estimación de acuerdo con la experiencia evidenciada en terreno, donde este nivel de afectación dependerá de la cantidad y tiempo del agua en contacto con el terreno.

6.4.1 Discontinuidades AP entre 50-25 metros

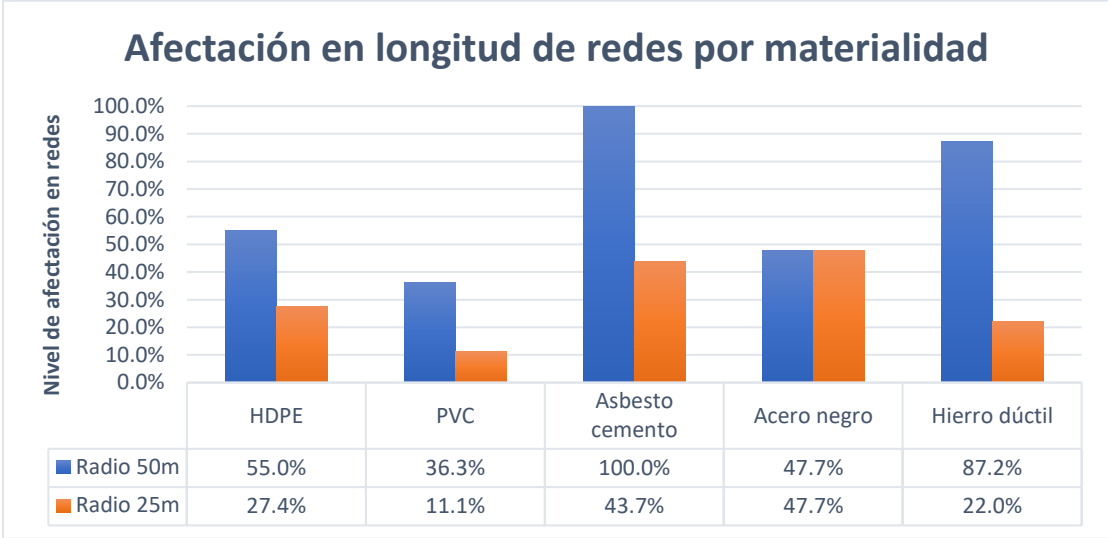
Al revisar las características físicas de las redes sanitarias afectadas por cortes no programados y asociadas a hundimientos, se graficó el nivel de afectación por diámetro y por materialidad con respecto al total de cada variable en Alto Hospicio. Es así, como se puede observar para los dos radios de influencia analizados, que porcentaje de daños vincularon a redes de distribución de agua potable. En las gráficas que siguen, se aprecia la variabilidad de afectación según la materialidad existente en la localidad.

Gráfica 9. Nivel de afectación por diámetro para discontinuidades



Fuente: Elaboración propia

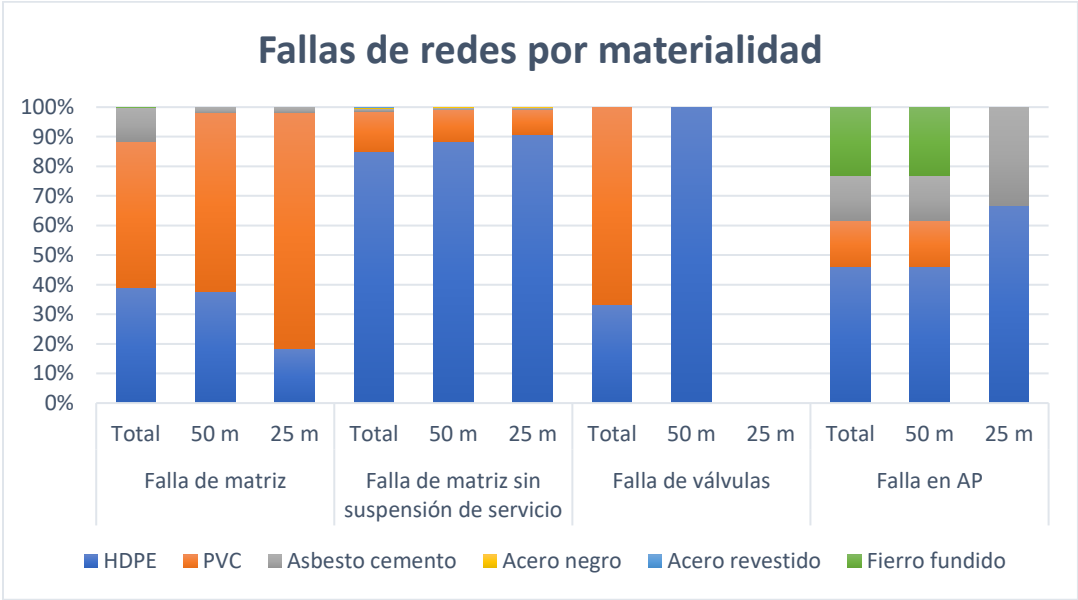
Gráfica 10. Nivel de afectación por materialidad para discontinuidades



Fuente: Elaboración propia

Al analizar la situación por diámetros, se aprecia una relación similar y proporcional de aumento en las redes sanitarias afectadas para todos los diámetros menores a 200 mm, puesto que, al duplicarse el radio, el porcentaje de redes dañadas subió entre un 26% y 30%. Ahora bien, respecto de la materialidad, hay muchas más diferencias en el análisis, ya que, al duplicar el radio de influencia, existen materiales que se ven hasta cuatro veces más afectados, como el hierro dúctil, seguido del PVC que triplica su efecto y luego el asbesto cemento o HDPE, que aumenta proporcionalmente con el radio. El único material que se ve afectado de igual manera independiente de su influencia es el acero negro.

Gráfica 11. Tipos de fallas y afectación por materialidad en discontinuidades



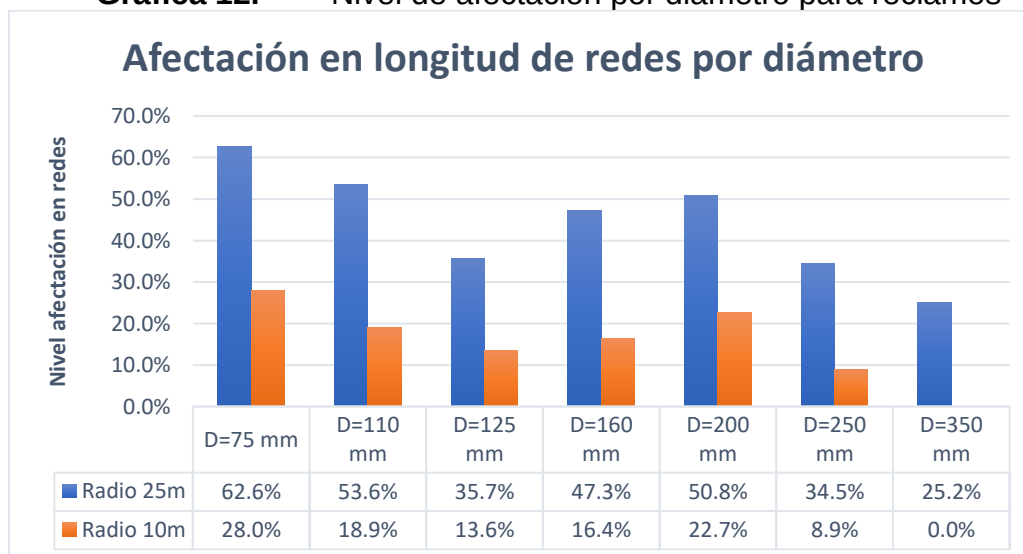
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, al analizar los motivos de fallas en las redes, se aprecian comportamientos definidos y relativos netamente a la reparación requerida. Para las fallas de matriz, hay una notoria mayor afectación en el PVC para un radio menor, sin embargo, al aumentar éste, también aumenta la proporción asociada al HDPE, aunque siempre menor al PVC. Para las fallas de matriz sin suspensión de servicio, se mantiene el mismo resultado, independiente del radio de influencia, alcanzando sobre el 85% asociada al HDPE, relativo con la reparación aplicada. Cuando analizamos fallas de válvulas, se contemplan solo los materiales plásticos, pero al disminuir el radio, este tipo de falla ni siquiera entra en el análisis, por lo que se podría considerar un tipo de falla no asociada al hundimiento de terreno. Respecto las fallas en AP, el comportamiento global es similar al radio de 50 metros, con una proporción de mayor afectación al HDPE, seguido del fierro fundido, el asbesto cemento y el PVC, sin embargo, al disminuir el radio, solo se mantiene la afectación al HDPE y asbesto cemento, lo que indica que el radio mayor contempla todas las fallas catastradas, pero al disminuir se aprecia que la influencia es aplicable solo a dos materiales, siendo mayoritario el efecto sobre el HDPE.

6.4.2 Reclamos por filtraciones AP entre 25-10 metros

Aplicando el mismo análisis previo, pero para las características físicas de las redes sanitarias afectadas por denuncios de filtraciones y hundimientos, se graficó el nivel de afectación por diámetro y por materialidad con respecto al total de cada variable en Alto Hospicio. La diferencia principal radica en que los radios de influencia contemplados son menores, ya que los reclamos son mayoritariamente asociados a arranques, y como se mencionó, ante menor presencia de agua, puede ser menor la afectación del sector. De todas formas, para los dos radios de influencia analizados, el porcentaje de daños vinculados a redes de distribución de agua potable se observan en las gráficas siguientes, donde se constata una mayor variabilidad para diámetros, no así para la materialidad existente en la localidad.

Gráfica 12. Nivel de afectación por diámetro para reclamos

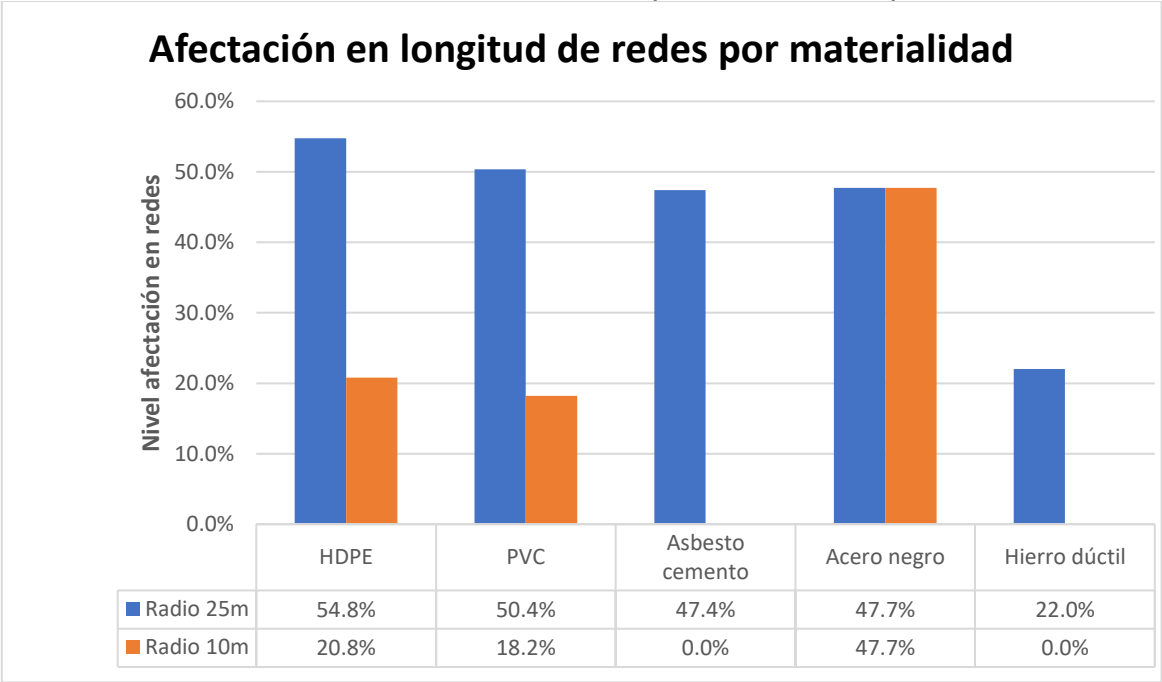


Fuente: Elaboración propia

Al analizar la situación por diámetros, existe una dispersión dispar para esta variable, contemplando una afectación similarmente proporcional para diámetros pequeños (75 y 110 mm) tendiente a bajar un 34% al disminuir el radio, pese a que, para el resto de ellos, la variabilidad no sigue un patrón definido, donde aparece el diámetro 200 mm como el más alto respecto a daños, aunque para 350 mm, solo se contempla afectación para 25 metros de radio, desapareciendo cuando el área de influencia es menor.

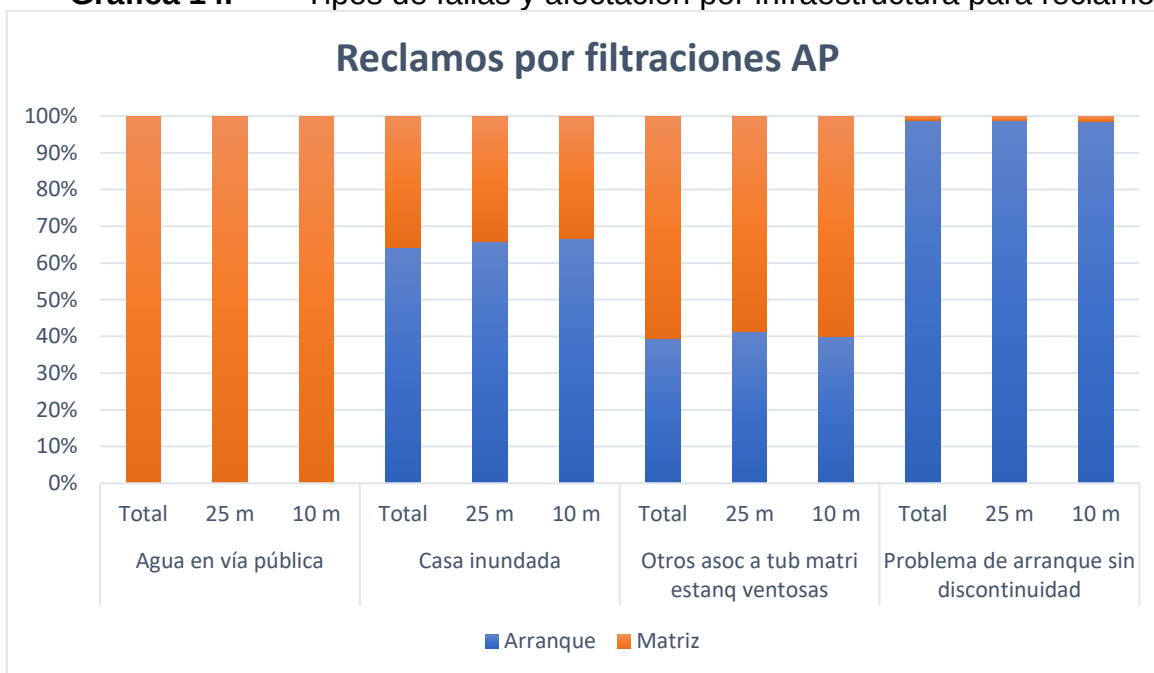
Dicho lo anterior, para la siguiente gráfica relativa a la materialidad, se aprecia una similitud en el comportamiento de ciertos materiales. Por un lado, se mantiene el acero negro, con igual grado de longitud afectada, independiente del radio. Por otra parte, se encuentra el asbesto cemento y el hierro dúctil, que son considerados para daños en 25 metros, pero al disminuir a 10 metros, no hay afectación. Finalmente, para las redes plásticas (PVC-HDPE), existe una proporcional similitud del nivel de afectación, generando una disminución entre el 32% y 34% al disminuir el radio de influencia.

Gráfica 13. Nivel de afectación por materialidad para reclamos



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 14. Tipos de fallas y afectación por infraestructura para reclamos



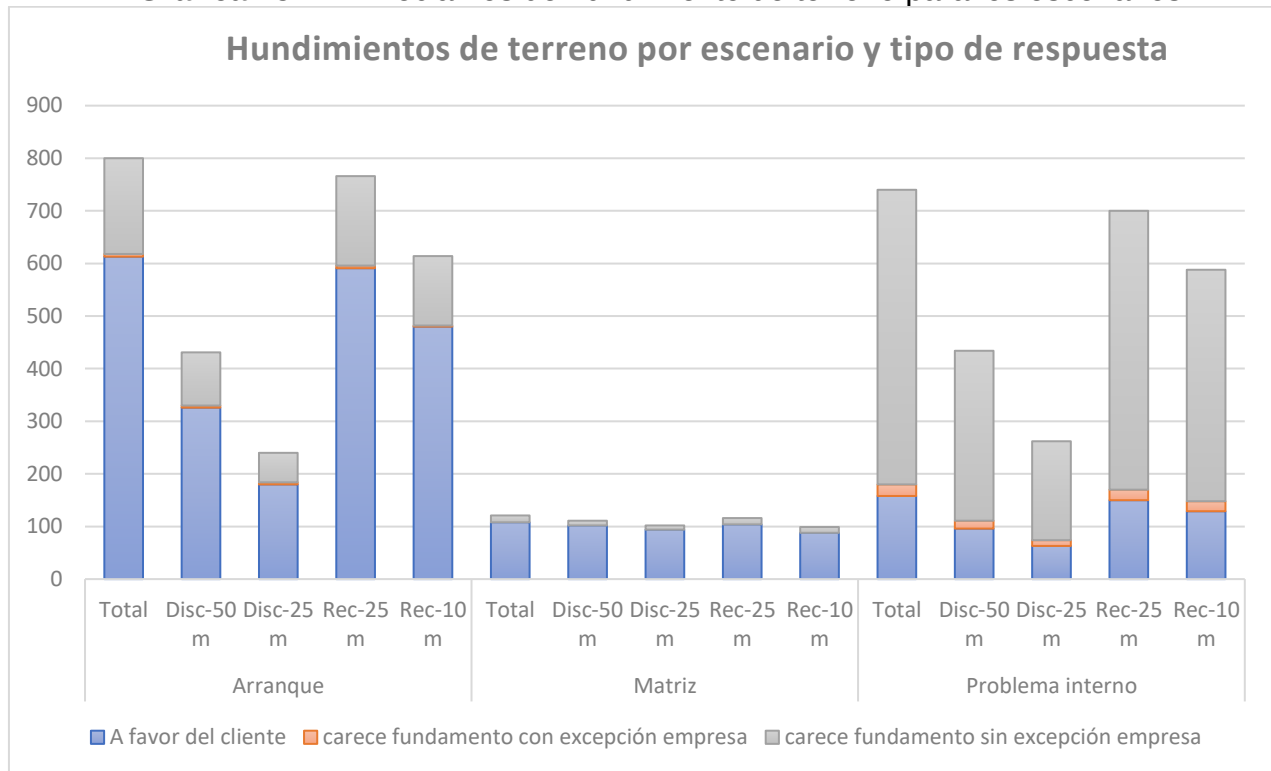
Fuente: Elaboración propia

Respecto a los tipos de fallas contempladas para los denuncios, existe una clasificación definida y que, para efectos de este análisis, solo obedece a problemas en arranques o matrices, puesto que, al considerarse la respuesta favorable al usuario, la afectación es en infraestructura pública. Por ello, para el denuncia “agua en vía pública”, independiente del radio de influencia, todas las fallas están asociadas a matriz. Por otro lado, para el motivo de “problema de arranque sin discontinuidad de servicio”, notoriamente la afectación corresponde al arranque, independiente del radio aplicado. En relación con el denuncia “casa inundada” se mantiene una distribución similar sin importar el radio, donde se atribuye cerca del 65% de responsabilidad a arranques y el resto a matrices. Finalmente, para el motivo “otros asoc a tub matriz estanque ventosas con riesgo”, el comportamiento también es similar pero mayormente atribuible a fallas en matrices (60%), sin importar el radio de análisis.

6.4.3 Reclamos por hundimiento de terreno

Como última parte del análisis, una variable aplicada a todos los escenarios tiene relación con los reclamos por hundimientos de terreno, por lo que, independiente del tipo de fallas de redes sanitarias, se pudo graficar el tipo de respuesta a estos denuncios en cada uno de los casos revisados en Alto Hospicio. Lo anterior, permite evidenciar la importancia de la recepción de estos reclamos para la respectiva vinculación a deficiencias en las redes y concordancias entre los eventos declarados por la empresa sanitaria y las afectaciones indicadas por la población.

Gráfica 15. Reclamos de hundimiento de terreno para los escenarios



Fuente: Elaboración propia

Para este reclamo, existen tres tipos de respuestas, aunque una de ellas, fue eliminada a contar del año 2018, porque es confusa al indicar que “carece de fundamento con excepción empresa”, o sea, no es atribuible a su responsabilidad, sin embargo, se generan alguna compensación. Sin considerar esta respuesta por su poca trascendencia, es posible constatar importantes consideraciones para todos los escenarios, dependiendo del origen de la falla, ya sea por arranque, matriz o red interior.

Si consideramos la matriz, independiente del escenario analizado, la cantidad de reclamos asociados a hundimiento es la misma, señalando que desde 10 a 50 metros es un radio donde la matriz influye en un asentamiento.

Ahora bien, si revisamos lo referido a arranques, independiente del escenario, existe una tendencia favorable al usuario, que en promedio alcanza el 77%, mostrando que, del total de reclamos considerados por hundimiento para el cruce de mapas, casi la totalidad se contempla dentro de un radio de 25 metros para denuncios por filtraciones, sin embargo, para discontinuidades apenas se alcanza un tercio de los registros para igual radio. Lo anterior quiere mostrar la alta influencia que tienen los denuncios por filtraciones en los asentamientos del suelo, en comparación con cortes no programados por fallas de matriz, cuya influencia es media pensando en el escenario de mayor radio.

Finalmente, para los problemas internos, se aprecia una distribución muy similar a la de arranques, con menores brechas entre escenarios y con una similitud del total respecto de los reclamos en 25 metros, que se diferencia cerca de la mitad en relación con discontinuidades del mismo radio de influencia, aunque en estos casos no se atribuye responsabilidad a la empresa. Sin embargo, esta proporción, presenta en promedio un 22% de casos que son favorables al usuario, lo que es contradictorio con la clasificación de problema interior, dado que se corrobora hundimiento, donde la concesionaria no toma responsabilidad y su definición se muestra en favor del cliente, lo que genera confusión y especial atención.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

Tras revisar y analizar los resultados parciales y finales del análisis georreferencial y estadístico de las fallas en la red de agua potable de Alto Hospicio, sumado a los reclamos de usuarios por filtraciones y hundimiento de terreno, se obtuvieron múltiples conclusiones, las que se desarrollarán en este apartado.

En primer lugar, se debe señalar que el objetivo general y los objetivos específicos de esta investigación se lograron concretar. Si bien, este estudio es exploratorio y particular, dada la singularidad que vincula el escurrimiento de agua y la calidad del suelo, se logró abordar y completar con los antecedentes reportados por la empresa sanitaria. No obstante, lo anterior, existe un grado considerable de error, puesto que la información remitida a la Superintendencia tenía incongruencias y estaba incompleta, por lo tanto, se realizó un constante trabajo de depuración para validar los objetivos trazados.

Sobre los apartados, se corroboró que el estado del arte de esta temática es muy pobre a nivel mundial, dado que un bajo porcentaje del suelo es salino y el sistema de la industria sanitaria en Chile, es un modelo utilizado por algunos países, por ende, esa vinculación no es factible en otros lugares. A raíz de ello, existen escasos antecedentes normativos o técnicos que permitan esclarecer algunos puntos no abordados en la investigación. Lo anterior, da pie a un marco teórico novedoso y aplicable con los recursos existentes. Lamentablemente, hay un claro desconocimiento de la calidad del suelo salino y sus características en la región, lo que impidió comparar la zonificación del terreno en base a la zonificación sanitaria obtenida y los resultados respecto de su nivel de daños. En general, la vinculación estadística no entregó correlaciones significativas entre la infraestructura con falla, los resultados parciales entregaron mayor cantidad de análisis para comprender la importancia de distintos escenarios previstos y los diferentes tipos de filtraciones.

Respecto del método Delphi señalado como herramienta para conocer el estado del arte, fue posible aplicar un cuestionario final con resultados obtenidos al mismo panel de expertos. De las preguntas efectuadas, existió total consenso entre los especialistas para mencionar la inaplicabilidad de reparaciones sin corte de suministro en este tipo de suelo, también se definió como principal causal a los daños en redes de HDPE lo relativo a deficiencias en la instalación, aunque se deberían considerar otros antecedentes. Otro tópico en acuerdo es la necesidad de implementar tecnología en la detección de fugas, la generación de daño en tuberías donde se aplica el pinzado y la sugerencia de analizar la posible utilización de PVC para redes en el sujeto de estudio. Sobre las consultas efectuadas relativas al material PPR, a la interpretación de resultados por afectaciones al HDPE y PVC, así como la formación de socavones vinculadas a un tipo de falla particular, hubo

diversidad de criterios desde la perspectiva profesional de cada especialista, donde se aludieron otras variables no contempladas o no precisadas para determinar algo concluyente. El detalle de esta tabulación se encuentra en el Anexo.

Ahora bien, las conclusiones alumbradas en el estudio se pueden agrupar en tres ámbitos o sectores, dada la multiplicidad de factores y actores vinculados. Por ello, se presenta una síntesis de lo obtenido.

7.1 Aspectos normativos

Dentro de las principales consideraciones obtenidas del estudio, se tiene:

- i. No existe normativa robusta ni jurisprudencia a nivel mundial que permita tomar como referencia algún marco legal para el análisis o las exigencias técnicas necesarias.
- ii. Marco normativo chileno para suelo salino vigente a contar del año 2016, con algunas instrucciones previas de la SISS (2009-2013), pero sin aplicación efectiva al prestador sanitario.
- iii. La industria sanitaria es regulada por la SISS, dependiente del MOP, al igual que todas las normas de este ámbito. Al solo existir normativa de suelo salino realizada por el MINVU, no hay ente fiscalizador sobre lo señalado para redes sanitarias.
- iv. Además, la NCh 3394 solo aplica para obras posteriores al año 2016. Toda infraestructura anterior a esa fecha se encuentra desprotegida jurídicamente ante eventos y frente al urbanizador o a la empresa sanitaria.
- v. No existe normativa chilena vinculada a las uniones termofusionadas o electrofusionadas para redes de HDPE, por ende, no hay exigencias sobre la instalación de ese tipo de tubos salvo su calidad. Tampoco se ha adoptado alguna referencia internacional para complementar la NCh398.
- vi. La normativa sanitaria vigente es acotada, antigua y sin excepciones respecto de consideraciones en las distintas localidades, por ende, poco aplicable para la situación de Alto Hospicio.
- vii. La única jurisprudencia SISS existente sobre el tema quedó sin efecto tras última prórroga del decreto tarifario. Solo se consideran los tiempos de atención de emergencias bajo lo señalado en el artículo 122 del D.S. MOP 1199/04.
- viii. Sobre la generación de daños en infraestructura habitacional o pública, la empresa sanitaria solo aplica su responsabilidad social empresarial evaluando caso a caso, sin plazos definidos.
- ix. Para la declaración de información en el protocolo de información instruido por la Superintendencia se define una clasificación para reclamos y eventos, sin embargo, se aprecian criterios cuestionables y contradictorios para la clasificación que aplica la empresa sanitaria.
- x. Todo lo referido a disminución de pérdidas o mejor control de filtraciones no es exigible por la SISS como criterio de eficiencia hídrica, dado que la

definición tarifaria hace económicamente factible mantener ese porcentaje de pérdidas de agua sin modificar tarifas. Normativamente se ha planteado a ANDESS acordar una mejora de este indicador, sin embargo, recién se generó un acuerdo a largo plazo y baja cuantía.

- xi. Pese a lo anterior, los expertos concuerdan en que se debe impulsar la utilización de tecnologías para la detección de fugas en presencia de suelo salino.

En resumen, hay muchas brechas normativas por abordar y poca gestión territorial por el avance en ellas, dadas las consideraciones de la comuna. En lo que respecta a la empresa sanitaria, la oficina regional SISS ha impulsado algunas propuestas e instrucciones para ampliar el rango de aplicabilidad, pero el marco normativo, restringe este avance.

7.2 Ámbito sanitario

Hablando del mundo sanitario y la responsabilidad del prestador por entregar un servicio continuo y de calidad, todos los datos se obtuvieron del autocontrol reportado por la empresa. Asumiendo que la información es fidedigna, se trabajó en los análisis planteados, cuyos resultados de los capítulos anteriores, reflejaron las siguientes conclusiones:

- i. La información del PR013, remitida como autocontrol de las empresas, tiene abundantes errores en digitación, georreferencia, clasificación de fallas, clasificación de reclamos y respuesta de cierre a denuncios.
- ii. Respecto de la información del PR012 (Base de infraestructura) para las características de las redes de agua potable en la localidad, sobre el 56% del total de datos no se encuentran reportados para la variable año de instalación. Lo anterior genera un sesgo importante en el nivel de confiabilidad, ya que contempla la eliminación de toda esa infraestructura del análisis.
- iii. Sobre los mapas de calor individualizados, se aprecia visualmente una alta dispersión sobre los cortes no programados en el período dados los pocos focos de calor, a diferencia de los reclamos por hundimiento de terreno o por filtraciones, donde se abarca gran parte del territorio operacional, siendo más intenso en los denuncios por fallas en arranques.
- iv. Al aplicar distintos radios de influencia sobre las redes de distribución, se generó una relación similar y proporcional para diámetros menores a 200 mm, con una afectación menor entre el 26% y 30% al disminuir el radio. Por otro lado, la diferencia de afectación en cuanto a longitud es distinta dependiendo del material, puesto que para el acero negro se mantiene el nivel de daños, para el asbesto cemento-HDPE es directamente proporcional al radio de influencia, sin embargo, para el PVC y hierro dúctil al duplicarse el radio, la diferencia se acrecienta 3 o 4 veces.
- v. En relación con los tipos de fallas para discontinuidades, se tiene una consideración por cada clasificación. Para las fallas sin suspensión de

servicio, predomina el HDPE por la reparación que implica pinzado (sobre el 85%). Para las fallas en AP, se aprecia que, al disminuir el radio de influencia, solo aplica para asbesto cemento y HDPE. La falla de matriz considera mayoritariamente su vinculación al PVC, aunque al disminuir el perímetro de influencia, se acrecienta la proporción de afectación sobre este material (mayor a 70%). Por último, falla en válvulas no debiera considerarse como tipo de falla atribuible a hundimientos.

- vi. Según lo respondido por los expertos, la falla denominada corte sin suspensión de servicio no debe ser aplicada en Alto Hospicio. De la misma forma, el tipo de reparación utilizado (pinzado) produce daño en la tubería aplastada.
- vii. Para el caso del PVC y HDPE, existe una notoria variabilidad entre los metros dañados y el tipo de evento ocurrido. Para un mismo radio de influencia (25 m), la longitud de redes afectada alcanza al 20% del total para cortes no programados, sin embargo, para denuncios por filtraciones, la longitud llega al 52% del total.
- viii. Si el punto anterior se desglosa por materialidad de tuberías para un mismo radio, en el caso de las discontinuidades, el PVC alcanza un 11% y el HDPE alcanza un 27% de afectación respecto del total. Si se revisa la situación de los reclamos por filtraciones, el PVC alcanza un 50% y el HDPE alcanza un 54% de afectación.
- ix. A raíz de estos resultados, el panel de expertos consultado indica de manera concertada, una de las principales causales de fallas del HDPE tiene relación con las deficiencias en el proceso de instalación de tuberías y uniones.
- x. Para las deficiencias atribuibles a denuncios por filtraciones, se aprecia una similitud proporcional de variabilidad al disminuir el radio de influencia solo para diámetros de 75 y 110 mm, dado que el resto muestra una variación sin tendencia clara.
- xi. Considerando el punto anterior, para la materialidad, la afectación se hace proporcional en tuberías plásticas disminuyendo en torno al 33% junto al radio de influencia, no así para el acero negro, sin variación. Asbesto cemento y hierro dúctil no están considerados al disminuir dicho radio.
- xii. Sobre motivos de filtraciones, existe una clara atribución de ciertas causas a una parte de la infraestructura sanitaria, salvo en “casa inundada” y “otros asociado a tubería, matriz, estanque, ventosas, con riesgo”, donde la proporción es 60-40% para arranque y matriz respectivamente.
- xiii. Del análisis de los reclamos por hundimiento de terreno en todos los escenarios, se presenta un tipo de respuesta confuso, atribuible a infraestructura pública, pero sin responsabilidad asumida por el prestador.
- xiv. Del punto anterior, lo referido a matrices, arranques y problemas internos se presenta una similitud en todos los escenarios revisados, siendo favorable a los usuarios sobre el 90%, el 77% y 22% respectivamente. En lo relativo a redes interiores, este porcentaje en favor de los ciudadanos es contradictorio con la clasificación definida, lo que debiera analizarse y corregirse con la empresa.
- xv. De acuerdo con lo recién señalado, para arranques y problemas internos, se aprecia una alta vinculación de los reclamos por filtraciones respecto del total

- registrado en relación con el mismo radio (25 metros), lo que indica que dicha afectación mayoritariamente se enmarca en ese perímetro.
- xvi. Aplicando el análisis anterior, pero considerando las discontinuidades de servicio, la vinculación para arranques alcanza el 33% y para problemas internos alcanza el 50% dentro del mismo radio.
 - xvii. Respecto del análisis estadístico de los resultados parciales, se obtuvieron distribuciones no normales para todas las variables de las redes (diámetro, longitud, año y material), por ende, se aplicó un análisis no paramétrico.
 - xviii. Por test de bondad del ajuste se buscó una distribución de probabilidad para dichas variables, sin encontrar una función atribuible a estos modelos. Solo la variable longitud, obtuvo una buena aproximación para la distribución Gamma, en el caso de discontinuidades, y distribución Weibull, en el caso de reclamos. Ambas sin significancia estadística pese a la asociación.
 - xix. Todas las correlaciones calculadas para variables cuantitativas y cualitativas mediante el coeficiente Pearson o Spearman, presentan una relación escasa a nula, independiente del origen de la falla en la infraestructura sanitaria.
 - xx. Detallando lo anterior, todas las relaciones con significancia estadística válida implicaban la variable longitud. Como la correlación es casi nula, se puede concluir que esta variable es independiente.
 - xxi. Al revisar las correlaciones con respecto a los radios de influencia, se constató que, a menor radio aplicado, aumentan las correlaciones en todas las combinaciones de variables, alcanzando un grado medio en algunos casos.
 - xxii. Como el estadístico característico de estas variables es la mediana, se apreció similitud de resultados para el diámetro, materialidad y año de instalación, en todos los escenarios.
 - xxiii. En el caso de la prueba Kruskal-Wallis, se obtuvieron similares resultados de acuerdo con cada radio de influencia para una misma condición de falla. Cuando se generó una discontinuidad, la relación longitud-diámetro y longitud-material mantuvieron la prueba de hipótesis, que considera la misma mediana. Sin embargo, para el radio de 25 metros, también se confirmó la prueba de hipótesis en la relación para el diámetro-material.
 - xxiv. Lo anterior, aplicado a reclamos por filtraciones, obtuvo resultados muy distintos. Para el caso de 25 metros, solo se comprobó igualdad de medianas en la relación longitud-material. Para el caso de 10 metros, se corroboró igualdad de medianas para las relaciones diámetro-material, longitud-diámetro y longitud-año.
 - xxv. Para la longitud, se comprobó que, a menor radio de influencia aplicado en el análisis, mayor es la longitud de tubería dañada, independiente del tipo de falla (red o denuncia). Para el radio de 10 metros alcanzó un valor de 50,7 metros y para el radio de 50 metros alcanzó un valor de 33,8 metros.
 - xxvi. Los resultados muestran que la baja correlación obtenida puede ser causada por el carácter aleatorio de los eventos, ya sea por reclamos o por fallas de las redes.

En resumen, se pudo desarrollar el análisis descriptivo y estadístico de la información depurada, constatando que, en la mayoría de las correlaciones entre

las variables características de las redes, existe una baja relación con significancia estadística. Sin duda, las diferencias plasmadas para los niveles de afectación en redes de zonas críticas, deben ser materia de revisión para el fiscalizador puesto que pueden tener relación con la calidad y veracidad de la información reportada.

7.3 Ámbito de planificación territorial

Finalmente, en lo relativo a la planificación, se visualizaron los principales problemas de gestión que existen en el avance y crecimiento de la comuna, a raíz de esta problemática, sin la correcta atención ni el análisis correspondiente. Con la investigación del estado del arte y los resultados vistos, se plantean las siguientes conclusiones:

- i. Es primordial para la planificación, levantar iniciativas y estudios para caracterizar y zonificar el suelo salino de Alto Hospicio, de lo contrario, se seguirá construyendo con desconocimiento del comportamiento del terreno en presencia de agua.
- ii. No se tienen soluciones tipo para controlar filtraciones en redes sanitarias interiores. Tampoco se da una exigencia al respecto en redes sanitarias públicas, por ende, las urbanizaciones se proyectan sin mayores elementos de seguridad ante esta condición.
- iii. Se debe revisar el itemizado técnico regional relativo a los tipos de tuberías a utilizar para proyectos de urbanización, puesto que los expertos concuerdan en que puede evaluar la aplicación de PVC con ciertos resguardos técnicos.
- iv. Con los resultados finales, se puede visualizar una mayor densidad de afectación por cuarteles de presión de la empresa sanitaria, destacando sectores como El Boro y La Negra. Esta zonificación respecto al análisis aplicado puede ser referencia para elementos de protección u atención a la hora de generar proyectos en esos lugares.
- v. Existe un bajo nivel de vinculación entre actores públicos y privados involucrados, cuya organización ocurre para emergencias o problemas sociales, sin un organismo coordinador o responsable dentro de los estamentos de la región.
- vi. Alto Hospicio se desarrolló como comuna en base a las condiciones regulares de los territorios en Chile, sin embargo, no se visualizó la particularidad de la zona.
- vii. Múltiples actores aportan en la urbanización del territorio, sin embargo, el Municipio no tiene la capacidad técnica ni profesional para fiscalizar la infraestructura o los permisos de edificación que se entregan, delegando dicha responsabilidad en el mismo constructor.
- viii. Existe bajo nivel de trabajo con la comunidad por el cuidado del agua e implicancia en el suelo salino. Generalmente, los pobladores aprenden del tema cuando viven una emergencia o la de un familiar, sin vinculación previa.

- ix. Hay un escaso nivel de conciencia respecto al aviso por fugas en las redes públicas. Solo se levantan requerimientos cuando hay una necesidad particular por daños, no como un problema que afecta a la sociedad.

Sin duda, esta investigación va a generar un mayor entendimiento de la situación que vive Alto Hospicio, puede generar conciencia en la población y va a aportar al estado del arte de la temática a través de múltiples iniciativas provenientes de servicios públicos. A nivel profesional, generar un estudio de este tipo, entrega un gran valor a la industria sanitaria donde la SISS intenta abordar una condición, que normativamente es frágil para esta excepcionalidad, junto con generar un aporte técnico a la región, dada las últimas políticas públicas que se están barajando por una ley específica. A nivel personal, se logra una satisfacción por el trabajo desarrollado tras la consecución de los objetivos trazados y el aprendizaje obtenido en el magister de gestión.

Dentro de lo pendiente o complementario en esta investigación, se debe realizar la revisión de los resultados para el caso año a año, de manera que se detallen algunas condiciones que no fueron advertidas por el análisis global, modificando las correlaciones o visualizando situaciones particulares por sectores determinados. Posteriormente se podría actualizar esta investigación, con datos corregidos por la empresa sanitaria y con los datos de los próximos años.

Esta herramienta da sustento a modificaciones normativas o instrucciones a la empresa sanitaria, en el contexto de fiscalizaciones que no se han realizado y que pueden ser sancionables por incumplimiento de obligaciones legales o la entrega de información manifiestamente errónea, complementado con las recomendaciones mencionadas en el capítulo siguiente. En torno a lo anterior, se propone un marco de acción y de trabajo para ser divulgado y atendido por los servicios involucrados.

CAPÍTULO VIII

RECOMENDACIONES

Este apartado tomó el análisis del estado del arte planteado, los resultados parciales y finales junto con las conclusiones para evaluar un plan de acción que se pretende impulsar donde se mencionan propuestas de mejora para la situación que viven los habitantes de la comuna de Alto Hospicio. En particular, el plan de trabajo descrito a continuación pretende abordar dos tópicos centrales para poder controlar y mitigar a tiempo la proliferación de socavones, con una arista técnica y tecnológica donde se propone un paquete de medidas que apuntan al fenómeno y otra arista relacionada a la gestión del recurso hídrico y su gobernanza, como parte de lo aprendido en este magister.

8.1 Recomendaciones técnicas y tecnológicas

Conociendo los resultados de esta investigación y el análisis técnico realizado sobre los hundimientos de terreno en suelo salino producto de filtraciones de agua potable, se generaron ideas que apuntan al control y conocimiento de la situación. Puntualmente, dentro de las conclusiones se señala la inexistencia de información actualizada, desconocimiento del estado del arte, poca bibliografía relativa al tema en el mundo y sobre todo escasos estudios que analizan en profundidad el origen y como se puede controlar. Por lo mismo, se revisó la bibliografía, donde se presentan alternativas viables para la realidad de la localidad, junto con otros avances en materia sanitaria que se pueden abordar, como se detallan a continuación.

- a) Complementar este estudio incluyendo los datos y análisis para la infraestructura de aguas servidas

La situación del suelo salino se hace crítica para cualquier tipo de filtraciones de agua. En este caso se analizó la influencia de las redes de distribución de agua potable, sin embargo, las obstrucciones de la red de recolección, así como los reclamos por obstrucciones en uniones domiciliarias con rebases de aguas servidas o problemas en la cámara domiciliaria también deben generar hundimientos de terreno. Por tanto, se hace importante complementar la presente investigación, replicando el análisis aplicado para aguas servidas, de manera de comparar mayor o menor grado de afectación entre ambas prestaciones.

- b) Solicitar un estudio de caracterización del suelo en Alto Hospicio

Las consideraciones técnicas exigidas a los urbanizadores para las mecánicas de suelo no son suficientes para conocer la condición del suelo salino en distintos sectores de la comuna. Se debe requerir a la autoridad competente que este análisis geotécnico contemple pruebas de carga en terreno y ensayos edométricos como señaló (Olguín, Acevedo, & Foncea, 2004). También se debe exigir la medición del contenido de sal-agua y composición del suelo (índice de vacíos y grado de cristalización) como destaca (Espinoza, 2022), junto con la definición de los tipos de

sales y la influencia del ion común indicado por (Voisin, Erriguible, & Aymonier, 2019). Como refuerzo, es necesario aplicar mediciones sobre la resistividad eléctrica para conocer los perfiles del suelo y su comportamiento en profundidad como realizó (Liu, Li, Liu, Hou, & Nazir, 2024) en China.

- c) Generar un estudio con análisis de alternativas para soluciones en redes interiores.

Respecto a los problemas internos, la normativa sanitaria no exige consideraciones sobre pérdidas de agua. A nivel normativo solo se presentan indicaciones en la NCh3394 (Instituto Nacional de Normalización, 2016) y en el itemizado técnico de Tarapacá (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2013) que tampoco abordan el control de fugas. Por lo anterior, es importante estudiar un grupo de soluciones tipo junto con sus costos asociados, dado que actualmente, cualquier propuesta planteada es evaluada y muchas veces aceptada como innovación, sin analizar ventajas, desventajas ni costo económico.

- d) Acordar con la empresa sanitaria y los urbanizadores un estándar más exigente para la instalación de tuberías de HDPE y la posible utilización de tuberías de PVC.

Actualmente la normativa sanitaria no establece certificaciones ni registros detallados para soldadura de tuberías, solo se refiere a la calidad del material y los tipos de uniones como indicaron (Lay Son, 2024) y (Jorquera, 2024). Dentro del marco legal, no es posible exigir un estándar mayor al normado, pero si se puede acordar con la prestadora la aplicación de algunas medidas sobre sus contratistas para certificarse o la generación de registros del proceso como aplica la industria minera utilizando un tipo de contrato colaborativo (Bravo, 2023). Esto último se puede incorporar en tarifas según el acuerdo que se genere. Dicho estándar puede ser replicado en las exigencias normativas del urbanizador.

- e) Plantear un compromiso en Plan de Desarrollo relativo a eficiencia hídrica (pérdidas) a concesionarias

Hasta el año 2023, el Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria para Alto Hospicio consideraba una glosa relativa a inversiones en suelo salino, lo que fue rebatido y eliminado por la prestadora en la última actualización. Pese a que este era un compromiso puntual, se propone a la SISS, generar un indicador de eficiencia hídrica asociado a pérdidas de red en todas las localidades de Chile con un plan de trabajo a largo plazo y progresivo, pero con compromisos anuales dentro del PD. Como ejemplo se puede considerar lo planteado por el enfoque Six-Sigma (Buchade, Teli, Yakkundi, & Mulgund, 2017) y la metodología mostrada en Guayaquil por (Martínez Solano, Iglesias-Rey, & Molina, 2017).

- f) Incorporar un compromiso en Plan de Desarrollo para la sensorización de la red

Sin duda, esta propuesta puede ser instruida por el regulador y adoptada por la concesionaria bajo las indicaciones tarifarias necesarias. De todas formas, los

sectores de presión en la localidad presentan una variabilidad en extensión y cantidad de usuarios demasiado notoria, dificultando el balance hídrico por cuartel y por consecuencia, la determinación de pérdidas de aguas. Se puede como referencia el modelo planteado por (Porter, 2008), sin embargo, lo ideal es apuntar a una ciudad inteligente dentro de la gestión del agua como señalo en su investigación (Ye, 2020).

g) Mejorar el acuartelamiento y gestión de presiones en la red

Los compromisos del Plan de Desarrollo son anuales y en acuerdo con la concesionaria, por ende, el punto anterior podría dificultar su implementación en el corto plazo. Debido a esto, se puede complementar la propuesta anterior con el acuartelamiento y la gestión de presiones, lo que depende del enfoque de las fiscalizaciones de la Superintendencia y el cumplimiento normativo en cuanto a estos dos temas, situación que a la fecha no se ha abordado.

h) Impulsar la instalación de medidores digitales, como plan piloto para Alto Hospicio

Pese a la iniciativa particular de algunas empresas sanitarias en Chile por instalar estos equipos, no es una exigencia ni requerimiento SISS (Lillo, 2024), sin embargo, se está trabajando en un instructivo de medición digital aplicable a suelo salino por parte de la Superintendencia, donde se solicitará un plan progresivo de modificación de medidores en esta localidad. Esto tendrá implicancias tarifarias, aunque se puede aplicar un ejercicio similar al desarrollado por (Andrades, Astete, & Riquelme, 2024) en una colaboración público-privada que permita la adquisición e instalación de estos equipos con financiamiento compartido y sin costo para los usuarios.

i) Evaluar la modificación del itemizado técnico MINVU y NCh3394 para la instalación de tuberías de PVC

En relación con los resultados de los datos históricos sobre daños y afectaciones a tuberías de HDPE, es importante revisar la normativa sanitaria vigente que se aplica en suelo salino, toda vez que, si no se aborda la propuesta de la letra c, se debe pensar en el uso de la tubería de PVC. A raíz de los comentarios recibidos por el panel de expertos, este es un material totalmente apto para redes sanitarias en Alto Hospicio, fácil de instalar y de probar en operación, y con mejores resultados en cuanto a cantidad de deficiencias. Aunque puede ser técnicamente más frágil, su mayor debilidad tiene relación con la hermeticidad de las uniones y las variaciones de presión en la red (Dawood, Elwakil, Novoa, & Gárate, 2020) lo que puede estudiarse mediante requerimiento de la Superintendencia.

j) Prohibir a la empresa sanitaria, la reparación de tuberías de HDPE con la técnica del pinzado.

Conocida la ductilidad del HDPE, llama la atención los resultados obtenidos en la investigación, donde la mayor cantidad de fallas se dio en estos tubos y, por otro lado, casi la totalidad fue reparada con pinzamiento. Según lo planteado por el panel de expertos, el pinzado afecta las propiedades mecánicas del HDPE (Jorquera,

2024), por lo que debiese reforzarse el punto de falla. No se encontraron estudios que validen estas opiniones, sin embargo, los proveedores también señalan una disminución en el factor de seguridad de las tuberías (Gomez, 2024). Previa recomendación de la industria proveedora, debería instruirse la prohibición de esta reparación en tuberías, de manera que se mejore el estándar para los trabajos sin suspensión de servicio.

8.2 Recomendaciones de gestión

De la mano de las recomendaciones sobre un plan de trabajo técnico para disminuir y mitigar los hundimientos de terreno en suelo salino por de filtraciones de agua potable, se tienen propuestas para la gestión integral del recurso y la gobernanza en torno a esta situación. Existen múltiples actores involucrados con un bajo nivel de asociación, variadas limitaciones normativas, poca cultura sobre el cuidado del agua en la comunidad y un par de propuestas de ley que regulen esta situación, con distintos enfoques, sin contemplar todas las aristas técnicas. Por lo tanto, se intenta avanzar de manera desordenada y al ritmo de cada interesado, lo que es señal inequívoca de una falta de gestión, traducida en constantes aumentos de inversión, sin resultados reales y sin mejoras significativas en el tema.

a) Impulsar la creación de una mesa técnica única sobre suelo salino

Siguiendo la línea de lo recién planteado, no hay un ente u organismo que coordine y reúna a los stakeholders relacionados con el suelo salino, solo iniciativas puntuales o producto de emergencias. Se debe apuntar a conseguir una gestión planificada como indica (Valenzuela, 2023) y la estrategia central tiene que ser la constitución de una mesa técnica única de trabajo, que agrupe a todos los involucrados, que funcione con periodicidad, que este alineada y dirigida por la herramienta de desarrollo del Gobierno Regional de Tarapacá. Sin una definición única de esta gobernanza, seguirá el funcionamiento inorgánico en la reacción a problemas y saldrán proyectos de ley incompletos, lo que al menos debe tener la opinión de todos los actores, siguiendo el rol de una política pública.

b) Proponer la creación de un organismo o servicio de asesoría para obras sobre redes sanitarias interiores

Si bien, cerca del 52% de los reclamos asociados a hundimiento de terreno fueron acogidos por la empresa sanitaria como parte de su responsabilidad, el resto corresponde a problemas en redes internas. Lamentablemente, en conjuntos habitacionales la responsabilidad recae en las administraciones y muchas de las situaciones acontecidas nacen de deficiencias constructivas o de instalación de redes durante la ejecución del proyecto. La SISS no tiene atribuciones en dichos espacios y dependiendo del urbanizador, algunos contemplan una inspección técnica y otros simplemente la obra terminada, lo que genera un vacío en cuanto a la fiscalización para corroborar la instalación de redes interiores. Sin duda, el urbanizador debe considerar dentro del proyecto un servicio de asesoría externo para fiscalizar, específicamente las redes, de manera que se tenga certeza que la formación de un socavón corresponde a problemas operativos.

- c) Actualizar las normativas sanitarias y constructivas vigentes con la incorporación de ajustes relativos al suelo salino

Tanto las normas sanitarias como las constructivas tienen limitaciones respecto a los problemas que genera el suelo salino, dado que en ninguna se plantea una condición de ese tipo. Tanto la Superintendencia como el MINVU deben apuntar a actualizar las normativas existentes en conjunto con el INN, considerando para diseño y ejecución de obras, un apartado con requerimientos específicos para suelo salino. Este será un trabajo a largo plazo, debido a los tiempos que maneja la institución encargada, pero debe realizarse, para crear jurisprudencia al respecto tanto en nuevos como antiguas construcciones.

- d) Generar una instrucción SISS sobre un plan de trabajo de la empresa sanitaria

Pese a que la parte técnica fue recomendada en el apartado anterior, se recomienda que el regulador apunte a un plan de trabajo de mejores prácticas sobre suelo salino. Lo ideal es que sea un acuerdo, dentro de las atribuciones que posee el fiscalizador, donde se contemple un mejor estándar para la instalación del HDPE, las reparaciones aplicadas, los tiempos de atención a la población y una mejora progresiva de la gestión de redes, respecto a acuartelamiento y presiones. Pese a que son propuestas ya mencionadas, lo ideal es englobar estas acciones para que los activos alcancen la vida útil que se costea (Viera, 2023).

- e) Avanzar en instructivo SISS para la medición digital

Siguiendo el hilo anterior, se debe proponer la tramitación de un instructivo SISS relativo a la medición digital, paralelo al antes mencionado. Éste debe plantear las bases y requisitos normativos junto con la exigencia de un plan de trabajo para la implementación de la medición digital en la industria sanitaria. Este documento saldrá hacia las concesionarias en julio de 2024 pero su aplicabilidad comenzará tras las posibles alegaciones que se reciban.

- f) Proponer modificaciones tarifarias para tiempos de atención de reclamos y tipos de tuberías para renovación de redes

Todas las recomendaciones vinculadas a exigencia de obras presentan una implicancia tarifaria como indica el decreto que reglamenta esto (Ministerio de Obras Públicas, 1990). Ya sea la atención de reclamos como la materialidad de las redes renovadas, son variables que entran dentro de un polinomio de cálculo para obtener estos valores. El decreto tarifario vigente en Alto Hospicio fue acordado en 2008, con posteriores prórrogas sin modificaciones que contemple la condición del suelo salino que afecta a las variables mencionadas. Se propone realizar una revisión tarifaria tras exigir menores tiempos de atención de reclamos en esta localidad y considerando que la renovación de redes también permite usar PVC. Dependiendo de los resultados del análisis, se podría incluir esta variable en el próximo estudio tarifario correspondiente al período 2027-2032.

g) Dirigir el foco de fiscalizaciones SISS con respecto a la información del Autocontrol

La oficina regional SISS Tarapacá genera la planificación de su programa de forma anual en base a requerimientos surgidos de denuncios o situaciones con reiteradas deficiencias en la continuidad y calidad de servicio de las localidades. Conforme a los resultados tras el análisis de los antecedentes del PR013 (Superintendencia de Servicios Sanitarios, 2017), se evidenció abundante información errónea, incompleta e incongruente con respecto a motivo y solución. Además, la base de infraestructura considera la variable “año de instalación” mayoritariamente no declarada. Por ello, se recomienda coordinar acciones de fiscalización a nivel regional y nacional para revisar los problemas de entrega de información, sobre las respuestas a reclamos y respecto a la infraestructura de la concesión.

h) Generar instancias comunitarias de educación sobre la gestión del agua

Uno de los mayores problemas en la generación de socavones por filtraciones es el desconocimiento de la normativa existente en la población. Sumado a ello, está la incredulidad de los usuarios respecto de la afectación en infraestructura, dado que existe un poco cuidado del agua, pese a decreto alcaldicio que prohíbe ciertos tipos de riegos y usos del agua, no hay cultura al respecto. Esto se genera básicamente porque no hay organismo estatal ni empresa sanitaria que haga educación hídrica. Dicho esto, se recomienda abordar la gestión del agua desde un punto de vista educativo hacia la ciudadanía de la comuna de forma sistemática. Esta “cultura del cuidado del agua” debe orientarse en el ejemplo sobre la experiencia del viaje de los usuarios como señala (Oliveira, Birrel, & Cain, 2020). Aquí debe haber un compromiso de la concesionaria que a través de su responsabilidad social empresarial genera actividades sistemáticas, en conjunto a otros organismos públicos como SISS, SERVIU, Municipio o GORE. El enfoque de estas acciones apunta a reconocer problemas de filtraciones en su vivienda, al impacto de fugas invisibles, al tipo de actividades con agua escurriendo que se pueden realizar en vía pública y por sobre todo, el cuidado del recurso hídrico dada su escasez.

CAPÍTULO IX

BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

- Andrades, E., Astete, E., & Riquelme, C. (2024). *Interrogante 14: Innovación y gestión de proyectos*. Santiago.
- Ang, A., & Tang, W. (2006). *Probability concepts in engineering: emphasis on applications to civil and environmental engineering*. Wiley.
- Bravo, M. (2023). Modelos de entrega de proyectos y formas de contrato. *Innovación y gestión de proyectos*. Santiago.
- Buchade, G., Teli, S., Yakkundi, V., & Mulgund, G. (2017). A six sigma approach to water savings. *Environmental management and sustainable development*, 1-4.
- Buttafuoco, G., Castrignano, A., Busoni, E., & Dimase, A. (2005). Studying the spatial structure evolution of soil water content using multivariate geostatistics. *Journal of hidrology*.
- Cámara de Diputadas y Diputados. (23 de noviembre de 2023). www.camara.cl. Obtenido de <https://www.camara.cl/cms/alcalde-de-alto-hospicio-expuso-el-problema-de-los-socavones-en-su-zona/>
- Cheng, L., Pan, P., Sun, Y., Zhang, Y., & Cao, Y. (2023). A distributed fibre optic monitoring method for ground subsidence induced by water pipeline leakage. *Optical Fiber Technology*, 1-14.
- Chohan, I., Ahmad, A., Sallih, N., Bheel, N., Ali, M., & Deifalla, A. (2023). A review on life cycle assessment of diferent pipeline materiales. *Engineering*.
- Climate data. (Marzo de 2022). <https://es.climate-data.org>. Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/chile/i-region-de-tarapaca/alto-hospicio-877009/>
- Dawood, T., Elwakil, E., Novoa, H., & Gárate, J. (2020). Pressure data-driven model for failure prediction of PVC pipelines. *Engineering failure analysis*.
- Edición Cero. (30 de Agosto de 2023). <https://edicioncero.cl>. Obtenido de <https://edicioncero.cl/2023/08/los-socavones-olvidados-que-afectan-a-5-mil-familias-en-alto-hospicio-crean-comision-porque-problema-tambien-afecta-a-otras-comunas-del-norte/>
- Espinoza, J. (2022). *Estudio de asentamiento por efectos de disolución de sales en arenas limosas compactadas*. Santiago: Universidad de Chile.

- Fernández, A. (2001). El balance scorecard: ayudando a implantar la estrategia. *Revista de antiguos alumnos del IESE*, 32-42.
- Flores, R. (2022). Análisis y gestión de series de tiempo de datos hidrometeorológicos. *Evaluación de recursos*. Santiago.
- Gainza, R. (2021). *Suelos salinos de la ciudad de Arica: Geología y geotecnia*. Santiago: Universidad de Chile.
- Gobierno Regional de Tarapacá. (13 de noviembre de 2023). [www.goretarapaca.gov.cl](https://www.goretarapaca.gov.cl/gobierno-de-tarapaca-financia-historica-cifra-para-mitigar-suelos-salinos-en-alto-hospicio/#:~:text=Gobierno%20de%20Tarapac%C3%A1%20financia%20hist%C3%B3rica%20cifra%20para%20mitigar%20suelos%20salinos%20en%20Alto%20Hospicio). Obtenido de <https://www.goretarapaca.gov.cl/gobierno-de-tarapaca-financia-historica-cifra-para-mitigar-suelos-salinos-en-alto-hospicio/#:~:text=Gobierno%20de%20Tarapac%C3%A1%20financia%20hist%C3%B3rica%20cifra%20para%20mitigar%20suelos%20salinos%20en%20Alto%20Hospicio>
- Gómez, C. (2023). Gestión de riesgos y PSA. *Riesgos y conflictos en la gestión de recursos*. Santiago.
- Gomez, O. (14 de marzo de 2024). Aspectos técnicos de redes sanitarias en suelo salino. (E. Andrades, Entrevistador)
- Grigg, N. (2015). Management tools to optimize pipeline longevity. *American Water Works Association*, 40-50.
- Hao-Jie, L., Hong-Hu, Z., Hai-Ying, W., Bao, Z., & Bin, S. (2022). Experimental investigation on pipe-soil interaction due to ground subsidence via high-resolution fiber optic sensing. *Tunneling and underground space technology*.
- Hosein Ebrahimi, A., Mehdi Mortaheb, M., Hassani, N., & Taghizadeh-yazdi, M. (2022). A resilience-based practical platform and novel index for rapid evaluation of urban water distribution network using hybrid simulation. *Sustainable cities and society*.
- IDIEM. (2010). *Lineamientos para determinación de colapsabilidad de suelos por disolución de sales*. Santiago.
- IDIEM. (2012). *Estudio de mecánica de suelos: Zonificación de suelos según salinidad y excavabilidad, ciudades de Alto Hospicio y Arica*. Santiago.
- Ilustre Municipalidad de Alto Hospicio. (Noviembre de 2001). www.maho.cl. Obtenido de <https://www.maho.cl/transparencia/transparencia2022/plan-regulador-municipal/>
- Ilustre Municipalidad de Alto Hospicio. (1 de septiembre de 2021). <https://maho.cl>. Obtenido de <https://maho.cl/web2/analizan-situacion-de-socavones-en-la-comuna/>

- Instituto Nacional de Estadísticas. (2008). Código de buenas practicas de las estadísticas chilenas. Santiago.
- Instituto Nacional de Normalización. (2016). *Suelo Salino-Requisitos geotécnicos y de instalaciones sanitarias para diseño y ejecución de obras*. Santiago.
- Johns, E., & Carvallo, C. (2023). Gestión de calidad total y excelencia operacional. *Eficiencia hídrica*. Santiago.
- Jorquera, P. (14 de Mayo de 2024). Aspectos técnicos de redes sanitarias en suelo salino. (E. Andrades, Entrevistador)
- La Caille, D. (5 de marzo de 2024). Aspectos técnicos de redes sanitarias en suelo salino. (E. Andrades, Entrevistador)
- La Tercera. (7 de junio de 2015). www.latercera.com. Obtenido de <https://www.latercera.com/noticia/las-casi-mil-casas-de-alto-hospicio-amenazadas-por-socavones/>
- Lay Son, S. (7 de marzo de 2024). Aspectos operativos de redes sanitarias en suelo salino. (E. Andrades, Entrevistador)
- Lee, J., Zeng, W., Lambert, M., Hilditch, T., & Gong, J. (2023). Fatigue analysis of metallic-plastic-metallic systems: a numerical study. *Engineering*.
- Lillo, C. (4 de marzo de 2024). Aspectos normativos de redes sanitarias en suelo salino. (E. Andrades, Entrevistador)
- Liu, Y., Li, F., Liu, H., Hou, Y., & Nazir, N. (2024). Mechanical study and application of coupling relationship between water-salt-resistivity-soil structure in saline soils in arid and semi-arid areas of northwest China. *Environmental research*.
- Madrid-Aris, M. (2023). Economía y política de regulación. *Gobernanza y economía del agua*. Santiago.
- Madrid-Aris, M. (2023). Tarifas en la práctica para el sector sanitario. *Gobernanza y economía del agua*. Santiago.
- Martínez Solano, F., Iglesias-Rey, P., & Molina, S. (2017). Simultaneous calibration of leakages demands and losses from measurements. Application to the Guayaquil network (Ecuador). *Procedia engineering*, 397-404.
- Martin-Vide, J. (2023). El agua en los objetivos del desarrollo sustentable. *Gestión y planificación de los recursos hídricos*. Santiago.
- Meteoblue. (Diciembre de 2015). <https://www.meteoblue.com>. Obtenido de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/alto-hospicio_chile_3899887

- Ministerio de Obras Públicas. (1988). *Decreto con Fuerza de Ley 70*.
- Ministerio de Obras Públicas. (1990). *Decreto 453: Aprueba el reglamento del decreto con fuerza de ley N°70 de 1988, que establece la fijación de tarifas de servicios de agua potable y alcantarillado*.
- Ministerio de Obras Públicas. (2004). *Decreto 1199: Aprueba el reglamento de las concesiones sanitarias de producción y distribución de agua potable y de recolección y disposición de aguas servidas y de las normas sobre calidad de atención a los usuarios de estos servicios*.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2013). *Itemizado técnico de construcción para proyectos a emplazarse en suelos con contenido de sales solubles*. Iquique.
- Nasiri, S., & Khosravani, M. (2023). Failure and fracture in polyethylene pipes: overview, prediction methods and challenges. *Engineering failure analysis*.
- Olguín, R., Acevedo, P., & Foncea, C. (2004). *Suelos salinos del norte de Chile parte III*. Santiago.
- Olguín, R., Acevedo, P., & Foncea, C. (2004). *Suelos salinos del norte de Chile, parte I*. Santiago.
- Olguín, R., Foncea, C., & Acevedo, P. (Noviembre de 2004). Suelos salinos del norte de Chile II. *V Congreso chileno de ingeniería geotécnica*. Santiago.
- Oliveira, L., Birrel, S., & Cain, R. (2020). Journey mapping from crew's perspective: Understanding rail experiences. *Applied ergonomics*, 1-9.
- Ossai, C. (2020). Corrosion defect modelling of aged pipelines with a feed-forward multi-layer neural network for leak and burst failure estimation. *Engineering failure analysis*.
- Ottone, F. (2023). Gestión de redes en empresas sanitarias. *Gestión de redes*. Santiago.
- Palma, A. (2023). Gestión de clientes. *Gestión de clientes*. Santiago.
- Pietrucha-Urbanik, K. (2015). Failure analysis and assessment on the exemplary water supply network. *Engineering failure analysis*.
- Porter, M. (2008). ¿Qué es la estrategia? En *Harvard Business Review* (págs. 1-21).
- QGIS. (marzo de 2024). *QGIS desktop 3.28 user guide*.
- Radio Cooperativa. (23 de octubre de 2023). <https://cooperativa.cl>. Obtenido de <https://cooperativa.cl/noticias/pais/region-de-tarapaca/mas-de-1-500->

familias-estan-afectadas-por-socavones-en-alto-hospicio/2023-10-23/132158.html

- Rebiai, F., & Guettala, A. (2023). Analysis of building failure associated with water seepage into gypsiferous soils in an arid area located in the northwestern town of Ouled Djellal (Algeria). *Engineering failure analysis*, 1-33.
- Schouwenaars, R., Jacobo, V., Ramos, E., & Ortiz, A. (2007). Slow crack growth and failure induced by manufacturing defects in HDPE-tubes. *Engineering failure analysis*.
- Sernageomin. (2014). *Información geológica de la comuna de Alto Hospicio. Geología y suelos salinos*.
- Shahin, A., Barsoum, I., & Korkees, F. (2021). Analysis of a HDPE flanged connection with a time and temperature dependent constitutive behavior. *Pressure vessels and piping*.
- Statista. (Abril de 2023). <https://es.statista.com/>. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/635379/paises-con-el-indice-de-crecimiento-demografico-mas-alto-en/>
- Suarez, R., & Trujillo, R. (2022). Tecnología de percepción remota para la gestión de recursos hídricos. *Evaluación de los recursos*. Santiago.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2017). *Indicadores de calidad de servicio (PR013001)*.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2020). *Política estratégica nacional para la reducción del riesgo de desastres en el sector sanitario 2020-2030*. Santiago.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios. (27 de Diciembre de 2023). www.siss.gob.cl. Obtenido de <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6432.html>
- Superintendencia de Servicios Sanitarios. (27 de Diciembre de 2023). www.siss.gob.cl. Obtenido de <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6332.html>
- Tafsirojjaman, T., Manalo, A., Tien, C. M., Wham, B., Salah, A., Kiriella, S., . . . Dixon, P. (2022). Analysis of failure modes in pipe-in-pipe repair systems for water and gas pipelines. *Engineering failure analysis*, 1-26.
- Televisión Nacional de Chile. (16 de junio de 2021). www.24horas.cl. Obtenido de <https://www.24horas.cl/regiones/tarapaca/alto-hospicio-casas-en-riesgo-de-derrumbe-por-socavones-4829288>

- Valenzuela, L. (2023). Planificación estratégica e implementación de estrategias. *Planificación y gestión estratégica*. Santiago.
- Viera, O. (2023). Gestión de activos en industria sanitaria. *Sistema de gestión*. Santiago.
- Voisin, T., Erriguible, A., & Aymonier, C. (2019). Influence of multiphasic systems on salt(s) solubility in supercritical water: the case of NaCl and Na₂SO₄. *The journal of supercritical fluids*.
- Walpole, R., Myers, R., & Myers, S. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Pearson.
- Wu, Y., You, X., & Zha, S. (2020). Mechanical behavior analysis of buried polyethylene pipe under land subsidence. *Engineering failure analysis*.
- Wu, Y., You, X., & Zha, S. (2021). Investigation of mechanical behavior analysis of buried DN110 polyethylene pipe with a scratch defect under land subsidence. *Engineering failure analysis*.
- Ye, L. (2020). Study on embedded system in monitoring of intelligent city pipeline network. *Computer communications*, 451-458.
- Zhang, Y., Jiang, N., Zhou, C., Yao, Y., & Hu, Z. (2023). Mechanical behaviors and failure mechanism of HDPE corrugated pipeline subjected to blasting seismic wave. *Alexandria engineering journal*.

CAPÍTULO X

GLOSARIO Y ACRÓNIMOS

A

Aguas del Altiplano. Empresa que ostenta la concesión sanitaria de la localidad de Alto Hospicio y toda la región de Tarapacá

ANDESS. Asociación Nacional de Empresas Sanitarias

AP. Agua potable

C

Correlación. Tipo de relación estadística que vincula dos o más variables y señala grado de dependencia entre las variables

cuarteles. Sectores donde se subdivide la alimentación del agua potable o un sector regido por la misma presión

D

Discontinuidades de servicio. *Clasificación de cortes de agua potable*

G

GORE. Gobierno Regional

H

HDPE. Tubería de Polietileno

hidrocolapso. Falla provocada en el suelo por excesiva presencia de agua

hipótesis nula. Supuesto estadístico que se toma para validar o rechazar una condición entregada por los datos

I

IDIEM. Instituto de investigación, desarrollo e innovación de estructuras y materiales

INE. Instituto Nacional de Estadísticas

INN. Instituto Nacional de Normalización

M

mapas de calor. Mapas que relacionan la densificación de un fenómeno por cercanía geográfica

Minitab. Software para análisis estadístico

MINVU. Ministerio de Vivienda y Urbanismo

MOP. Ministerio de Obras Públicas

P

PD. Plan de desarrollo de empresa sanitaria

PR. Protocolo de información reportado por la empresa sanitaria de forma periódica en torno al proceso de autocontrol

PR012. Protocolo de información sobre nueva base de infraestructura

PR013. Protocolo de información sobre indicadores de calidad de servicio

PTAS. Planta de tratamiento de aguas servidas

Q

QGIS. Software de aplicación geográfica

R

radio de influencia. Périmetro donde se proyecta afectación a redes sanitarias y se contempla algún reclamo por hundimiento de terreno

RPV. Relación de índice de vacío

S

SERVIU. Servicio de Vivienda y Urbanismo

significancia estadística. juicio sobre la posibilidad de tener un resultado debido a la casualidad. Cuando un resultado es estadísticamente significativo, nos referimos a que es poco probable que se produzca por aleatoriedad

SISS. Superintendencia de Servicios Sanitarios

socavón. Hundimiento de terreno

suelo salino. Suelo cuyo contenido de sal supera el 3% del total (Chile)

Z

zonificación sanitaria. Definición de zonas críticas
conforme a los indicadores generados en este estudio

y que señalan cuarteles de presión con mayor
reiteración de afectación

CAPÍTULO XI

ANEXOS

Debido a la envergadura de la investigación, se generó un capítulo de anexos, donde se aprecia en detalle el trabajo bibliográfico sobre el estado del arte y una planilla Excel con un resumen de las principales ideas rescatadas. Dado que finalmente se plantearon cuatro escenarios de análisis, con dos cruces de mapas para dos radios de influencia en software QGis, existen muchos mapas anuales que muestran los cambios año a año. De dichos cruces, se generaron resultados parciales, resumidos en tablas dinámicas y una base depurada de datos que se utilizó en el software Minitab.

Para mayor aclaración, se incluye un listado de anexos relativos a la descripción indicada:

- Anexo 1.A: Fichas bibliográficas
- Anexo 1.B: Fichas de clases
- Anexo 1.C: Entrevista a expertos
- Anexo 2: Excel bibliográfico
- Anexo 3: Cruce mapas discontinuidades-hundimientos por año 25-50m
- Anexo 4: Cruce mapas filtraciones-hundimientos por año 25-10m
- Anexo 5: Análisis parcial para radio de influencia 25 m
- Anexo 6: Sensibilización para radios de influencia (50m-10m)
- Anexo 7: Análisis estadístico descriptivo e inferencial
- Anexo 8: Tabulación formulario de expertos

Anexo 1

Anexo 1.A. Fichas Bibliográficas

Anexo 1.B. Fichas Clases

Anexo 1.C. Entrevistas Expertos

Anexo 1.A. Fichas Bibliográficas

FICHA 1	TIPO de lectura (Complementaria)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2020). “ <i>POLITICA ESTRATÉGICO NACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN EL SECTOR SANITARIO 2020-2030</i> ”. www.siss.gob.cl/articles-9353_Plan_Estrategico
Palabras claves:	Fortalecimiento institucional; objetivos estratégicos; acción; metas; infraestructura sanitaria crítica.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) Generar y disponer bajo estándares comunes, data e información espacial y estadística, relacionada a la gestión integral del riesgo de desastre. (eje 1) 2) Desarrollar herramientas para modelación de escenarios de afectación e impacto por desastres o catástrofes para el sector sanitario (eje 1) 3) Renovar marco normativo y reglamentario para la gestión del riesgo de desastres en el sector sanitario (eje 2) 4) Desarrollo de herramienta informática que permita obtener indicadores con objeto de cuantificar riesgo, para poder llevar a cabo fiscalización en base a evidencia (eje 2) 5) Implementar medidas estructurales para reducir la vulnerabilidad física de infraestructura sanitaria crítica y/o estratégica (eje 3) 6) Definir metodología de análisis de riesgos para infraestructura sanitaria existente, que considere el análisis de amenazas, vulnerabilidades y capacidad de recuperación estimada (eje 3)
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Orientar y alinear objetivos estratégicos del plan nacional RRD en el sector sanitario con objetivos de la tesina • Proponer metas para validar el avance y seguimiento en la gestión de riesgo de desastres del sector sanitario. • Avalar y respaldar propuesta de tesina con acciones estratégicas sin avance en la SISS.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	METAS • Indicadores en protocolos de información • Diagnóstico de vulnerabilidad de infraestructura crítica • Metodologías de análisis de riesgos, vulnerabilidades y capacidad de recuperación

FICHA 2	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Decreto 1199, APRUEBA REGLAMENTO DE LAS CONCESIONES SANITARIAS DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE Y DE RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN DE AGUAS SERVIDAS Y DE LAS NORMAS SOBRE CALIDAD DE ATENCIÓN A LOS USUARIOS DE ESTOS SERVICIOS. (2004) https://bcn.cl/2kcml
Palabras claves:	Calidad de servicio; tarifas; emergencias; usuarios; prestador; procedimiento especial.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Los usuarios, conforme a las tarifas calculadas, no podrán exigir condiciones de calidad superiores a las establecidas, salvo compromiso escrito celebrado entre el prestador y los usuarios. En este último caso, el prestador no podrá afectar la calidad de servicio del resto de los usuarios.” 2) “Toda solicitud de atención, ya sea bajo la forma de consulta, solicitud o reclamo presentada por el usuario, relativa a la prestación de servicios, deberá ser atendida por la concesionaria, dando una respuesta oportuna e informada, con todos los antecedentes del caso” REDACCIONES PROPIAS 3) Las concesionarias deben tener un procedimiento de atención de emergencias de acuerdo con estándares de cumplimiento que son públicos.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Conocer el marco legal y normativo sobre el que actúan las concesiones sanitarias en Chile. • Investigar artículos sobre la calidad de la atención a los usuarios y de la prestación de servicios de agua potable. • Reconocer los derechos y prohibiciones de los usuarios, amparados por ley, sobre la prestación de servicios. • Reconocer las potestades legales que posee la Superintendencia de Servicios Sanitarios para la fiscalización frente a la atención de emergencias
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Artículo 91° • Artículo 93° • Artículo 120° • Artículo 122° • Oficio SISS N°3459-2008

FICHA 3	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Instituto Nacional de Normalización. (2016). <i>SUELO SALINO – REQUISITOS GEOTÉCNICOS Y DE INSTALACIONES SANITARIAS PARA DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS</i> (NCh 3394:2016)
Palabras claves:	Suelo salino; asentamiento; electrofusión; exploración; instalaciones sanitarias; sales solubles; termofusión; tuberías; mecánica de suelos; ensayos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “En el caso de un suelo salino, la caracterización clásica o tradicional del suelo a través de propiedades índices no permite visualizar complejidades geomecánicas de estos materiales.” 2) “La red de tuberías de agua potable debe ser capaz de mantener la estanqueidad del sistema, aun ante pérdidas locales de sustentabilidad del suelo donde se apoyen los ductos” REDACCIONES PROPIAS 3) Caracterización geotécnica se debe establecer el perfil de salinidad y la evaluación de la colapsabilidad 4) Se considera suelo salino cuando las sales solubles presentes en una muestra superen el 3% respecto del volumen total
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Determinar las condiciones mínimas de exploración geotécnica para analizar un suelo potencialmente salino y sus consideraciones para realizar ensayos. • Conocer ensayos particulares de suelo salino aplicadas in situ y en laboratorio. • Vincular los requisitos exigidos para diseño y construcción para redes de agua potable en suelo salino con respecto a toda la normativa sanitaria vigente. • Vincular los requisitos exigidos para diseño y construcción para redes de aguas servidas en suelo salino con respecto a toda la normativa sanitaria vigente.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Ensayo de colapso por inundación • Requisitos constructivos para tuberías de HDPE y arranques (AP) • Requisitos constructivos para tuberías de HDPE y uniones domiciliarias (AS) • Anexo C
FICHA 4	TIPO de lectura (Fundamental)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2013). <i>ITEMIZADO TÉCNICO DE CONSTRUCCIÓN PARA PROYECTOS A EMPLAZARSE EN SUELOS CON CONTENIDOS DE SALES SOLUBLES</i> .
Palabras claves:	Requisitos técnicos; alternativas constructivas; impermeabilización; fundaciones profundas; proyectos de agua potable; proyectos de aguas servidas
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “No se aceptarán materiales de PVC” 2) “Las cañerías de agua potable en el interior de la vivienda y en el perímetro inmediato de ésta deberán estar siempre sobre radier” 3) “Los materiales de relleno deben cumplir con un contenido de sales solubles totales inferior a 3%.” REDACCIONES PROPIAS 4) Se añade itemizado técnico regional como complemento al documento nacional, con nuevas especificaciones tras la publicación de la NCh3394.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Comprender la aplicación de exigencias técnicas adicionales a las exigidas por normativa sectorial • Diferencias los requerimientos definidos para redes públicas de agua potable y alcantarillado respecto de redes domiciliarias • Visualizar las indicaciones técnicas requeridas para infraestructura sanitaria en suelo salino, sin contemplar acciones sobre lo existente. • Compilar requisitos y medidas de control que mitiguen daños inferidos a estructuras por filtraciones de agua en terrenos salinos.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura 5 • Figura 6 • Figura 7 • Resolución exenta N°1006-2017 (Región de Tarapacá)
FICHA 5	TIPO de lectura (Específica)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Investigación, desarrollo e innovación de estructuras y materiales, IDIEM. (2012, 15 de junio). <i>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS ZONIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SALINIDAD Y EXCAVABILIDAD, CIUDADES DE ALTO HOSPICIO Y ARICA</i> . https://plataforma.idiem.cl/#/ingreso (Informe N°751.539)
Palabras claves:	Zonificación; salinidad; excavabilidad; Arica; Alto Hospicio; Aguas del Altiplano
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “En la zona de Alto Hospicio se encontró que los puntos analizados poseen un alto contenido de sales, por sobre el 5% de acuerdo a la escala de clasificación propuesta. Esto va de la mano con la dureza, puesto que los mismos puntos se clasifican como IV a V en la escala de dureza propuesta.” REDACCIONES PROPIAS 2) Existen condiciones prácticamente invariables en los suelos de Alto Hospicio, con la misma clasificación en todos los puntos muestreados. 3) De esta primera etapa, se tiene más información sobre la localidad de Arica. Lo existente de Alto Hospicio es poco representativa respecto a la superficie de la comuna.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Analizar la investigación realizada para generar zonificación de localidades en el norte, en base a información disponible de la empresa sanitaria • Revisar resultados de zonificaciones sobre antecedentes recopilados, sin exploraciones geotécnicas en los lugares estudiados • Generar una primera percepción sobre los resultados obtenidos para Alto Hospicio respecto de salinidad y excavabilidad. • Reconocer la relación directa entre la cantidad de sales y la dureza existente en los suelos de Alto Hospicio
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Anexo A: Plano de zonificación salina • Tabla N°1: Clasificación de suelos • Anexo B: Plano de zonificación por excavabilidad • Tabla N°2: Clasificación de suelos
FICHA 6	TIPO de lectura (Fundamental)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2017). <i>"INDICADORES DE CALIDAD DE SERVICIO (PR013001)"</i> “. www.siss.gob.cl/articles-7870_recurso_34
Palabras claves:	Protocolo de información; atributos; campos; continuidad; orden de trabajo; código cuartel; tipo falla; falla sin suspensión; punto de control de presión; reclamos; hundimiento de terreno; compensación por daños.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	REDACCIONES PROPIAS 1) Con oficio SISS se inicia la utilización de la plataforma SINAR, con información mensual a contar de enero 2017. 2) La clasificación de reclamos es un proceso de autocontrol que comienza su clasificación desde el canal de ingreso de comunicación entre el usuario y la empresa, que puede ser interpretable por el operador. 3) Los reclamos a revisar dentro de la base de datos corresponderán al código de clasificación 400, 500 y 800.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Reconocer la capacidad y funcionamiento fiscalizador de la Superintendencia frente a las deficiencias de continuidad y calidad de los servicios AP y AS, así como también para la atención de reclamos y emergencias. • Comprender los datos cargados como autocontrol en el PR013001 y su codificación. • Revisar la clasificación de fallas para redes de agua potable y aguas servidas • Revisar la clasificación de reclamos junto con los motivos y definición de requerimiento por parte de la empresa sanitaria
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Definiciones de cada concepto a completar en PR013001 • Tabla de clasificación de tipos de fallas AP • Tabla de clasificación de tipos de fallas AS • Tabla de clasificación de materialidad de tuberías • Tabla de clasificación de reclamos • Tabla de subclasificación motivo y diagnóstico de reclamos • ORD. SISS N°279-2017
FICHA 7	TIPO de lectura (Fundamental)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Espinoza, J. (2022). <i>ESTUDIO DE ASENTAMIENTO POR EFECTO DE DISOLUCIÓN DE SALES EN ARENAS LIMOSAS COMPACTADAS</i> . (Tesis de magíster, Universidad de Chile). Repositorio Uch. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/185945
Palabras claves:	Análisis bibliográfico; depósitos salinos; geomorfología; disolución; sales solubles; cristalinidad; solvente; modelo de fase de suelo salino; cementación; suelos compactados; contenido de finos; índice de vacíos; granulometría; infiltración; conductividad hidráulica
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “La diferencia de solubilidad de estos compuestos está dada por las diferentes afinidades entre solutos y solventes, lo que determina la capacidad de realizar la disolución” 2) “Las características de la sal que tienen mayor incidencia corresponden a su composición y grado de cristalización, por lo que ambas características deben ser consideradas en la elección de material y el proceso de confección REDACCIONES PROPIAS 3) Al aumentar salinidad, disminuye la densidad seca. Al aumentar la densidad seca, disminuye el potencial de colapso. 4) La densidad y el proceso de compactación tiene alta incidencia en el colapso, sin embargo, se deben analizar otras variables como la cristalización, el solvente, el tiempo de exposición, la granulometría, eventos dinámicos, etc
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Estudiar los efectos de los colapsos producidos por disolución de sales en suelo salinos a diferentes salinidades • Analizar la variación de colapso del suelo salino ante filtraciones con agua • Entender la composición química de las sales existentes en el suelo y su variabilidad de comportamiento en presencia de agua • Aplicar los conocimientos técnicos y geológicos sobre suelos salinos en un ejemplo con muestreos de terreno y la aplicación de ensayos normados. • Correlacionar variables geotécnicas o propiedades del suelo para conocer comportamiento del suelo salino ante infiltraciones.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Tabla 3.1 • Figura 3.8 y 3.9 • Ecuación de deformación vertical y variación de índice de vacíos • Figura 5.9 y 5.10 • Figura 5.29 • Figura 5.36 • Figura 5.38 • Coeficiente Pearson
FICHA 8	TIPO de lectura (Complementaria)

Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Hosein Ebrahimi, A.; Mehdi Mortaheb, M.; Hassani, N.; & Taghizadeh-yazdi, M. (2022). A RESILIENCE-BASED PRACTICAL PLATFORM AND NOVEL INDEX FOR RAPID EVALUATION OF URBAN WATER DISTRIBUTION NETWORK USING HYBRID SIMULATION. <i>Sustainable cities and society</i> , 82, 1-12.
Palabras claves:	Sostenibilidad; Resiliencia sísmica; 4C del índice de resiliencia (integral, conciso, comprensión, comparable); presión de servicio; importancia de nodo
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	REDACCIONES PROPIAS 1) Hasta donde sabemos, no existe consenso sobre la definición y el método de evaluación de la resiliencia de la infraestructura, por lo que algunas investigaciones revisaron el artículo existente en el campo de la resiliencia y algunos revisaron los puntos y visiones de la resiliencia de la RMD. 2) Se generó un índice sencillo que es capaz de cuantificar el desempeño de la red tras un terremoto en base al enfoque de riesgos, validado por expertos. 2) El software REWAT permite evaluar bajo elementos de simulación hidráulica y la simulación de eventos discretos, creando una herramienta potente y validada para medir resiliencia.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Comprender el análisis de resiliencia sísmica teniendo como foco central a las tuberías • Generar una ecuación que simule el desempeño de la red en torno a la presión e importancia del nodo • Explicar la creación e implementación del software REWAT, con supuestos, insumos, proceso y variables de salida, de fácil entendimiento y comprensión. • Definir estrategias de verificación y validación del modelo (plataforma) frente a datos reales o históricos. • Orientar dos posibles mejoras de los indicadores de resiliencia contemplados la renovación de redes y los costos asociados. • Cuestionar posibles efectos o implicancias de los fenómenos sísmicos dentro de la afectación en redes del suelo salino, tomando el modelo de resiliencia señalado.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Revisar modelo de fallas aplicado en Japón y Estados Unidos basado en aceleración máxima del suelo, materialidad y diámetros (Sadr Al Sadati) • Función de desempeño de la red validada (ecuación 6) • Software REWAT • Curvas de resiliencia y su ajuste estadístico (Figura 4)

FICHA 9	TIPO de lectura (Complementaria)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Decreto con fuerza de ley 70. (1988) https://bcn.cl/2ylki
Palabras claves:	Tarifas; tasa costo capital; servicio de distribución; decreto tarifario; aportes financieros reembolsables
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Las fórmulas tarifarias a que hace referencia el artículo 2, tendrán un período de vigencia de cinco años, salvo que dentro del plazo comprendido entre los 14 y los 17 meses anteriores al término del referido período tarifario, haya acuerdo entre el prestador y la Superintendencia de servicios sanitarios.” 2) “En el caso que sea necesario determinar tarifas para nuevas prestaciones, o para componentes adicionales de una prestación, las tarifas que se determinen de acuerdo al procedimiento señalado en esta ley podrán adicionarse a las fórmulas tarifarias a través de un decreto tarifario complementario” REDACCIONES PROPIAS 3) Dentro de la atención de emergencias y reclamos a clientes, se contempla una variable económica para evaluar en tarifas que se detalla en reglamento.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Conocer el marco legal y normativo sobre las tarifas para las concesiones sanitarias en Chile. • Comprender la formulación y determinación de consideraciones tarifarias respecto de cada etapa del servicio prestado • Reconocer dentro de las fórmulas tarifarias, las variables relativas a redes y fallas por km como variable económica a revisar dentro de las tarifas para Alto Hospicio.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Artículo 1° • Artículo 2° • Artículo 12° • Artículo 12A°

FICHA 10	TIPO de lectura (Complementaria)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Walpole, R.; Myers, R.; & Myers, S. (2012). <i>PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA PARA INGENIERÍA Y CIENCIAS</i> (9a ed.). Pearson
Palabras claves:	Muestra aleatoria; promedio; mediana; moda; varianza; prueba de hipótesis; pruebas de bondad de ajuste (chi cuadrado); prueba de independencia; nivel de significancia; método de valor p; prueba t; prueba de homogeneidad; correlación; regresión lineal múltiple; regresión no lineal
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Para eliminar cualquier posibilidad de sesgo en el procedimiento de muestreo es deseable elegir una muestra aleatoria, lo cual significa que las observaciones se realicen de forma independiente y al azar.” 2) “Se podría afirmar que donde haya una t, F o X^2 la fuente era una muestra de distribución normal” 3) “Un aumento en el tamaño de la muestra n reducirá error tipo I y error tipo II de forma simultánea”. 4) “La distribución chi cuadrado continua parece aproximarse muy bien a la distribución de muestreo discreta de X^2, siempre y cuando el número de grados de libertad sea mayor que 1”. 5) “Si se detecta un valor extremo, lo correcto es revisar la historia de los datos en busca de posibles errores de captura o de procedimiento antes de eliminarlos del conjunto de datos. El problema podría no estar en los datos sino en la selección del modelo” REDACCIONES PROPIAS 6) Para muestras mayores a 30 datos y distribución no normal se requiere utilizar el teorema del límite central. 7) La confiabilidad del R^2 depende del tamaño de la muestra y del tipo de aplicación, por ende, su aceptación se relaciona con el requerimiento específico que se indique. 8) La regresión lineal es adecuada para variables cuantitativas y su coeficiente a utilizar debe ser Pearson con ajuste de mínimos cuadrados 9) Una regresión no lineal requiere coeficientes como Spearman o Kendall con una prueba de bondad Chi cuadrado. 10) La correlación mide relación entre variables. Una prueba estadística puede medir el grado de significancia. Correlación no implica causalidad 11) R^2 ajustado se utiliza cuando se modifican los grados de libertad para mejorar la correlación
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Repasar conocimientos estadísticos sobre el análisis de datos, tipos de variables (cuantitativas y cualitativas) y tamaño de muestras aplicadas al tema de la tesina. • Comprender las principales consideraciones para calcular parámetros estadísticos relevantes y su significancia o grado de confianza en torno a los resultados obtenidos. • Entender la diferencia entre modelo de datos lineales y no lineales, al escoger un modelo estadístico de regresión y comprobación. • Revisar ejercicios ejemplificadores de la aplicación de cada tipo de prueba estadística (capítulo 10) y de regresión (capítulo 11 y 12) • Revisar análisis de datos e hipótesis de interés multivariable

Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Tamaño de muestra: Fórmula Teorema 9.4 (pág. 298) • Tabla 10.1: Posibilidades al probar hipótesis estadística (pág. 323) • Fórmula de prueba de independencia (pág. 376) • Fórmula Método mínimos cuadrados (pág. 396) • Coeficiente Pearson (lineal) • Coeficiente Spearman (no lineal) • Coeficiente Kendall (no lineal)
---	--

FICHA 11		TIPO de lectura (Complementaria)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:		Decreto 453, APRUEBA EL REGLAMENTO DEL DECRETO CON FUERZA DE LEY N°70 DE 1988, DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, QUE ESTABLECE LA FIJACIÓN DE TARIFAS DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO. (1990) https://bcn.cl/2fjvy
Palabras claves:		Fórmulas tarifarias; costos incrementales; tasa de costo capital; prestador; depreciación; año de previsión, horizonte de evaluación; unidades físicas.
Conceptos y/o fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	Ideas	CITAS TEXTUALES 1) “Go: Gastos de operación y mantención anuales incurridos en la situación base, antes que se inicie el plan de expansión.” 2) “Cada empresa modelo deberá contener esencialmente los siguientes elementos: Un esquema administrativo institucional, en el cual se incorporen las diferentes funciones que debe desarrollar una empresa de obras sanitarias. Para estos efectos, se considerará la integración de las etapas del servicio...” REDACCIONES PROPIAS 3) Aplicando las mismas fórmulas tarifarias para estudios de la SISS y de la prestadora, se constatarán discrepancias. En caso de no llegar a acuerdo, se deberá convocar a una comisión de expertos para dilucidar las tarifas. 4) Todas las fórmulas tarifarias definidas se relacionan con unidades físicas vinculadas a costos y volumen de agua. No se visualiza la incorporación de elementos sobre la atención al usuario, salvo en los gastos operativos.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Conocer el reglamento relativo al marco legal sobre la determinación de las tarifas para las concesiones sanitarias en Chile. • Conocer el proceso tarifario aplicado por la industria desde su origen, visualizando las variables involucradas y las etapas para los cálculos. • Comprender las variables y fórmulas tarifarias definidas para los costos incrementales y tarifas de eficiencia. • Revisar la existencia de variables o fórmulas aplicables para incorporar la atención al cliente como un indicador de costos incremental diferenciado.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Artículo 3° • Artículo 7° • Artículo 8° • Artículo 15° • Artículo 19° • Artículo 31° • Artículo 41°

FICHA 12	TIPO de lectura (Específica)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Investigación, desarrollo e innovación de estructuras y materiales, IDIEM. (2010, 04 de febrero). <i>LINEAMIENTOS PARA DETERMINACIÓN DE COLAPSABILIDAD DE SUELOS POR DISOLUCIÓN DE SALES</i> . https://plataforma.idiem.cl/#/ingreso (Informe N°612.685)
Palabras claves:	Sales solubles; calicatas; ensayos geotécnicos; Alto Hospicio; Aguas del Altiplano; carga con inundación; colapsabilidad.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Los ensayos de placa de carga con inundación están orientados a simular el efecto que genera la infiltración de agua en un suelo solicitado o cargado por una fundación determinada, principalmente en la cuantificación precisa de las deformaciones verticales” 2) “A pesar de que las deformaciones observadas son bajas, la cantidad de sales presentes en este suelo presuponen que, bajo un mayor tiempo de percolación, o bien mayores presiones de agua...los asentamientos deberán ser similares a los observados en Alto Hospicio”. REDACCIONES PROPIAS 3) Para Pozo Almonte se aprecia una significativa deformación que no se relaciona con suelo salino, sino con la conformación estructural. 4) Mayor plasticidad y sales cristalizadas impiden la percolación de agua y desaceleran la formación de socavones.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Analizar la investigación realizada con calicatas en cuatro localidades del norte, en base a ensayos y propiedades del suelo caracterizado. • Revisar resultados de dichas muestras y su comportamiento frente a la presencia de agua y ensayos de placa de carga. • Generar una primera percepción sobre los resultados obtenidos para Alto Hospicio respecto de salinidad y otras propiedades del suelo (índice de plasticidad, densidad seca). • Revisar lineamientos previos a NCh3394 sobre suelos salinos colapsables
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura 43. Perfiles salinos de las calicatas analizadas-sales solubles totales • Figura 53. Curva asentamiento total v/s presión vertical A.H.- P.Tratamiento • Figura 56. Curva asentamiento total v/s presión vertical A.H.- Caliche • Figura 73. Resumen resultados placas de carga con inundación • Especificaciones geotécnicas para calicatas en Alto Hospicio

FICHA 13	TIPO de lectura (Complementaria)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Gaínza, R. (2021). <i>SUELOS SALINOS DE LA CIUDAD DE ARICA: GEOLOGÍA Y GEOTECNIA</i> . (Tesis de pregrado, Universidad de Chile). Repositorio Uch. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/184189
Palabras claves:	Sales solubles; Arica; geomorfología; unidades litoestratigráficas; geología estructural; solubilidad; movilidad salina; curvas granulométricas; disgregación; lavado; ensayo de infiltración.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “En los depósitos salinos del norte de Chile es posible encontrar aniones de cloruros, sulfatos, carbonatos y nitratos, y cationes de sodio, calcio y magnesio” 2) “La solubilidad de cada uno depende de varios factores. La temperatura del solvente, el grado de cristalinidad de las sales y la composición química”. 3) “La salinidad de este sector tomada por el máximo de cada pozo tiene promedio sobre el 19% alcanzando en calicatas un valor máximo de 139,75% en una donde el cemento salino correspondía a más del 50% de la estructura” REDACCIONES PROPIAS 4) La brisa marina (Camanchaca) puede transportar partículas aéreas de cloruro de sodio por evaporación marina. 5) Se lograron reconocer dos unidades de suelo salino en Arica, en la zona alta del sur y el noroeste.

	Ambas poseen diferencias relativas al origen geológico y a las propiedades del suelo.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Analizar la investigación realizada con calicatas en Arica, en base a ensayos y propiedades del suelo caracterizado. • Comprender el origen y características geológicas y geomorfológicas que influyen en las condiciones de sales solubles en distintas zonas de la localidad. • Revisar resultados de las muestras existentes y la salinidad presente para caracterizar cada zona. • Generar algunas conclusiones sobre los motivos de la variabilidad de suelos en Arica conforme a las propiedades del terreno.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Listado de ensayos geotécnicos para caracterización del suelo salino. • Figura 7. Mapa con ubicación de muestras de suelo salinos • Figura 19. Mapa de suelos de la ciudad de Arica, según unidades de suelo definidas

FICHA 14	TIPO de lectura (Específica)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Sernageomin (2014). “ <i>INFORMACIÓN GEOLÓGICA DE LA COMUNA DE ALTO HOSPICIO. GEOLOGÍA Y SUELOS SALINOS</i> ”. www.siss.gob.cl/articles-7870_recurso_34
Palabras claves:	Sales solubles; cloruros; sulfatos; Alto Hospicio; suelo colapsable; estratigrafía; unidad neógena; cementación.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Una característica sobresaliente de la secuencia de gravas y arenas, es que se encuentra fuertemente cementada por sales solubles” 2) “Esta fuerte cementación podría ser explicada mediante el transporte de aguas subterráneas a través de fracturas y estructuras de orientación este-oeste y en menor proporción, por la percolación y disolución de costras salinas precipitadas en superficie”. 3) “Ante todo, el riesgo geológico descrito no impide el uso de estos suelos, sino que demanda una serie de medidas específicas, tendientes a evitar o mitigar impactos negativos potenciales” REDACCIONES PROPIAS 4) Las fracturas se generan por la contracción y expansión debido a variaciones de temperatura y humedad.

	5) Con los datos de dos calicatas se puede determinar la salinidad presente en el terreno, con variaciones en cantidad, pero superior al 2% a diferentes profundidades.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Analizar la investigación realizada con calicatas en Alto Hospicio, en base a ensayos y propiedades del suelo caracterizado. • Comprender el origen y características geológicas y geomorfológicas que influyen en las condiciones de sales solubles de cada punto de la localidad. • Obtener conclusiones preliminares respecto de las condiciones del suelo salino en Alto Hospicio con las calicatas puntuales.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Tabla 2.7. Cantidad de sales solubles calicata Alto Hospicio-Planta Tratamiento • Figura 2.4. Cantidad de sales en profundidad. Calicata Alto Hospicio-Planta Tratamiento • Tabla 2.8. Cantidad de sales solubles calicata Alto Hospicio-Caliche • Figura 2.4. Cantidad de sales en profundidad. Calicata Alto Hospicio-Caliche

FICHA 15	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Olguín, R., Acevedo, P., y Foncea, C. (2004, 24-26 de noviembre). <i>SUELOS SALINOS DEL NORTE DE CHILE, PARTE I</i> [Presentación en congreso]. V Congreso chileno de Ingeniería geotécnica, Santiago. http://www.gdegeotecnia.cl/publicaciones.html
Palabras claves:	Depósitos salinos; meteorización salina; ascenso capilar; infiltración subvertical; cloruros; sulfatos; carbonatos; curva de salinidad; solubilidad.

Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “El principal origen de estas sales proviene de la invasión del agua de mar a las depresiones centrales, la que, al quedar embalsada, después de la retirada y de la acción tectónica, precipitó sus sales por evaporación” 2) “Empíricamente se ha comprobado que humedades ambientales por debajo de 15% no suministran suficientes electrolitos para producir corrosión”. 3) “No es válido extrapolar los resultados del estudio de una zona litoral a una micro cuenca cerrada” REDACCIONES PROPIAS 4) La geomorfología de Alto Hospicio se genera por una seguidilla de eventos tectónicos, magmáticos y sísmicos que configuraron la presencia de sales a poca profundidad. 5) Cloruros poseen alta disolución en presencia de agua. Sulfatos son moderadamente solubles, se expanden y activan la cristalización (yeso). Carbonatos son difíciles de disolver con agua.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Conocer la geomorfología de los suelos del norte de Chile y el origen de su formación geológica. • Comprender el comportamiento de las diferentes sales solubles presentes en los suelos del norte de Chile, junto con algunas características que influyen. • Revisar los efectos del agua y su escurrimiento en los depósitos salinos, comprendiendo la afectación a fundaciones o estructuras de obras civiles.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura 1. Avances y regresiones del mar (según Corvalán & Hervé). • Figura 3. Distribución de franjas de suelos salinos (según Tamblay)

FICHA 16	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Olguín, R., Acevedo, P., y Foncea, C. (2004, 24-26 de noviembre). SUELOS SALINOS DEL NORTE DE CHILE, PARTE II [Presentación en congreso]. V Congreso chileno de Ingeniería geotécnica, Santiago. http://www.gdegeotecnia.cl/publicaciones.html
Palabras claves:	Solubilidad química; halita; yeso; anhidrita; salitre; calcita; solubilidad analógica; cristalinidad; estructura amorfa; minerales primarios y secundarios; estructura soldada; granulometría material lixiviado; permeabilidad; curvas granulométricas; plasticidad; relación potencial de vacíos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Solubilidad analógica que corresponde a la cantidad de sales que se disuelven por goteo, que simulan pérdidas de alcantarillado, o micro chorros a presión que simulan ruptura de tuberías” 2) “La velocidad de disolución de un mismo tipo de sal depende de la estructura definida por las condiciones de evaporación durante su depositación”. 3) “Este parámetro da cuenta del volumen potencial de vacíos que puede generar la completa disolución de sales” REDACCIONES PROPIAS 4) Una disolución más rápida se logra un bajo grado de cristalinidad, en una evaporación violenta. 5) La estructura soldada une partículas insolubles tipo castillo de naipes. 6) Es necesario conocer el tipo de sales solubles y aniones/cationes componen una muestra, lo que influye en la cristalización
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Conocer las características químicas y condiciones de formación de depósitos salinos en suelos del norte de Chile. • Reconocer los tipos de estructuras de suelos salinos, sus características propias y las variables geotécnicas que poseen. • Aplicar y reconocer los tipos de estructuras de suelos salinos en base a curvas granulométricas de las mediciones de suelo. • Comprender las componentes del modelo de suelo salino y sus parámetros para evaluar la condición del estado del suelo.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Tabla 1. Solubilidades químicas de las sales. • Figura 2. Esquema de estructura tipo soldada o macro porosa • Estructura soldada: material fino bajo el 5%. Menor coeficiente de uniformidad y mayor tamaño de partículas resulta mayor permeabilidad y menor cristalinidad. • Figura 4. Esquema de estructura tipo matriz • Estructura tipo matriz: material fino sobre el 10%. Enlace fisicoquímico con suelo, indican baja permeabilidad y mayor cristalinidad. • Tabla 2. Parámetros de estado en suelos salinos

FICHA 17	TIPO de lectura (Específica)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Shahin, A.; Barsoum, I.; & Korkees, F. (2021). ANALYSIS OF A HDPE FLANGED CONNECTION WITH A TIME AND TEMPERATURA DEPENDENT CONSTITUTIVE BEHAVIOR. <i>Pressure vessels and piping</i> , 191, 1-10.
Palabras claves:	HDPE; fugas; unión brida atornillada; precarga de pernos; ensayo de tracción y compresión; modelo tres redes (TNM); modelo FEA; tensión de contacto; torque
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Basándose en sus hallazgos, informan que la mayor relajación de las cargas de los pernos y, en consecuencia, la relajación de la tensión de contacto se produce en las primeras mil horas” 2) “No se producen fugas cuando no hay espacio entre las bridas de metal a metal...esto implica que cuando la tensión media de contacto es inferior a 2 MPa, la estanqueidad no está garantizada”. 3) “La tensión de contacto máxima...no es una medida adecuada para evaluar las fugas, especialmente porque la magnitud y distribución de las tensiones de contacto dependen en gran medida de la temperatura y tiempo” REDACCIONES PROPIAS 4) A mayor temperatura, menor esfuerzo de tracción y compresión a corto plazo para una misma deformación. 5) Tras el atornillado, el 60% de la superficie de la brida queda en contacto. Al presurizar la red, se disminuye al 30% aproximado. Después de 8 h, ya disminuye la tensión de contacto y se rota la brida por pérdida de rigidez del material. A mayor temperatura, más pronunciado este efecto.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Conocer el comportamiento mecánico y las características elásticas-viscoplásticas del material HDPE • Comprender el análisis y consideraciones de la unión brida al HDPE bajo diferentes temperaturas, junto con su influencia en la generación de fugas. • Comprender la importancia de la tensión de contacto y el reapriete para controlar la falta de estanqueidad en uniones.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura 4. Curvas de tensión y deformación de tracción y compresión a corto plazo frente a predicciones TNM a diversas temperaturas. • Figura 8. Relajación de la carga del perno para 23, 40, 60 y 80 °C: (a) hasta 10000 h y (b) durante las primeras 12 h. • Figura 12. Envoltente 3D de la variación promedio de la tensión de contacto con tiempo logarítmico en plano de fuga. • Figura 13. (a) Tensión de contacto promedio y (b) factor de seguridad contra la fluencia para 23°C con reapriete de 54 kN y 108 kN.

FICHA 18	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Hao-Jie, L.; Hong-Hu, Z.; Hai-Ying, W.; Bao, Z.; & Bin, S. (2022). EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON PIPE-SOIL INTERACTION DUE TO GROUND SUBSIDENCE VIA HIGH-RESOLUTION FIBER OPTIC SENSING. <i>Tunnelling and underground space technology</i> , 127, 1-14.
Palabras claves:	Interacción tubería-suelo; tubería soterrada; PVC; hundimiento de terreno; DFOS; retrodispersión de Rayleigh; reflectometría óptica; deformación circunferencial; deformación axial; perfil de asentamiento continuo; empotramiento; curva gaussiana modificada; rigidez relativa
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Los resultados implicaron que la rigidez de la tubería juega un papel importante en su respuesta estructural” 2) “Esto implica que la deflexión de la tubería se puede estimar en función del asentamiento superficial del terreno...se deben considerar muchos factores para describir con precisión esta correlación”. 3) “El esfuerzo cortante en la interfaz tubería-suelo se puede utilizar para estimar la interacción axial tubería-suelo, que juega un papel importante en la respuesta de la tubería a la deformación del suelo” REDACCIONES PROPIAS 4) De los resultados se desprende que la deformación por flexión es un orden de magnitud mayor a la deformación axial, siendo la primera decisiva. 5) Para asegurar que la interfaz fibra óptica-suelo entregue datos confiables, se debe tener presente la densidad del suelo, el coeficiente de fricción, la presión de confinamiento y la geometría de la fibra. 6) La rigidez del suelo disminuye cuando crece el hundimiento.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Revisar la aplicación experimental de la relación de deformaciones producidas por el asentamiento de terreno y su influencia en el rendimiento de las tuberías enterradas. • Comprender el comportamiento de los desplazamientos entre la tubería y el suelo como un sistema relativo y conjunto • Entender la viabilidad del análisis experimental con monitoreo de alta precisión conforme a los estudios teóricos para determinar relaciones e influencias entre el suelo y los sensores de medición
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Ecuación (2), (3) y (4). Asentamientos del suelo • Ecuación (5). Deflexión de la tubería • Figura 10. Deformaciones circunferenciales en tramos $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ • Figura 14. Presión del terreno y la relación de curvatura versus pérdida de volumen (VL) • Ecuación (12). Presión adicional del suelo debido a curvatura • Figura 20. Ilustración de la interacción tubería-suelo • Ecuación (22). Presión del suelo respecto a una zona de hundimiento. • Apéndice A: Modelo analítico de desplazamiento del suelo

FICHA 19	TIPO de lectura (Complementaria)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Schouwenaars, R.; Jacobo, V.H.; Ramos, E.; & Ortiz, A. (2007). SLOW CRACK GROWTH AND FAILURE INDUCED BY MANUFACTURING DEFECTS IN HDPE-TUBES. <i>Engineering failure analysis</i> , 14, 1124-1134.
Palabras claves:	HDPE; crecimiento lento grietas; frágil; dúctil; tenacidad; extrusión; espectómetro; medio anisotrópico; grieta semi elíptica; resina
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Parecen existir dos causas principales de falla. Por un lado, los problemas pueden deberse a soldaduras inadecuadas entre secciones de tubos o láminas. Por otro lado, el crecimiento lento de grietas (SCG) puede deberse a pequeños defectos introducidos durante la fabricación o el ensamblaje en campo” 2) “Una menor tenacidad significa que se disipa menos energía en la zona de proceso de la punta de la grieta y que el agrietamiento predomina sobre el embotellamiento dúctil...lo que resulta en una propagación más rápida de la grieta”. 3) “La tenacidad del HDPE está definida por la calidad de la resina y las condiciones del procesamiento” REDACCIONES PROPIAS 4) Los parámetros de fractura referenciales son J (mejor correlación en diferencias geométricas) y KI (ventaja en complejidad matemática) 5) El mayor deterioro de resinas es indicador de reiterado reciclaje de del material. 6) Menor tenacidad indica que defectos pequeños son críticos.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Conocer los distintos tipos de grietas y su propagación en material HDPE. • Revisar la superficie de las fracturas en base a registros de rayos X y espectómetro. • Comprender la relación entre fracturas y las propiedades técnicas del tubo de HDPE para visualizar la influencia frente a presiones internas y externas. • Corroborar la causa de fallas por crecimiento de grietas lentas en un corto plazo. • Proponer pruebas y medidas de control para crecimiento de éstas.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura 2. Múltiples sitios de inicio de fractura en la pared interna de un tubo de HDPE fallido • Figura 8. Zona SCG frágil. • Figura 12. Intensidad de tensión para un material linealmente elástico con una grieta elíptica. • Figura 13. Intensidad de tensión para una falla a lo largo de todo el espesor de la pared.

FICHA 20	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Pietrucha-Urbanik, K. (2015). FAILURE ANALYSIS AND ASSESSMENT ON THE EXEMPLARY WATER SUPPLY NETWORK. <i>Engineering failure analysis</i> , 57, 137-142.
Palabras claves:	Análisis de fallas; amortización; vida útil; evaluación de confiabilidad; modelo causal; Polonia; fatiga de material.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Según la encuesta realizada en empresas de suministro de agua, las causas de fallas son las siguientes: medio ambiente (5%), materiales (30%), grado de protección (20%) y hombre (45%)” 2) “Los criterios europeos dicen que la tubería necesita reparación cuando el índice de tasa de falla excede 0,5/km”. 3) “El método presentado de evaluación de fallas confirma la variación estacional de las fallas del sistema de suministro de agua y la mayor tasa de fallas en los períodos de otoño e invierno” REDACCIONES PROPIAS 4) Ante un aumento notorio de temperaturas (estacionalidad) se propician más fallas en las redes 5) Las tasas de fallas más altas se dan en hierro fundido, acero y asbesto cemento por su edad.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Distinguir las causas y los motivos de fallas en las tuberías del sistema de distribución. • Conocer una metodología de análisis de fallas y la evaluación del rendimiento de las tuberías. • Revisar y analizar los factores de falla de una red de suministro de agua, contemplando características técnicas de las tuberías, condiciones del suelo, presiones de operación y agrupamiento temporal.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Tasa de falla promedio en tuberías principales: 0,98/km • Tasa de falla promedio en tuberías de distribución: 0,42/km • Tasa de falla promedio en arranques: 0,35/km • Ecuación (1): Estimador índice de tasa de falla • Figura 2. Número medio de fallas teniendo en cuenta los meses individuales • Figura 4. Porcentaje de fallas en función del diámetro y material de las tuberías de agua

FICHA 21	TIPO de lectura (Específica)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Chohan, I.; Ahmad, A.; Sallih, N.; Bheel, N.; Ali, M.; & Deifalla, A. F. (2023). A REVIEW ON LIFE CYCLE ASSESSMENT OF DIFFERENT PIPELINE MATERIALS. <i>Engineering</i> , 19, 1-8.
Palabras claves:	Impacto ambiental; vida útil tuberías; análisis ciclo de vida (ACV); sostenibilidad; inventario de ciclo de vida (LCI); evaluación del ciclo de vida (LCA); unidad funcional (UF).
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Generalmente, la producción de tuberías de plástico implica un menor uso de energía y menores emisiones de gases de efecto invernadero. Además, el bajo peso de las tuberías de plástico disminuye las emisiones asociadas al transporte”. 2) “Tecnología sin zanjas tiene beneficios sustanciales y menos emisiones de CO2 que la técnica de instalación convencional” REDACCIONES PROPIAS 3) El ACV posee tres enfoques: procesos, económico e híbrido. El método más usado es el enfoque de procesos. 4) Las tuberías con más impacto ambiental, por cantidad de CO2 y gasto de energía en su fabricación es el acero al carbono y el HDPE. 5) Las fases más significativas de la vida de una tubería son la elaboración, transporte, instalación y operación.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Comprender el concepto de análisis de ciclo de vida para las tuberías de acuerdo con la metodología planteada para cuantificar las consecuencias ambientales. • Cuantificar el grado de impacto ambiental en las diferentes etapas del ciclo de vida de una tubería basado en consumo energético y de CO2. • Visualizar las limitaciones y alcances del estudio conforme a los datos registrables sobre consumo energético en cada fase de la tubería, contrastando con la realidad de Alto Hospicio.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura 2. Metodología LCIA para redes de tuberías apropiadas • Figura 3. Ciclo de vida de las redes de oleoductos. • Tabla 2. Emisiones relacionadas con el bombeo durante la fase de uso.

FICHA 22	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Dawood, T.; Elwakil, E.; Novoa, H.; & Gárate, J. (2020). PRESSURE DATA-DRIVEN MODEL FOR FAILURE PREDICTION OF PVC PIPELINES. <i>Engineering failure analysis</i> , 116, 1-11.
Palabras claves:	PVC; roturas; rehabilitación; reposición; modelos predictivos; DDM; regresión múltiple; El Pedregal; calibración; validación; significancia estadística; variable predictora; variable de respuesta; análisis residual; error absoluto medio; porcentaje medio de invalidez
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Las fallas en las tuberías de PVC se atribuyen a tuberías de mala fabricación, mala instalación, condiciones excesivas de operación o daño a terceros. La causa principal de fallas en las tuberías de PVC, en la mayoría de los casos, son las grietas que se inician por tensión residual a través de la pared” 2) “La incertidumbre y la insuficiencia de datos se pueden manejar como una función de probabilidad a través de múltiples procesos de simulación”. REDACCIONES PROPIAS 3) Para realizar el análisis estadístico, se verifica la interrelación mediante criterios de bondad del ajuste, corroborando el grado de confianza para relacionar las variables. Los mejores indicadores son R-cuadrado y R2 ajustado. 4) Si MAE y AIP son cercanos a cero del análisis residual, son modelos confiables.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Comprender la modelación de la tasa de falla en tuberías de PVC, en base a la presión y el caudal porteadado mediante el análisis de datos de regresión. • Revisar distintos modelos predictivos de fallas de tuberías para su aplicabilidad a distintas redes de distribución de agua potable y la información que éstas poseen • Entender la metodología de investigación como base para la metodología a aplicar en la temática de tesina. • Analizar los diferentes modelos de regresiones vistos y los mejores parámetros para determinar la significancia estadística.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura 4. Descripción general de la metodología de investigación • Tabla 2. Resultados de las pruebas diagnósticas • Ecuación (5) y (6)

FICHA 23	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Cheng, L.; Pan, P.; Sun, Y.; Zhang, Y.; & Cao, Y. (2023). A DISTRIBUTED FIBRE OPTIC MONITORING METHOD FOR GROUND SUBSIDENCE INDUCED BY WATER PIPELINE LEAKAGE. <i>Optical fiber technology</i> , 83, 1-14.
Palabras claves:	Hundimiento de terreno; fibra óptica; conversión deformación-desplazamiento (DFOS); modelo de secuencia a secuencia; codificador; decodificador; optimizador Adam; tasa de aprendizaje; placa de anclaje; deformación; desplazamiento; retropropagación
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Según los resultados de la investigación de la literatura relevante, se considera que las cavidades formadas por la fuga de la tubería tienen forma elíptica” 2) “A medida que aumenta el volumen del agua liberado de la bolsa de agua, disminuye la fuerza de soporte ejercida por la bolsa sobre el suelo suprayacente. Esto hace que el suelo se asiente gradualmente en condiciones de descarga” 3) “Esto indica que las líneas de fibra óptica integradas pueden monitorear eficazmente la deformación del suelo y revelar los patrones de evolución de la deformación del hundimiento del suelo” REDACCIONES PROPIAS 4) Cuando mayor es la placa de fibra que registra datos, mayores deformaciones se obtienen para una misma profundidad de la cavidad. 5) A menor profundidad de la ubicación de la cavidad, mayor es la visualización del hundimiento de terreno para la misma placa de anclaje y más rápido se produce. 6) A menor profundidad de bolsa de agua, mayores tensiones por tracción. Por el contrario, a mayor profundidad, mayores tensiones por compresión.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Conocer la tecnología de fibra óptica distribuida para la medición de asentamientos y desplazamientos del suelo ante la formación de hundimientos. • Conocer la influencia del tamaño y profundidad de una cavidad con respecto al monitoreo de la deformación del suelo a través del experimento. • Revisar la aplicación de un modelo que relaciona deformación y desplazamiento en el suelo. • Calibrar y validar modelo propuesto para la relación indicada, verificando la proyección de patrones de comportamiento del terreno ante hundimientos.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura 2. Modelo de atención frecuencia a frecuencia • Ecuación (11) y (12) • Figura 9-10-11. Medición de deformación de fibras ópticas con diferentes formas de anclaje bajo una cavidad enterrada a una profundidad de 10 cm-20 cm-30 cm • Tabla 4. Comparación de desplazamientos promedio calculados por diferentes métodos y desplazamientos promedio medidos.

FICHA 24	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Wu, Y.; You, X.; & Zha, S. (2020) MECHANICAL BEHAVIOR ANALYSIS OF BURIED POLYETHYLENE PIPE UNDER LAND SUBSIDENCE. <i>Engineering failure analysis</i> , 108, 1-14.
Palabras claves:	Hundimiento de terreno; comportamiento mecánico; tubería HDPE; análisis de elementos finitos; capacidad de carga última; ensayo de tracción uniaxial; flexión; ovalización; extrusión del suelo; deformación relativa; radio curvatura; límite elástico
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “No importa cuál es la presión interna de la tubería, la longitud de la sección de transición y la velocidad de tracción se encontró claramente que la tensión máxima VM de la tubería siempre apareció en la superficie exterior que marca el límite entre la sección de transición y la sección fija” 2) “Por lo tanto, se puede concluir que la tensión de tracción excesiva es la razón principal de la falla de la tubería en caso de hundimiento de terreno” 3) “A medida que aumenta la longitud de la sección de transición, el efecto de la flexión en la tubería debido al hundimiento de terreno se fortalece gradualmente” REDACCIONES PROPIAS 4) Para este análisis de elementos finitos se utilizó una cuadrícula validado, también se usó el modelo de interacción con el suelo Drucker-Prager y un semi modelo para la aplicación de cargas para la tubería enterrada. No se contempló presión interna de la tubería. 5) El cambio en la ubicación de tensiones se produce ya que la tubería cambia de deformación por flexión a ovalización. 6) Un tramo de transición más largo genera menos deformaciones, curvatura y más seguridad en el tubo
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	- Revisar el análisis de simulación numérica para describir el comportamiento mecánico de tuberías de PE enterradas bajo el efecto de diferentes hundimientos de terreno. - Relacionar las secciones y afectaciones en la tubería frente a fenómenos de flexión y ovalización. - Correlacionar las variables, influencias y dependencia de las consideraciones del estudio para determinar una ecuación no lineal para caracterizar el comportamiento de la tubería
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	- Figura 2. Condiciones de carga y contorno del modelo de elementos finitos - Figura 6. Imagen de nube de tensión en una tubería de PE enterrada bajo hundimiento del terreno. - Figura 7. Variación del estrés máximo de VM con hundimiento de terreno - Figura 12. Tendencia máxima de tensión VM de tubería de PE enterrada con varias longitudes de transición. - Figura 14. Relación entre el radio mínimo de curvatura y el hundimiento del terreno del PE - Figura 15. Relación entre la tasa de deformación relativa y el hundimiento del terreno - Ecuación (4). Modelo de regresión no lineal

FICHA 25	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Wu, Y.; You, X.; & Zha, S. (2021) INVESTIGATION OF MECHANICAL BEHAVIOR ANALYSIS OF BURIED DN110 POLYETHYLENE PIPE WITH A SCRATCH DEFECT UNDER LAND SUBSIDENCE. <i>Engineering failure analysis</i> , 125, 1-20.
Palabras claves:	Hundimiento de terreno; tubería HDPE; análisis de elementos finitos; defecto geométrico; presión interna; interacción tubería-suelo; capacidad de carga última; índice de evaluación de tubería (UBC)
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Los errores relativos entre los resultados del modelado y los cálculos teóricos son de aproximadamente el 5%, lo que indica una buena coherencia del resultado con los valores teóricos” 2) “La superposición de la presión interna y el coeficiente de profundidad del rayado agravan significativamente la tensión máxima de Von Mises de la tubería” 3) “La concentración de tensiones ocurre en la ubicación de los defectos, lo que indica que la presión interna influye en la tensión de la tubería PE enterrada bajo hundimiento de terreno” 4) “La influencia del desplazamiento del hundimiento de terreno es la mayor, seguido por la longitud de la sección de transición, la presión interna y el coeficiente de profundidad del rayado”. REDACCIONES PROPIAS 5) A mayor profundidad de rayadura, menor es la tasa de crecimiento de la tensión máxima. Lo anterior dado que el rayado no se afecta por la carga de flexión causada por el hundimiento.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Revisar el análisis de simulación numérica para describir el comportamiento mecánico de tuberías de PE enterradas bajo el efecto de diferentes hundimientos de terreno, presiones de operación interna y características de un defecto geométrico. • Correlacionar las variables del modelo simulado en el estudio y comprender su influencia frente a la presencia de dos nuevas condiciones como un rayado con profundidad y la presión de operación. • Reconocer la relación funcional entre el desplazamiento por hundimiento de terreno, la longitud de transición, la profundidad del rayado y la presión interna para determinar una ecuación no lineal que caracteriza el comportamiento de la tubería.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura 7. Comparación de los resultados del modelado de la tubería de PE en ausencia y presencia de un defecto de rayado • Figura 9. Esfuerzo máximo de Von Mises en la tubería de PE en función de los coeficientes de profundidad del rayado con diversas presiones internas. • Figura 11. Esfuerzo máximo de Von Mises en la tubería de PE en función del desplazamiento del hundimiento de terreno con diversas presiones internas. • Figura 13. Desplazamiento por hundimiento de terreno en función de la tensión máxima de Von Mises de la tubería PE con variación de la presión interna. • Ecuación (9). Índice de evaluación UBC de la tubería • Figura 15. Esfuerzo máximo de Von Mises en la tubería de PE en función del desplazamiento del hundimiento de terreno con varias longitudes de la sección de transición. • Figura 23. UBC en función de la presión interna con varios coeficientes de profundidad de rayado y varias longitudes de secciones de transición.

FICHA 26	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Lee, J.; Zeng, W.; Lambert, M.; Hilditch, T.; & Gong, J. (2023) FATIGUE ANALYSIS OF METALLIC-PLASTIC-METALLIC SYSTEMS: A NUMERICAL STUDY. <i>Engineering</i> , 17, 1-13.
Palabras claves:	Impedancia hidráulica, golpe de ariete, falla por fatiga, método tensión-vida, tasa de amortiguación, vida útil relativa, vida útil esperada por fatiga, longitud normalizada, duración de pulso normalizada, relación de impedancia
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Los resultados muestran que la sección plástica en la configuración MPM puede tener reducción significativa en la vida útil por fatiga en comparación con la configuración totalmente plástica” 2) “La diferencia entre los resultados con amortiguación y sin amortiguación disminuye a medida que disminuye la longitud del tubo plástico” 3) “Las pérdidas de energía pueden atenuar las ondas de presión y cambiar la vida útil relativa de la fatiga” REDACCIONES PROPIAS 4) El efecto del golpe de ariete para sistemas metálico-plástico no se ha estudiado a largo plazo respecto del impacto por la reiteración de ondas. 5) Existe mayor disminución en la magnitud de la onda cuando la tasa de amortiguación aumenta. 6) Dentro de las complejidades de la red se contemplan las conexiones que pueden amplificar o disminuir las amplitudes de onda, y los defectos en las tuberías, donde se concentra la formación de grietas.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Comprender el comportamiento de los transitorios hidráulicos para predecir una falla en tuberías y ayudar a describir la falla potencial. • Conocer los modelos analíticos y ecuaciones propuestas de fallas por fatiga para el presente estudio • Avalar los supuestos y variables determinadas del método de falla estudiado y compararlos con las condicionantes evaluadas en la tesina. • Comprender el análisis de fatiga con y sin pérdida de energía para distintos pulsos temporales de ondas
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Ecuación (2). Vida útil esperada de la tubería de plástico en años. • Figura 2. Configuración de un sistema de tuberías metálico-plástico-metálico. • Ecuación (11). Respuestas de presión en sistemas MPM con un supuesto sin pérdida de energía • Ecuación (13). Respuestas de presión en sistemas MPM con un supuesto con pérdida de energía • Figura 4-5. Respuestas de presión del caso 1 y 2 para sistemas MPM y totalmente plásticos • Figura 6-7. Respuestas de presión del caso 1 y 2 para sistemas MPM sujeto a pulsos con pérdida por fricción. • Ecuación (21). Vida útil relativa a la fatiga • Figura 8. Vida relativa a la fatiga de varias longitudes de la sección de tubería de plástico

FICHA 27	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Nasiri, S.; & Khosravani, M. (2023) FAILURE AND FRACTURE IN POLYETHYLENE PIPES: OVERVIEW, PREDICTION METHODS AND CHALLENGES. <i>Engineering failure analysis</i> , 152, 1-17.
Palabras claves:	Tuberías de polietileno, falla en tuberías, predicción de falla, modos de falla; vida útil en tuberías, revisión bibliográfica, agrietamiento por tensión ambiental (ESC), crecimiento lento de grietas (SCG), vida útil mecánica, vida útil química, envejecimiento termooxidativo, tiempo de inducción de oxidación (OIT)
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “La expansión por fluencia en tuberías de PE en una presión interna alta provoca falla dúctil. La falla cuasi frágil se caracteriza por el crecimiento de grietas a un ritmo lento. La falla frágil es el último modo de falla que a menudo ocurre bajo un nivel de tensión menor en comparación con la falla dúctil” 2) “La falla frágil es causada por condiciones de carga baja y un tiempo prolongado que permite el desenredo molecular” 3) “Bajo un alto estrés, las moléculas de unión se estiran hasta que no pueden resistir las fuerzas impuestas, por lo tanto, el cristal laminar se fragmenta en piezas más pequeñas y se produce la falla dúctil” 4) “Tres pruebas principales para predecir la vida útil de las tuberías de PE son: prueba hidrostática, prueba SCG y prueba de carga cíclica” 5) “Las pruebas experimentales presentadas mostraron una pérdida de más del 80% del contenido inicial de antioxidantes durante las primeras 1000 horas de la prueba de presión...la pérdida temprana de la estabilidad antioxidante basada en las especies cloradas hace posible la termooxidación” 6) “Diferentes parámetros, como el estado mecánico, las condiciones de aplicación y el entorno, tienen un efecto crucial en la vida útil de las tuberías de PE. Solo cuando se conocen todos los efectos de estos parámetros se puede justificar la determinación de la vida útil” REDACCIONES PROPIAS 7) Existen 5 factores intrínsecos a las tuberías que influyen en los modos de falla: Tipo de uniones, defectos de fabricación, daños en manipulación y almacenamiento, edad de la tubería y degradación química. 8) Diversos estudios demostraron que en tuberías PE prefisuradas se generaron fallas frágiles por sobre dúctiles. Este modo de falla predomina en las tuberías PE. 9) También está la falla circunferencial para diámetros pequeños y con fuerza dominante la tensión por flexión y la falla longitudinal para diámetros mayores y fuerza dominante la tensión circular. 10) La microestructura de PE contempla moléculas de enlace y cristales laminares. Estas pueden estirarse y fragmentarse dada la extensión de la cadena polimérica dependiendo del tipo de falla. 11) Aunque las tuberías PE con resinas recicladas son una buena alternativa, se debe estudiar el rendimiento estructural.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Clasificar y analizar los resultados de investigaciones previas sobre fallas y predicciones de vida en tuberías respecto a ventajas y limitaciones determinadas. • Comprender los modos de fallas de las tuberías de PE, su comportamiento químico, las condiciones mecánicas que influyen y visualizar con ejemplos. • Analizar el método de extrapolación para determinar el tiempo de falla en base a pruebas y estudios preliminares. • Analizar el método de proyección para tiempos de fallas de acuerdo con la degradación química y sus estimaciones de estudios preliminares. • Entender las limitaciones mecánicas y químicas de los diferentes modelos predictivos de la vida útil de tuberías PE.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura 2. Clasificación del fallo en tuberías de PE en función de la carga y condiciones ambientales • Figura 4. Esquema de diferentes modos de falla en tuberías de PE. • Ecuación (4) y (5). Modelo de tiempo de falla de tres y cuatro parámetros respectivamente. • Ecuación (7). Factor de intensidad de tensión para determinar vida útil. • Ecuación (9). Tasa de crecimiento de grietas por fatiga. • Figura 12. Relación entre el medio ambiente y la vida química de las tuberías de PE. • Ecuación (12) y (13). Predicción de la vida termooxidativa basada en el envejecimiento.

FICHA 28	TIPO de lectura (Complementaria)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Zhang, Y.; Jiang, N.; Zhou, C.; Yao, Y.; & Hu, Z. (2023) MECHANICAL BEHAVIORS AND FAILURE MECHANISM OF HDPE CORRUGATED PIPELINE SUBJECTED TO BLASTING SEISMIC WAVE. <i>Alexandria Engineering journal</i> , 67, 597-607.
Palabras claves:	Onda sísmica explosiva; tubería HDPE; prueba de campo; análisis numérico; aceleración de la vibración; frecuencia natural, tensión efectiva.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “La tensión en cada punto de medición también es proporcional a la cantidad de explosivo e inversamente proporcional a la distancia del centro de la explosión” 2) “...lo que significa que la tubería llena de agua es más segura. La razón puede ser la existencia del agua que aumenta la resistencia sísmica y la capacidad de compresión del oleoducto” 3) “...la frecuencia natural de la tubería aumenta con el aumento del nivel del agua” REDACCIONES PROPIAS 4) La falla estática se produce por deformación permanente del suelo provocado por terremotos, deslizamientos de tierra, hundimientos sísmicos o licuefacción. La falla dinámica se produce por la propagación de ondas de tensión que provocan deformación axial y por flexión. 5) La tensión efectiva en la sección peligrosa disminuye al aumentar el nivel de agua 6) La tubería está expuesta a una compresión, del lado de la explosión, y a una tracción, del lado posterior. Es probable que la falla se produzca bajo el efecto de compresión.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Comprender el comportamiento mecánico de una tubería HDPE corrugada frente a una onda sísmica provocada por una explosión. • Avalar el análisis de simulación numérica empleado, con distintos niveles de agua, y contrastado con el modelo de prueba de campo realizado. • Obtener expresiones matemáticas que permite estimar las tensiones en todos los sentidos de la tubería, vinculándolo con la frecuencia natural del elemento.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura 4. Diagrama de columnas de la aceleración de vibración máxima resultante de cada punto de medición. • Figura 7. Deformación máxima de los puntos de medición S1 y S4 en simulación numérica y prueba de campo. • Ecuación (2). Relación de aceleración de vibración entre tubo con distintos niveles de agua y tubo vacío. • Figura 8. Diagrama de montaje de la relación de PVA j y la relación de altura del nivel del agua i en la tubería • Ecuación (4). Tensión circunferencial del tubo • Figura 12. Gráfico de ajuste de tensión efectiva y PRVA.

FICHA 29	TIPO de lectura (Complementaria)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Ossai, C. (2020) CORROSION DEFECT MODELLING OF AGED PIPELINES WITH A FEED-FORWARD MULTI-LAYER NEURAL NETWORK FOR LEAK AND BURST FAILURE ESTIMATION. <i>Engineering failure analysis</i> , 110, 1-15.
Palabras claves:	Fallo por explosión y fuga; profundidad del defecto de corrosión; red neuronal; optimización de enjambre de partículas; integridad de tubería; corrosión
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Las picaduras pueden ser causadas por defectos microestructurales en el material, la penetración de algunas especies químicas como el cloruro y daños mecánicos en la estructura de la tubería...la corrosión asistida por flujo es el resultado de las acciones de turbulencia y transferencia de masa de fluidos transportados en la tubería” 2) “Estos cambios significativos en la tasa de pérdida de corrosión entre las secciones de las tuberías podría atribuirse al efecto mejorado de los parámetros operativos, las características microestructurales de esas secciones y las interacciones locales de las especies corrosivas”. 3) “Ayudando así a los operadores a: implementar una estimación de CDD a microescala en tramos de ductos abriendo así una nueva frontera para decisiones rápidas y efectivas sobre la gestión de la integridad de las tuberías” REDACCIONES PROPIAS 4) Pese a múltiples estudios simulados, experimentales y con datos, la estimación de la magnitud de la corrosión en tuberías no hay resultados definitivos ni certidumbre sobre tendencias. 5) Esta investigación pretende vincular datos existentes, parámetros operativos de la tubería y una estimación a través de una red neuronal que se va retroalimentando de algunos valores predominantes.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Complementar modos y predicción de fallas con un análisis por corrosión en tubería de acero para la industria petrolera. • Definir las principales consideraciones para establecer tipos de fallas por corrosión y sus causales. • Comprender un modelo de probabilidad de fallas para fugas o explosiones en tuberías de acero frente a condiciones operativas y características del defecto de corrosión. • Entrelazar conceptos y modos de falla relativos a tuberías que operan con agua potable respecto de tuberías de la industria petrolera.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura 1. Marco para el modelo de red neuronal de retroalimentación SSC. • Ecuación (9). Función objetivo para el modelo SSCN único. • Ecuación (14). Función objetivo para el modelo SSCN múltiple. • Ecuación (17). Presión de rotura en fallas. • Figura 2. Esquema de una tubería con corrosión interna que muestra los puntos de defectos de corrosión en longitudes discretas.

FICHA 30	TIPO de lectura (Complementaria)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Buttafuoco, G.; Castrignano, A.; Busoni, E.; & Dimase, A. (2005) STUDYING THE SPATIAL STRUCTURE EVOLUTION OF SOIL WATER CONTENT USING MULTIVARIATE GEOSTATISTICS. <i>Journal of hidrology</i> , 311, 202-218.
Palabras claves:	Contenido del agua, geoestadística, variabilidad espacio-temporal, modelo lineal de correogionalización, evapotranspiración, variogramas, validación cruzada, anisotropía.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Las unidades de escala son diferentes entre el espacio y el tiempo y no pueden compararse directamente en un sentido físico. Como consecuencia, las distancias entre observaciones de un sistema de coordenadas (x,y,z,t) no se pueden calcular estrictamente” 2) “La variabilidad específica a lo largo de la dirección N-S, que aumentó mucho más rápidamente que en la dirección E-O sin alcanzar un umbral...un fuerte aumento en los variogramas E-O en distancias cortas, seguido de un aumento lento hasta alcanzar un umbral en distancias más largas” 3) “La conductividad hidráulica bastante alta del suelo que permitirá que el agua se distribuya aleatoriamente en distancias más largas” REDACCIONES PROPIAS 4) El enfoque del estudio realizado utilizó funciones bidimensionales y aleatorias correlacionadas con los datos medidos en el campo. 5) Para el sector de análisis, la mejor correlación espacial depende del ciclo de sequía y lluvia del lugar. 6) Las principales fuentes de variación son las propiedades del suelo y las condiciones topográficas, incluso la composición de plantas y cubierta vegetal.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Comprender un modelo espacio-temporal que permita estimar el contenido de agua en el suelo a través de geoestadística y un análisis multivariado. • Revisar los modelos lineales de correogionalización aplicados y verificar mejores estimaciones y comportamiento frente a consideraciones del estudio. • Comparar las condiciones y supuestos del caso de estudio y de la temática de la tesina para considerar como variables de revisión.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Tabla 3. Estadísticas básicas del contenido de agua del suelo medidas en diferentes fechas • Tabla 7. Resultados de la validación cruzada • Figura 5. Mapas de contenido de agua del suelo estimados mediante cokriging en las diferentes fechas

FICHA 31	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Rebiai, F.; & Guettala, A. (2023) ANALYSIS OF BUILDING FAILURE ASSOCIATED WITH WATER SEEPAGE INTO GYPSEFEROUS SOILS IN AN ARID AREA LOCATED IN THE NORTHWESTERN TOWN OF OULED DJELLAL. <i>Engineering failure analysis</i> , 154, 1-33.
Palabras claves:	Edificios, mecanismos de falla, filtración de agua, suelo yesífero, asentamiento diferencial, mapa geológico, inspecciones visuales, contenido de yeso, calcita, piezómetro, conductividad, tomografía de resistividad eléctrica, velocidad de disolución, hidrocólapsos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Estos patrones incluían grietas diagonales que se asemejaban a formas de escaleras. Además, se detectó compresión localizada en la mampostería tanto debajo como encima de las ventanas” 2) “Este tipo de deformaciones y cambios en las formaciones geológicas se pueden atribuir a diversos factores, incluidos movimientos tectónicos, meteorización y erosión...estas anomalías podrían ser indicativas de la presencia de perturbaciones localizadas o irregularidades dentro de las capas” 3) “La exposición de la pirita al oxígeno y al agua puede provocar con el paso de los años, su oxidación y la producción de ácido sulfúrico. Este ácido puede luego reaccionar con rocas ricas en calcio, como piedra caliza o dolomita, dando lugar a la formación de yeso” 4) “El seguimiento de los movimientos en diferentes niveles ayuda a obtener una comprensión integral del comportamiento estructural y la estabilidad del edificio” 5) “Un fenómeno de hidrocólapsos fue causado por la disolución y el transporte de las partículas del suelo en la capa del Plioceno que incluye suelos yesíferos de arcilla arenosa, areniscas y matriz de conglomerados, y se agrava por los poros, cavidades obturadas y grietas que preexisten”. REDACCIONES PROPIAS 6) Fenómenos similares se ha reportado en Turquía, EEUU, Reino Unido, Francia, Arabia Saudita, España, etc. 7) Para la planificación de la investigación se consideró: identificación del suelo yesífero, análisis del proceso de disolución, evaluación de la tasa de disolución, estabilidad del suelo bajo cimientos y evaluación de daños en la construcción. 8) Con la presencia de agua, disminuye la proporción de vacíos, disminuye módulo de presión y se generan asentamientos en los cimientos. 9) La velocidad de disolución en el área de estudio es moderada a baja. Según la evaluación de daños, los edificios analizados se clasifican entre moderado y muy grave.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Comprender los mecanismos de falla existentes en edificios con suelo yesífero bajo la existencia de filtraciones de agua. • Revisar el análisis y metodología de estudio del caso, contemplando desde la revisión geológica hasta mediciones in situ. • Reconocer semejanzas y diferencias con la situación de Alto Hospicio para tomar recomendaciones y estrategias efectivas para la gestión del agua. • Relacionar el comportamiento del suelo, el proceso de disolución y las fallas de la construcción. • Revisar los cambios de presión sobre el suelo tras la infiltración de agua • Recopilar listado de acciones preventivas para la construcción y reparación de edificios

Materiales más significantes:

Tablas

Gráficos

Ejemplos

Fotografías

Mapas

Otros

- Figura 6. Patrones de falla del edificio
- Figura 10. Cristales porosos en la arenisca
- Figura 11. Geodas que se observaron en las formaciones de conglomerado
- Tabla 2. Resumen de parámetros físicos obtenidos en las pruebas de laboratorio
- Tabla 3. Resumen de propiedades mecánicas obtenidas en pruebas de laboratorio
- Ecuación (1). Reacción química para la disolución del yeso
- Tabla 5. Análisis químico de tres muestras de agua subterránea extraída de tres piezómetros junto con los valores estándar publicados por la OMS
- Figura 22. Distribución de tasas de disolución paralelas a los edificios afectados
- Figura 25. Movimiento de la planta baja según el eje x
- Figura 26. Movimiento de la planta baja según el eje y
- Figura 27. Movimiento de la planta baja según el eje z
- Tabla 9. Esquema de clasificación de las categorías de daños a la construcción utilizando daño típico según Cooper (2008)
- Figura 35. Distribución del ranking de daños a la edificación utilizando daño típico, esquema de clasificación, tasa de disolución y movimiento del edificio a lo largo del eje z.

FICHA 32	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Tafsirojjaman, T.; Manalo, A.; Tri Tiene, C.; Wham, B.; Salah, A.; Kiriella, S.; Karunasena, W.; & Dixon, P. (2022) ANALYSIS OF FAILURE MODES IN PIPE-IN-PIPE REPAIR SYSTEMS FOR WATER AND GAS PIPELINES. <i>Engineering failure analysis</i> , 140, 1-26.
Palabras claves:	Objetivos de desempeño; modos de falla; proceso de jerarquía analítica (AHP); reparación tubería en tubería (PIP); deformación lateral; elementos finitos; módulo de elasticidad; espesor; matriz de prioridad; falla crítica
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Fallo por fatiga, propagación de grietas y pandeo por deformación lateral, fallos localizados y fugas por presión interna y deformación axial por tensiones térmicas se encuentran como modos de falla comunes para las tuberías principales y el sistema PIP” 2) “La falla por pandeo se puede eliminar cuando el espesor de la PIP es de 12,7 mm o más” 3) “Los resultados de análisis finito muestran que las condiciones de soporte límite no tienen un efecto significativo sobre el comportamiento de tensión y deformación del PIP cuando la longitud de la tubería es mayor que 2 diámetros exteriores”. 4) “Los sistemas PIP con un espesor de 9,525 mm o menos experimentarán pandeo por compresión antes de alcanzar una deformación por tracción” 5) “El AHP sugirió que la deformación lateral es el objetivo de desempeño más crítico según la prioridad global, así como ambos criterios (espesor y módulo elástico del sistema PIP)...la carga de impacto, la carga de vibración, la deformación axial, la tensión circular y la ovalización de la sección transversal, respectivamente, es la clasificación global para el resto cuando la presión de diseño es considerado como 60 psi” REDACCIONES PROPIAS 6) Las simulaciones de elementos finitos se aplicaron considerando las siguientes solicitaciones: cargas superficiales cíclicas o vibratorias repetitivas; deformación lateral por socavamiento o hundimiento de terreno; ovalización por presión externa; deformación axial por cargas térmicas; esfuerzo circunferencial por presiones internas; perforación del sistema por impacto o fracturas. 7) Al poseer un módulo de elasticidad bajo, mayor deflexión diametral y por ende, más tendencia a fallar 8) De los materiales estudiados, ninguno se pandeará con un cambio de temperatura de 22°C, pasando a ser un modo de falla que no es crítico. 9) Dependiendo del espesor y módulo elástico, una carga por impacto puede ser un modo de falla significativo.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Revisar el comportamiento de sistemas PIP en torno a variedad de espesores y propiedades mecánicas de tuberías de plástico y metálicas para distintos tipos de cargas. • Conocer herramientas de evaluación de la infraestructura aplicables a modelos predictivos que colaboren a métodos de reparación competentes. • Comprender los resultados de la modelación para la aplicación de diferentes cargas, entendiendo las consideraciones y supuestos aplicados para dicha interpretación. • Aplicar los resultados de este estudio con las características de tuberías existentes en Alto Hospicio, recogiendo las conclusiones más significativas. • Contemplar los métodos de reparación en tuberías de acuerdo con los resultados del estudio y la realidad de Alto Hospicio.

Materiales más significantes:

Tablas

Gráficos

Ejemplos

Fotografías

Mapas

Otros

- Ecuación (2). Tensión de tracción teórica
- Ecuación (3). Tensión circunferencial para tubería esbelta
- Tabla 3. Comparación entre tensión de tracción prevista y análisis finito
- Tabla 4. Comparación entre tensión circunferencial prevista y análisis finito
- Tabla 5. Deformación máxima en el punto más inferior para varios espesores de tuberías por carga lateral.
- Tabla 6. Ciclos de vida hasta falla para varios espesores de tuberías por carga lateral.
- Figura 8. Pandeo de sistemas PIP bajo deformación lateral
- Tabla 7. Porcentaje de deflexión diametral para el sistema PIP
- Figura 19. Requisito de espesor mínimo para diferentes presiones internas de diseño
- Figura 21. Modos de falla típicos del sistema PIP bajo impacto.
- Tabla 8. Tamaños de grietas en material de 1 GPa bajo impacto.
- Ecuación (8). Prioridad global de los objetivos de desempeño críticos para el sistema PIP
- Figura 27. Jerarquía de prioridades locales basada en una presión de diseño de 60 psi.
- Tabla 13. Clasificación de objetivos de desempeño de PIP críticos para una presión interna de 60 psi

FICHA 33	TIPO de lectura (Complementaria)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Voisin, T.; Erriguible, A.; & Aymonier, C. (2019). INFLUENCE OF MULTIPHASIC SYSTEMS ON SALT(S) SOLUBILITY IN SUPERCRITICAL WATER: THE CASE OF NaCl AND NaCl-Na ₂ SO ₄ . <i>The Journal of Supercritical Fluids</i> , 152, 1-6.
Palabras claves:	Agua subcrítica; agua supercrítica; precipitación; solubilidad; conductividad; oxidación; diagrama de fases; dominio difásico
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Un efecto que se menciona con frecuencia en la literatura es el efecto del ion común. Si dos sales comparten un ion común, entonces la sal menos soluble ve una disminución en su solubilidad” 2) “A pesar del pequeño impacto del efecto del ion común entre dos sales, el principal efecto de la mezcla proviene de la fase densa” REDACCIONES PROPIAS 3) La solubilidad del cloruro de sodio presenta un dominio difásico con una fase de vapor con baja densidad y una fase líquida de alta densidad. 4) La solubilidad del sulfato de sodio baja al mezclarse con el cloruro de sodio por efecto del ion común 5) La alta concentración de NaCl en la salmuera permite tener una alta polaridad y con ello aumentar la solubilidad del sulfato de sodio.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Analizar la solubilidad de la sal común y la influencia al interactuar con otras sales solubles. • Revisar las condiciones y características de solubilidad de sales para diferentes tipos de aguas solventes aplicable al caso de estudio. • Comprender el comportamiento de la precipitación de sales solubles y la conductividad. • Evaluar el efecto del ion común entre dos sales con diferente solubilidad aplicable al caso de Alto Hospicio.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Esquema. Influencia de sistema multifásico de sales solubles en agua supercrítica. • Figura 1. Esquema del principio de configuración experimental y medición continua de la conductividad utilizada para los análisis de solubilidad de sales. • Figura 2. Datos de conductividad molar para NaCl a 25°C de la literatura y ley de potencia empírica utilizada para ajustar los datos • Figura 4. Ejemplo de detección de inestabilidades entre 385 y 415 °C, antes de la precipitación de NaCl para una concentración inicial de 0,05 mol/L. • Figura 7. Ilustración esquemática del diagrama H₂O-NaCl propuesto • Figura 8. Medición de la solubilidad de Na₂SO₄ en SCW en función de la temperatura a 25 MPa.

FICHA 34	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Liu, Y.; Li, F.; Liu, H.; Hou, Y. & Nazir, N. (2024). MECHANICAL STUDY AND APPLICATION OF COUPLING RELATIONSHIP BETWEEN WATER-SALT-RESISTIVITY-SOIL STRUCTURE IN SALINE SOILS IN ARID AND SEMI-ARID AREAS OF NORTHWEST CHINA. <i>Environmental Research</i> , 241,1-10.
Palabras claves:	Suelo salino; sales solubles; contenido de sal; resistividad del suelo; disolución; recristalización; termogravimetría; método eléctrico de alta densidad
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “A nivel mundial, los suelos salinos representan aproximadamente el 7,3% de la superficie continental” 2) “Los factores clave que contribuyen a la producción de suelos salinos en el noroeste de China incluyen condiciones climáticas áridas, alta evapotranspiración y cambios significativos de la temperatura” 3) “La mayoría de las investigaciones aplicadas sobre suelos salinos hoy en día se centran en mejorar la eficacia de los cultivos producidos, pero no se ha prestado mucha atención a la evaluación de los peligros de los suelos salinos para la infraestructura” 4) “El contenido de sal y la composición del tamaño de las partículas del suelo tienen un impacto más fuerte en la resistividad de las muestras de suelo con contenido de agua menor ($\leq 5\%$)” REDACCIONES PROPIAS 5) La resistividad del suelo se ve influida por el contenido de agua, el tamaño de partículas del suelo y la concentración de la sal. 6) Cuando el contenido de sal es superior al 5%, las partículas gruesas disminuyen su cantidad. 7) La alta concentración de sales provoca una baja resistividad en la zona de Qingquan. Las principales sales de esta zona son cloruro de sodio y sulfato de sodio. 8) Las sales iónicas pueden disminuir la resistividad sin depender de un alto contenido de agua o de sal. 9) Parte de la sección ferroviaria en Qingquan es afectada por alcantarillas y su filtración de agua, provocando el arqueamiento de la carretera.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Comprender el acoplamiento y relación de variables entre el agua-sal-estructura del suelo-conductividad. • Vincular resistividad del suelo con condiciones del noroeste de China y el caso de estudio. • Revisar concordancia y diferencias entre los tipos de suelos salinos del sector de China y de la localidad de Alto Hospicio. • Brindar recomendaciones y acciones de mejora para la construcción de infraestructura en China basado en las mediciones de campo.

Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Cuadro 1. Composición y características físicas de muestras de suelo con diferentes estructuras del suelo. • Figura 2. Método para la determinación de la resistividad de suelos salinos in situ y de laboratorio • Figura 3. Variación de la resistividad con el contenido de humedad en diferentes muestras de suelo • Figura 4. Variación de la resistividad con contenido de agua bajo diferentes contenidos de agua • Figura 5. Variación de resistividad con contenido de sal en diferentes muestras de suelo • Figura 8. Resultados de pruebas de resistividad, asentamiento y características del suelo en el sitio del condado de Qingquan
---	--

FICHA 35	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	QGIS. (2024). <i>QGIS Desktop 3.28 User Guide</i> . https://www.qgis.org/es/docs/index.html
Palabras claves:	Vector; capa; información; coordenadas de referencia; simbología; mapa de calor; etiquetas; rendering; tabla de atributos; ráster
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Con el representador <i>heatmap</i> puede crear mapas de calor dinámicos en vivo para capas (múltiples) puntos...También puede definir un límite de valor máximo y asignar un peso a los puntos mediante un campo o una expresión” 2) “QGIS ofrece muchos tipos de renderizado diferentes. La elección del renderizador depende del tipo de datos y la información que quiera resaltar” 3) “Esta herramienta es capaz de tomar varios rásteres como entrada y alinearlos perfectamente, eso significa: reproyectar al mismo SRC, remuestrear al mismo tamaño de celda y desplazamiento de cuadrícula, cortar a la extensión de interés, reescalar valores cuando sea necesario” REDACCIONES PROPIAS 4) Para un análisis global se puede usar la herramienta de alinear los rásteres o utilizar el georreferenciador para los datos anuales de fallas en redes. 5) Dado el cruce de capas con un radio de influencia definido, se deben utilizar herramientas del programa para ajustar áreas y discriminar datos que alteren el análisis.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Utilizar y entender el funcionamiento de las propiedades y funciones del software QGIS. • Comprender el trabajo con el software utilizando datos vectoriales y sus posibles modificaciones para el análisis georreferenciado. • Comprender el trabajo con el software utilizando datos ráster y sus posibles modificaciones para el análisis georreferenciado. • Aprender sobre la vinculación de datos vectoriales y datos ráster para transformar una información en otra representativa.

Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura 16.11: Diálogo Mapa de calor • Figura 17.22: Seleccione las opciones de remuestreo de ráster • Figura 17.23: Alinear ráster • Figura 17.26: Definición de la configuración de transformación del georreferenciador
---	--

FICHA 36	TIPO de lectura (Específica)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Christian Lillo Sarmiento (jefe de unidad de normas SISS), entrevistado por el autor, 4 de marzo de 2024.
Palabras claves:	Normativa; suelo salino; Superintendencia de Servicios Sanitarios; hundimiento de suelo; tuberías
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Mira en este momento solamente existe la norma del Ministerio de Vivienda y Urbanismo...y además existen dos normas domiciliarias de instalación donde se colocó solamente una frase” 2) “La reglamentación de la SISS es muy acotada, solamente referida a la prestación de servicios, por lo tanto, no existe una evaluación de riesgo en lo referido a este tema” 3) “La recomendación es que siempre sea vía norma, porque te permite hacer consulta pública, recoger la observación de todos los interesados y de esa manera generar una instrucción a futuro” 4) “Tenemos 4 normas de instalación domiciliaria en proceso de actualización, donde se van a colocar exigencias por el tema de suelo salino, dejando amarrada la instalación y el diseño de las tuberías” REDACCIONES PROPIAS 5) No hay conocimiento de normas internacionales que contemplen consideraciones al tema de suelo salino respecto de deficiencias en las redes sanitarias. 6) La sensorización de la red es más efectiva mientras más pequeño es el cuartel, lo que encarece los costos y por consecuencia, la tarifa. 7) Para revisar tipos de fallas debería realizar un estudio serio sobre la temática. En estricto rigor las tuberías no deberían fallar. 8) Para el PVC es relevante la cama de apoyo en la instalación de tuberías, evitando fisuras o daños. 9) Se está trabajando una instrucción antes de terminar los estudios normativos, donde el tema de la medición digital se está analizando a nivel nacional, pero no hay pronunciamiento oficial de la SISS

Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Validar lo estudiado en bibliografía y normativa chilena respecto a la situación y reglamentación del suelo salino y las redes sanitarias. • Comprender el contexto normativo actual y las próximas acciones de trabajo en que trabajan las autoridades. • Revisar condiciones o variables que afecten a las redes sanitarias respecto del tipo de suelo existente en Alto Hospicio. • Visualizar posibles propuestas o mejoras para el control y la gestión del agua en las redes de distribución.
Materiales más significantes: Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Entrevista personal vía Teams

FICHA 37	TIPO de lectura (Específica)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Denise La Caille Aleuy (Ingeniera de especificación, VINILIT), entrevistado por el autor, 5 de marzo de 2024.
Palabras claves:	PVC; HDPE; suelo salino; Superintendencia de Servicios Sanitarios; hundimiento de suelo; tuberías; Aguas del Altiplano
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “En Aguas del Altiplano siempre existió la idea de que el problema eran las tuberías de PVC, donde se provocaban las filtraciones, dándole demasiada preponderancia al polietileno” 2) “Al final el polietileno tiene precios muy parecidos al PVC ahora, pero si lo dejas como monopolístico, el tema se va a escapar absolutamente, tiene que existir alternativas, y no es que sea una mejor que la otra” 3) “Influye mucho el tipo de resina que tu tengas en la fabricación de la tubería, porque una tubería bien fabricada no debería tener problemas de grietas” 4) “Los principales problemas que ví en la construcción en Alto Hospicio fueron en uniones y en los rellenos. Esto último controla el estado estructural del tubo ante expansiones y contracciones” 5) “Yo conversaba con el gerente de infraestructura de Aguas Nuevas, que en su tiempo fue gerente de ingeniería en Aguas del Altiplano y me decía, no sé que tanto han mejorado las pérdidas con los cambios del polietileno. Te das cuenta de que, en el fondo, el HDPE es super bueno, pero han descuidado la inspección” REDACCIONES PROPIAS 6) De acuerdo con la experiencia de la profesional, muchas empresas constructoras que utilizaban polietileno presentaban fallas.

	7) En una prueba de presión para la unión de PVC mal instalada indica inmediatamente la falla sin embargo para una unión fusionada, esto no es visible hasta que transcurra tiempo. 8) El HDPE a diferencia del PVC poseen especificaciones tecnificadas y definidas, con mayor registro y georreferencia, además de la inspección. 9) Otra situación a considerar es la unión de los tubos con cámaras domiciliarias donde se pierde hermeticidad y aunque no exista presión, puede filtrar agua. 10) Mala inspección, material no adecuado o que no cumpla la norma y la instalación conforme a las especificaciones son los principales problemas de fallas en tuberías plásticas.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Validar lo estudiado en bibliografía y deficiencias en redes respecto a la experiencia profesional y conocimientos técnicos de un proveedor de tuberías. • Comprender las principales fallencias en las tuberías y su instalación en suelo salino. • Analizar variables y decisiones de la industria sanitaria para las redes sanitarias en Alto Hospicio. • Comparar ventajas y desventajas entre tuberías de HDPE y PVC instaladas en suelo salino.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	Entrevista personal vía Teams

FICHA 38	TIPO de lectura (Específica)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Suying Lay Son Aguilera (jefa zonal de redes Iquique, AGUAS DEL ALTIPLANO), entrevistado por el autor, 7 de marzo de 2024.
Palabras claves:	PVC; HDPE; suelo salino; hundimiento de suelo; tuberías; Aguas del Altiplano

Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “El pinzado no es 100% hermético dependiendo del diámetro de la tubería por pinzar, hasta 200 mm generalmente” 2) “En ese tipo de roturas, se forma un socavón, colocamos una bomba de achique con mangueras y extraemos el agua escurriendo directo hacia alguna cámara de alcantarillado” 3) “Tenemos más fallas cuando las tuberías son de PVC, en la parte de arriba del tubo son por presión y en la zona lateral son por aplastamiento y en la parte baja por piedras en rellenos” 4) “En los arranques los problemas se centran en los verticales que son manipulados y doblados, junto con arranques superficiales por mala instalación” 5) “Los inspectores tienen que ir a terreno a ver los trabajos que está realizando el contratista. Lamentablemente no podemos acudir al 100% de todas las reparaciones, pero si a la gran mayoría” REDACCIONES PROPIAS 6) Para reparaciones en redes públicas, si es PVC se debe generar un corte. Cuando es HDPE se utiliza el obturador y se informa como discontinuidad sin suspensión de servicio. 7) La empresa sanitaria pretende implementar en Iquique el sistema line stop, donde se genera un bypass y se taponea con globos. 8) Las variaciones de presión por problemas en la regulación de la red o uso de grifos generan fluctuaciones que provocan fallas en uniones y collares de arranques. 9) La inspección de la empresa puede llegar cuando se está comenzando o cuando ya culminó la reparación de emergencia, dado que los inspectores cumplen otras funciones en el área de redes. 10) El contratista de emergencia no requiere algún estudio, certificación o especialización técnica.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Validar lo estudiado en bibliografía y deficiencias en redes respecto a la experiencia profesional y conocimientos técnicos del operador sanitario. • Comprender las principales fallas en las tuberías y arranques en suelo salino. • Analizar variables y definiciones operativas de la empresa sanitaria para las redes sanitarias en Alto Hospicio. • Comprender el funcionamiento del sistema de contratistas y reparaciones de emergencias que aplica la empresa en la localidad de estudio.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	Entrevista personal vía Teams

FICHA 39	TIPO de lectura (Específica)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Oscar Gómez Mora (Category Manager Municipal Costa Rica, ALIAXIS), entrevistado por el autor, 14 de marzo de 2024.
Palabras claves:	PVC; HDPE; suelo salino; hundimiento de suelo; tuberías; fallas; restrictores
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Los restrictores son piezas metálicas que permiten movimiento angular y un poco de movimiento axial, dejando mayor libertad. Posee instrucciones de apriete definidas para el torque y tiene una vida útil similar al tubo” 2) “En muchos países, las uniones de PVC utilizan restrictores externos en vez de machones” 3) “La termofusión mezcla polímeros de un lado y de otro de tuberías. Cuando existe contaminación en la superficie o los bordes, no hay transferencia molecular, generando una frontera. Esto pasa las pruebas de presión, aunque tenga deficiencias en la unión” 4) “No todo el polietileno es óptimo para la termofusión, debido al efecto resina, cuyo material entrega fragilidad a la tubería” 5) “El proceso constructivo actual empuja a la libertad absoluta en malas condiciones, dejando espacios para que los errores se manifiesten, aumentando la deformación unitaria y reduciendo los factores de seguridad de los fabricantes” REDACCIONES PROPIAS 6) Para cambios de dirección en tuberías se utiliza machón de apoyo, el cual es susceptible a un deficiente proceso constructivo, desplazamiento o un ensamble no adecuado. 7) La curvatura en tuberías de HDPE tiene un límite definido por el fabricante. El incumplimiento de esto genera momentos flectores y tensiones a largo plazo en tubos y conexiones. 8) Problemas de alineación y fallas en enfriamiento de soldadura provocan la ruptura de polímeros y un exceso de deformación. 9) La electrofusión es más segura que la termofusión.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Validar lo estudiado en bibliografía y deficiencias en redes respecto a la experiencia profesional y conocimientos técnicos de un experto en tuberías plásticas. • Comprender las principales fallas en las tuberías, piezas especiales y uniones de HDPE y PVC. • Analizar variables y definiciones constructivas de la empresa fabricante para las redes sanitarias comparándola con la realidad de Alto Hospicio. • Revisar opciones de soluciones para deficiencias constructivas en las redes de distribución aplicables en el mundo.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Fotografías Otros	Entrevista personal vía Google Meets

FICHA 40	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Ang, A.; & Tang, W. (2006). <i>PROBABILITY CONCEPTS IN ENGINEERING: Emphasis on applications to Civil and Environmental Engineering</i> (2a ed.). Wiley
Palabras claves:	Distribución asintótica; simulación Montecarlo; muestra aleatoria; promedio; mediana; moda; varianza; prueba de hipótesis; intervalo de confianza; probabilidad normal; prueba chi cuadrado; Test Kolmogorov-Smirnov; correlación; regresión multi lineal; regresión no lineal
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Dentro de los clásicos métodos de estimación, cada error no es incluido en el punto estimado de los parámetros; los estimadores deben ser testeados para cumplimiento de valores específicos o estándares predefinidos a través de las pruebas de hipótesis.” 2) “Teóricamente, el coeficiente de correlación es definido solo por la distribución normal bivariada de dos variables aleatorias. Las suposiciones del modelo lineal y varianza constante en la regresión son en efecto, propiedades inherentes de dos conjuntos normales” REDACCIONES PROPIAS 3) La simulación Montecarlo permite conocer la distribución de probabilidad para múltiples variables. 4) Para el análisis multi lineal se generan relaciones entre dos variables, estableciendo y obteniendo los indicadores de una matriz de correlaciones
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Repasar conocimientos estadísticos sobre el análisis de datos, tipos de variables (cuantitativas y cualitativas) y tamaño de muestras aplicadas al tema de la tesina. • Comprender las principales consideraciones para calcular parámetros estadísticos relevantes y su significancia o grado de confianza en torno a los resultados obtenidos. • Entender la diferencia entre modelo de datos lineales y no lineales, al escoger un modelo estadístico de regresión y comprobación. • Revisar ejercicios ejemplificadores de la aplicación de cada tipo de prueba estadística (capítulo 6 y 7) y de regresión (capítulo 8) • Revisar análisis de datos e hipótesis de interés multivariable
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Tabla 6.1. Parámetros y distribuciones comunes (pág. 249-250) • Ecuación 8.5. Regresión lineal (pág. 308) • Ecuación 8.9. Coeficiente de correlación (pág. 312) • Ejemplo 8.5. Correlación multi lineal (pág. 323)

FICHA 41	TIPO de lectura (Fundamental)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Olguín, R., Acevedo, P., y Foncea, C. (2004, 24-26 de noviembre). SUELOS SALINOS DEL NORTE DE CHILE, PARTE III [Presentación en congreso]. V Congreso chileno de Ingeniería geotécnica, Santiago. http://www.gdegeotecnia.cl/publicaciones.html
Palabras claves:	Ensayo edométrico; disolución de sales; asentamiento; estructura del suelo; saturación; Relación Potencial de Vacíos; degradación de rigidez; suelo salino
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “En estudios geotécnicos, la cuantificación de las probables deformaciones debe realizarse observando en conjunto dos aspectos: el tipo de estructura y el valor del parámetro Relación Potencial de Vacíos” 2) “Estructuras macro porosas conllevan elevados potenciales de colapso que pueden confiablemente ser evaluadas a través del parámetro RPV”. 3) “Estructuras micro porosas...al poseer reducida permeabilidad, ofreciendo una mayor resistencia al flujo, lo que reduce aún más la movilidad de las sales solubles, proporcionando así un margen adicional de seguridad” REDACCIONES PROPIAS 4) Se propone una metodología para desarrollar el conocimiento de los suelos salinos en el norte de Chile, basándose en una secuencia de 8 pasos. 5) Lo primero es determinar las condiciones geológicas y de depositación del terreno para la disolución de sales y la movilidad del agua. 6) Es importante realizar pruebas de carga en terreno y ensayos edométricos en laboratorio para visualizar efectos dinámicos sobre la rigidez del suelo.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Conocer las pruebas de carga aplicables a depósitos salinos en suelos del norte de Chile. • Utilizar las consideraciones sobre los tipos de estructuras de suelos y otras propiedades relativas a las sales y el potencial de vacíos para comprender los resultados de muestreos aplicados. • Comprender las condiciones claves para el asentamiento en suelo salino, aplicables al desarrollo de estructuras y fundaciones. • Visualizar la metodología propuesta para conocer las condiciones geotécnicas del suelo salino en la localidad de estudio.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura 2. Curva representativa de ensayo edométrico • Tabla 3. Deformaciones verticales unitarias al saturar la muestra en ensayo edométrico. • Figura 4. Prueba de carga in situ. Suelo natural e inundado. • Figura 5. Estratigrafía, muestreo y curva de salinidad

FICHA 42	TIPO de lectura (Específica)
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Patricio Jorquera (Doctor en Química, académico Universidad de Chile, asesor técnico en tuberías plásticas y perito judicial), entrevistado por el autor, 17 de mayo de 2024.
Palabras claves:	PVC; HDPE; tuberías plásticas; fallas; confiabilidad; deformación por flexión; pinzado; soldadura
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “La confiabilidad tiene mucho que ver con el tema del diseño, después la instalación y la operación” 2) “La idea es diseñar tuberías a los 50 años, que es el criterio de construcción, dejando las tuberías sin cambios en sus propiedades en el tiempo, distinto a la curva de plasto deformación característica” 3) “En general, lo que más falla es la unión y la soldadura. Por presión es menos, solo asociado a excesos con la operación” 4) “El tema de la resina es la materia prima y al igual que la tubería, tiene ciertas normas, ciertas características que respetar y verificar.” 5) “Una tubería instalada con mucha profundidad, curiosamente, le afecta menos el terreno ya que no solo trabaja la presión, haciendo que el suelo contribuya a aplastarla” 6) “El polietileno tiene mayor fluencia y se deforma más fácil...Habría que ver el tipo de falla, analizar el tipo de grieta, pero me da la impresión de que es por la deformación por flexión. El polietileno no es tan rígido como el PVC” REDACCIONES PROPIAS 7) Los materiales plásticos presentan deterioro en el tiempo, lo que se demuestra con las curvas de plasto deformación que señalan un decaimiento de la resistencia. 8) A diferencia de las tuberías metálicas, no hay norma que acredite o certifique la soldadura de tuberías plásticas. 9) Muchas fallas en la calidad de la soldadura y en los soportes de uniones donde se reciben movimientos o golpes de ariete. 10) El pinzado afecta a las propiedades mecánicas del HDPE. Dicha reparación debería contemplar una mayor resistencia o reforzamiento para fortalecer el punto de falla.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta	• Validar lo estudiado en bibliografía y deficiencias en redes respecto a la experiencia profesional y conocimientos técnicos de un experto en tuberías plásticas. • Comprender las principales fallas en las tuberías, piezas especiales y uniones de HDPE y PVC. • Analizar variables y definiciones constructivas de la empresa fabricante para las redes sanitarias comparándola con la realidad de Alto Hospicio. • Revisar opciones de soluciones para deficiencias constructivas en las redes de distribución aplicables en el mundo.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Fotografías Otros	Entrevista personal vía Microsoft Teams

Anexo 1.B. Fichas Clases

FICHA 1	
Nombre del módulo Profesor Lectura	GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Javier Martin-Vide El agua en los objetivos del desarrollo sostenible
Palabras claves:	Objetivos del desarrollo sostenible (ODS); agua potable y saneamiento; ciudades y comunidades sostenibles; inclusión social; respeto ambiental; eficiencia económica; Gestión recursos hídricos; uso eficiente; sostenibilidad; educación; cultura
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Mitigación, adaptación y una nueva cultura del agua, en la que el agua se contempla como un activo ecosocial” 2) “Las 3 I, implicarse, investigar, innovar...e imaginar.”
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Conocer los ODS y categorizar la idea de la tesina dentro de ellos y sus objetivos específicos y metas. • Orientar el objetivo general del estudio con los ODS establecidos a nivel mundial para el desarrollo sostenible.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Meta 6.4) Aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y abastecimiento de agua dulce. • Meta 6.b) Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.

FICHA 2	
Nombre del módulo Profesor Lectura	GESTIÓN DE REDES Francisco Ottone Gestión de redes en empresas sanitarias
Palabras claves:	Factibilidad; diseño; obras de capacidad; construcción; sistema de información geográfica (SIG); planes de desarrollo; aspectos tarifarios; aplicaciones tecnológicas; gestión de activos; telemetría; agua no contabilizada; pérdidas físicas
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “El coste directo de inversión de la red de distribución de agua potable se determina en función de: diámetro de la tubería, longitud por diámetro, tipo de terreno por cada tipo de suelo definido, porcentaje de la red afecta a napa” 2) “Pérdidas físicas: corresponde al volumen de agua que es producido y que no llega al consumidor final por fallas en los sistemas de distribución” REDACCIONES PROPIAS 3) El pronunciamiento de la SISS frente a obras para el plan de desarrollo, no libera la responsabilidad de la concesionaria.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Comprender el ciclo de vida de la red a través de sus etapas desde la factibilidad de servicio hasta el abandono de la red. • Entender el campo de acción de los planes de desarrollo ejecutados por las empresas sanitarias con respecto a suelo salino • Comprender las variables evaluadas para valorizar tarifas en redes de distribución y de recolección. • Determinar tipo de pérdidas de agua son relativas al análisis de la tesina. • Revisar una metodología para la reducción de aguas no facturadas y sus resultados • Propuestas de mejora para modificar protocolos de información SISS
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Condiciones mínimas y parámetros de diseño para redes de agua potable y aguas servidas • Tiempos de atención frente a la atención de emergencias • Consideraciones tarifarias para evaluar redes de distribución y recolección conforme a su eficiencia y valorización. • Meta ANF 2030: 25% • Indicador ILI • Tipos de reparaciones en tuberías con fluido o en operación sin corte

FICHA 3	
Nombre del módulo Profesor/Autor Lectura	GESTIÓN DE REDES Grigg, N. (2015). "Management tools to optimize pipeline longevity". <i>American Water Works Association</i> . 107 (1). 40-50
Palabras claves:	Confiabilidad; rendimiento; eficiencia; envejecimiento de redes; herramientas de análisis de redes; administración de activos; tuberías inteligentes; análisis costo-beneficio; modelos de consecuencias; evaluación de impactos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. "Citas textuales" 2. Redacciones propias	REDACCIONES PROPIAS 1) La resistencia al aumento de tarifas, la alta tolerancia a la frecuencia de fallas y la edad de las cañerías, son variables preocupantes. 2) Debido a la lenta tasa de reposición de redes, el uso eficiente de recursos para gestionar rendimiento incrementa la capacidad de planificación. 3) El problema de la longevidad de las tuberías es conocido en el mundo sanitario, sin embargo, la tasa de reposición se mantiene baja desde hace años.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Avalar la administración de activos con un modelo de monitoreo para rendimiento de redes bajo criterios de evaluación y riesgos. • Analizar criterios de evaluación como fallas, vida útil, pérdida de capacidad, suelo corrosivo, calidad de agua, condiciones hidráulicas, singularidades, materialidad, clientes críticos y costos de mantención frente a la gestión de redes. • Conocer herramientas para el análisis y administración de redes desde la arista de la planificación, operación, información y toma de decisiones.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Sistema G200-09 • Análisis multi-criterio (MCDA)

FICHA 4	
Nombre del módulo Profesor Lectura	EFICIENCIA HÍDRICA Edward Johns Neumann-Cristian Carvallo Gestión de calidad total y excelencia operacional
Palabras claves:	Excelencia operacional; lean thinking; JIT; mudas; cadena de valor; calidad; mejora continua (kaizen); costos de prevención; costos de evaluación; costos de fallas internas; costos de fallas externas
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Existe valor cuando un producto tiene atributos que son percibidos por los clientes y estos están dispuestos a pagar por ellos” 2) “El mejor enfoque es buscar y eliminar problemas donde se asume que no existen” REDACCIONES PROPIAS 3) La mejora continua visualiza la necesidad de mejoras prácticas y genera comparaciones competitivas
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Conocer los principios fundamentales del lean thinking y su aplicación a servicios • Reconocer las mudas existentes en la reducción de pérdidas dentro del servicio de distribución AP • Comprender el concepto de calidad total, sus medidas de control, aseguramiento y excelencia en servicios • Determinar tipos de costos asociados a la calidad y su aplicabilidad en la problemática de fugas en suelo salino • Analizar y vincular principios básicos de norma ISO 9000:2015 con la gestión de pérdidas en la problemática de estudio
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Principios fundamentales del Lean Thinking • Mudras: Sobreproducción-Esperas-Operaciones con mala calidad • Diagrama Ishikawa • Gráfica de Pareto • Norma ISO 9000 • KPI para determinar calidad

FICHA 5	
Nombre del módulo Profesor Lectura	GESTIÓN DE CLIENTES Alejandro Palma Torres Gestión de clientes
Palabras claves:	Marketing; necesidad; demanda; deseo; innovación; cambio; orientación al cliente; análisis microentorno; Fuerzas de Porter; análisis macroentorno; ventaja competitiva; organización; cadena de valor; buyer personas; estrategias de crecimiento
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Debe comenzar con la experiencia del cliente y trabajar hacia atrás con la tecnología” 2) “La innovación requiere identificar profundamente los problemas que importan y entregar valor a través de soluciones elegantes” REDACCIONES PROPIAS 3) Las concesiones sanitarias no presentan ventaja competitiva por la reglamentación vigente, sin embargo, se requiere un análisis del entorno y un plan de marketing orientado al cliente
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Contrastar las definiciones de marketing con los requerimientos del usuario para el mundo sanitario • Comparar los tipos de empresas del mundo y su adaptación al cambio, visualizando también la industria sanitaria. • Relacionar un plan de marketing estratégico y su aplicabilidad en la industria sanitaria.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Etapas de un plan de marketing estratégico • Variables de análisis macroentorno (PESTEL)

FICHA 6	
Nombre del módulo Profesor Lectura	EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS Rodrigo Suarez-Roxana Trujillo Tecnología de percepción remota para la gestión de recursos hídricos
Palabras claves:	Aplicaciones con percepción remota; sensor remoto; resolución; datos geoespaciales; convergencia hídrica; índice de agua; imágenes
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Cada sensor satelital se fabrica según los requisitos técnicos de su fabricante, dependiendo de la finalidad para la que está siendo hecho, la resolución espectral se traduce en cuantos rangos del espectro electromagnético puede llegar a captar una imagen” 2) “Es necesario tener los conceptos básicos para entender lo que se mira y obtener información útil” 3) “Para entender en forma integral una situación específica, es necesario comprender el contexto en que ésta se desenvuelve” REDACCIONES PROPIAS 4) Los factores de reflectividad del agua se determinan por el contenido de clorofila, los materiales en suspensión y la rugosidad superficial.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Conocer la tecnología existente de percepción remota y sus aplicaciones a la gestión del agua. • Estudiar con imágenes satelitales, la distribución y comportamiento del agua en una unidad territorial. • Relacionar el procesamiento de datos vectoriales para la modelación de espectros con los datos recopilados a raíz de fallas y reclamos por agua potable • Revisar y discriminar la utilidad de la metodología empleada para el procesamiento de información respecto a lo propuesto en la tesina.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Esquema de captura y procesamiento de datos geoespaciales (lámina 10) • Figura: Estudios convergencia hídrica (lámina 24) • Ecuación índice de agua (lámina 25) • Figura: Integración final a software (lámina 33)

FICHA 7	
Nombre del módulo Profesor Lectura	EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS Raúl Flores Audibert Análisis y gestión de series de tiempo de datos hidrometeorológicos
Palabras claves:	Series de tiempo; determinística; estocástica; no estacionaria; estacionalidad; tendencia; significancia estadística; ciclo; análisis probabilístico.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Los datos pueden comportarse de diferente forma a través del tiempo” 2) “Fenómenos respecto de los cuales no tenemos suficiente teoría/información para predecir completamente” 3) “Tendencias en el largo plazo tienden a ser el resultado de cambios antropogénicos” REDACCIONES PROPIAS 4) Las componentes de una serie de tiempo es la tendencia, estacionalidad, aleatoriedad y ciclicidad 5) Para determinar si la tendencia posee significancia estadística es necesario aplicar una prueba de bondad como Mann-Kendall.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Comprender las características principales de las series de tiempo y de los datos reportados en el PR013 • Clasificar el tipo de información de esta tesina conforme a las condiciones establecidas y a la tendencia por calcular. • Definir la importancia de los parámetros y la significancia estadística para determinar el tipo de relación entre las variables por analizar.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura: Aumento de temperatura a nivel global (lámina 14) • Esquema general sobre series de tiempo (lámina 27) • Ecuaciones parámetros estadísticos (lámina 56)

FICHA 8	
Nombre del módulo Profesor Lectura	EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS Instituto Nacional de Estadísticas. (2008). <i>Código de buenas prácticas de las estadísticas chilenas</i> . https://unstats.un.org/unsd/dnss/docs-ngaf/Chile-buenaspracticas_pag.pdf
Palabras claves:	Principios estadísticos; entorno institucional; imparcialidad; objetividad; procesos estadísticos; metodología; procedimientos adecuados; producción estadística; precisión; fiabilidad; comparabilidad.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Los factores institucionales y organizativos tienen una influencia considerable en la eficacia y la credibilidad de una autoridad estadística que elabora y difunde estadísticas públicas y oficiales” 2) “La credibilidad de las estadísticas se ve reforzada por una reputación de buena gestión y eficacia” 3) “Esta meta se cumple en la medida que las estadísticas son pertinentes, precisas y fiables, oportunas, coherentes, comparables en el tiempo” REDACCIONES PROPIAS 4) Dentro de los principios estadísticos para el buen uso de datos, los elementos principales para el manejo de información sobre hundimiento de terreno se relacionan con los principios 6, 7, 8, 12 y 14.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Conocer los requerimientos y condiciones centrales de los datos para un buen manejo estadístico. • Revisar y calificar los principios estadísticos principales aplicados en el análisis de esta tesina. • Validar los principios mencionados conforme a los tipos de datos seleccionados de la empresa sanitaria.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Principio 6: Imparcialidad y objetividad • Principio 7: Metodología sólida • Principio 8: Procedimientos estadísticos adecuados • Principio 12: Precisión y fiabilidad • Principio 14: Coherencia y comparabilidad

FICHA 9	
Nombre del módulo Profesor Lectura	PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN ESTRATÉGICA Lionel Valenzuela Oyaneder Planificación estratégica e implementación de estrategias
Palabras claves:	Gestión estratégica; planificación; implementación; análisis del entorno; valor neto; análisis de la organización; modelo VRIO; benchmarking; estrategia; matriz FODA; estrategia funcional
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Nos invita a conocernos y comprender el entorno que rodea a la empresa” 2) “Será importante poner atención tanto en la planificación como en la implementación” 3) “Plan amplio y general que le permitirá a la organización, utilizando los recursos que posee, alcanzar los objetivos organizacionales”. REDACCIONES PROPIAS 4) Dentro del análisis del macroentorno, las fuerzas sociales, demográficas, políticas y legales son contempladas para el hundimiento en suelo salino.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Revisar las etapas del proceso de gestión estratégica aplicado a una empresa. • Analizar las etapas de la gestión estratégica aplicables a la problemática que trabaja la industria sanitaria en suelo salino. • Orientar el análisis del entorno y de la organización hacia la situación de hundimientos en suelo salino. • Relacionar tipos de estrategias e implementaciones para obtener una ventaja competitiva en deficiencias de calidad de servicio.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Esquema del proceso de gestión estratégica (lámina 7) • Esquema de los bloques genéricos de formación de la ventaja competitiva (lámina 60) • Matriz FODA (lámina 66)

FICHA 10	
Nombre del módulo Profesor Lectura	PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN ESTRATÉGICA Fernández, A. (2001). El balanced scorecard: ayudando a implantar la estrategia. <i>Revista de antiguos alumnos del IESE</i> , 32-42.
Palabras claves:	Cuadro de mando integral; mapa estratégico; objetivo estratégico; enfoques; perspectivas; propuesta de valor; excelencia operativa; indicadores de causa; indicadores de resultado
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “El balance scorecard es un modelo de gestión que traduce la estrategia en objetivos relacionados, medidos a través de indicadores y ligados a unos planes de acción que permiten alinear el comportamiento de los miembros de la organización” 2) “El balance scorecard es, por tanto, un modelo de gestión con visión a largo plazo, en contraste con modelos que, por incluir solo indicadores financieros, proporcionan una visión más a corto plazo” 3) “La necesidad no depende, por tanto, del tipo de organización, sino de los problemas que tiene y de si necesita mejorar su modelo de planificación y gestión” REDACCIONES PROPIAS 4) Las perspectivas de la organización frente a cada objetivo estratégico son la financiera, la del cliente, la interna y de aprendizaje y crecimiento. 5) El balance scorecard permite planificar y gestionar una estrategia a largo plazo, simplificando y priorizando los objetivos estratégicos.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Comprender las aplicaciones del balance scorecard como modelo de gestión estratégica para problemáticas existentes. • Revisar la metodología y planificación sobre esta estrategia para visualizar su aplicabilidad en los hundimientos del suelo salino por fallas en redes públicas • Complementar un plan de mejoras con indicadores que verifiquen su efectividad para las soluciones proyectadas en fallas de redes sanitarias en suelo salino en torno a esta metodología.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura 1. Ejemplo de mapa estratégico • Figura 3. Impacto de las iniciativas en los objetivos estratégicos • Las preguntas más habituales: ¿Cómo saber si una implantación funciona? • Las preguntas más habituales: ¿Cuál es el momento adecuado para comenzar una implantación?

FICHA 11	
Nombre del módulo Profesor Lectura	PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN ESTRATÉGICA Porter, M. (2008). ¿Qué es la estrategia? <i>Harvard Business Review</i> , 1-21.
Palabras claves:	Estrategia; eficacia operacional; trade-offs; posicionamiento estratégico; ventaja competitiva; sustentabilidad; coherencia simple; optimización del esfuerzo
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “La estrategia es la creación de una posición única y valiosa que involucra un conjunto diferente de actividades” 2) “El posicionamiento estratégico puede basarse en las necesidades de los clientes, su asequibilidad, o el grado de variedad de los productos o servicios de una empresa” 3) “Un trade-off significa que para tener más de algo hay que tener menos de otra cosa” 4) “La esencia de la gestión general es la estrategia: definir la posición de la empresa, hacer trade-offs y forjar el calce entre las actividades” REDACCIONES PROPIAS 5) La eficacia operacional es necesaria pero no es todo, dado que la tecnología, la gestión del cambio y el benchmark generan una convergencia competitiva. 6) Los trade-offs generan la necesidad de elegir y con ello, limitan la oferta de la empresa, siendo vitales en la estrategia. 7) Profundizar en las necesidades genera mayor rentabilidad que diferenciar las actividades
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Comprender los aspectos principales de la definición de estrategia. • Evaluar la eficacia operacional en torno a las consideraciones del caso de estudio a largo plazo. • Aplicar los conceptos de estrategia y trade-off en la industria sanitaria de Chile, visualizando las ventajas y debilidades del modelo. • Analizar las necesidades, condiciones y tecnologías emergentes dentro de la estrategia para una empresa.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Esquema: Trazar un mapa de los sistemas de actividades (página 12) • Cuadro: Dos visiones alternativas de la estrategia (página 15)

FICHA 12	
Nombre del módulo Profesor Lectura	GOBERNANZA Y ECONOMÍA DEL AGUA Manuel Madrid-Aris Economía y política de regulación
Palabras claves:	Tasa de retorno con compartimiento de ganancias; regulación precio tope; escala deslizante; benchmarking; regulación subrogada; empresa modelo; empresa real; precios por amenaza; análisis de envoltorio de datos; eficiencia
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Si el resultado excede el parámetro definido, parte de la ganancia se debe regresar a los consumidores” 2) “Usada intensivamente para estimar parámetros eficientes de la empresa líder o para crear una empresa modelo para ciertas funciones o categorías funcionales para posteriormente estimar el costo eficiente” 3) “Si existen monopolios en varios mercados regionales se puede explotar la información sobre sus desempeños para forzar a las demás empresas a mejorar su eficiencia en sus respectivos mercados, aunque no compitan entre ellos” REDACCIONES PROPIAS 4) Para la tasa de retorno con ganancias compartidas requiere establecer una banda donde las ganancias superiores sean repartidas a los usuarios. 5) Para el modelo con precio tope se tiende a disminuir costos sin incentivo a la inversión. 6) Como la información es asimétrica, la SISS no puede regular a la empresa real.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Comprender las ventajas y desventajas de los modelos de regulación de precios existentes y los aplicados en la industria sanitaria de Chile. • Revisar otros modelos de regulación que se pueden aplicar al sistema tarifario en la localidad de estudio. • Analizar las diferencias entre la teoría y la realidad aplicada a la empresa modelo del sistema tarifario actual.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Gráfico Tasa de retorno con compartimiento de ganancias (lámina 7) • Tabla de costos incrementales y tarifas eficientes (lámina 32) • Listado de mitos sobre modelos con incentivos (lámina 46)

FICHA 13	
Nombre del módulo Profesor Lectura	GOBERNANZA Y ECONOMÍA DEL AGUA Manuel Madrid-Aris Tarifas en la práctica para el sector sanitario
Palabras claves:	Tarifas; bloques crecientes; tarifa uniforme; estabilidad financiera; eficiencia técnica; eficiencia económica; costo marginal; equidad; justicia; conservación de recursos; consumo de subsistencia; transparencia; simplicidad; costo de capital; capital regulatorio; depreciación; costos marginales
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Eficiencia económica, que es aquella que refleja el nivel de precios competitivos bajo el supuesto de una inversión eficiente, evitando el traspaso de costos de gestión ineficientes de la prestación del servicio público al usuario” 2) “Cualquier regla establecida para diseñar tarifas, sea a través de costos marginales o costos medios, debe ser juzgada razonable o irrazonable en referencia a su efectividad” 3) “El costo de capital depende del riesgo de la inversión” 4) “Asignar el precio marginal a toda el agua normalmente resulta en la colección de ingresos mediante tarifas más altas que generan un exceso de ingresos..., generando de esta manera utilidades más allá de lo normal para el operador y que son pagadas por los consumidores” REDACCIONES PROPIAS 5) La estructura de precios por bloques permitiría la conservación del recurso y la eficiencia hídrica. 6) El cargo por uso (consumo) contempla todos los costos variables de la empresa
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Revisar los objetivos de una estructura tarifaria y el grado de cumplimiento existente en el modelo sanitario chileno. • Comprender la importancia de determinar la tasa de retorno para valorizar los activos en monopolios naturales. • Analizar las diferentes variables y supuestos aplicados para la estimación de costos, gastos e inversiones.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Gráfica sobre estructuras tarifarias (lámina 6) • Gráfica de estructura tarifaria en Estados Unidos (lámina 9) • Fórmula tasa de costo de capital (lámina 30) • Tabla 4: Promedio de betas por industria y por régimen de regulación de precios • Tabla: Factores de depreciación contable y vida útil de algunos activos (lámina 37)

FICHA 14	
Nombre del módulo Profesor Lectura	SISTEMA DE GESTIÓN Oscar Viera Villegas Gestión de activos en industria sanitaria
Palabras claves:	Activos; plan de desarrollo; planificación adaptativa; OPEX; CAPEX; gobierno de inversiones; priorización; evaluación económica; evaluación de riesgos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Los sistemas de agua en el mundo: no están equipados para formular planes de mantenimiento sólidos; no están respaldados por herramientas y conocimientos de última generación; insostenibilidad de enormes inversiones en infraestructura hídrica” 2) “La primera acción es mantenimiento correctivo, luego se gestionan reemplazos si es que aplican. Finalmente, se evalúan los aumentos de capacidad” 3) “La vida útil técnica no debe guiar las tasas de renovación, más bien los indicadores de desempeño esperados” REDACCIONES PROPIAS 4) La mayoría de las obras incluidas en PD tienen relación con déficit de BOD. 5) Existe tecnología para la renovación de redes sin zanja, pero no se tiene la aprobación técnica.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Reconocer las condiciones de activos físicos en la industria sanitaria y su gestión • Relacionar las variables influyentes en el uso de la infraestructura sanitaria como inmigración, cambio climático, pérdidas en red, etc. • Conocer las variables aplicadas como criterio para determinar la renovación de redes. • Implicar la importancia de herramientas de gestión con la aplicación de tecnología y una red inteligente de control.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Gráfico, lámina 11 • Esquema, lámina 21 • Esquema, lámina 58 • Ecuación, lámina 60 • Esquema, lámina 63

FICHA 15	
Nombre del módulo Profesor Lectura	RIESGOS Y CONFLICTOS EN LA GESTIÓN DE RECURSOS Carlos Gómez Singh Gestión de riesgos y PSA
Palabras claves	Riesgos; amenazas; vulnerabilidad; desastres; agua; saneamiento; peligros
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Proporcionar una respuesta eficiente y eficaz frente a eventos que afecten al sector de agua y saneamiento: evaluación capacidad de respuesta de las concesionarias ante emergencias” 2) “Se incorporó en los nuevos procesos, tanto de planes de desarrollo como de tarifas, la gestión de riesgos de desastres” 3) “Prepararnos ahora para una serie de escenarios climáticos, además de fluctuaciones en la demanda del agua, nos ayudará a proveer agua a los residentes de una manera confiable, rentable y ambientalmente sensible” REDACCIONES PROPIAS 4) SISS está facultada para sancionar a concesionarias por incumplimiento en la calidad del servicio prestado (deficiencias en continuidad de servicio o en atención de reclamos de usuarios)
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Revisar las implicancias y definiciones de riesgos o vulnerabilidades de la infraestructura sanitaria. • Revisar consideraciones exigidas a las concesionarias para la atención durante emergencias. • Analizar eventos antrópicos como riesgos susceptibles de gestionar y planificar para reducir y mitigar sus efectos.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Tabla de sanciones, lámina 11. • Tabla de metodología para un mapa de riesgos, lámina 26 • Esquema Riesgo-Incertidumbre, lámina 34

FICHA 16	
Nombre del módulo Profesor Lectura	INNOVACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS Marcelo Bravo Fortune Modelos de entrega de proyectos y formas de contrato
Palabras claves:	Contratos colaborativos; precios unitarios, suma alzada, permisos prioritarios; productividad; mandante; contratista; riesgos; proyectos; diálogo competitivo
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Proporción relevante de consultas a las bases de licitaciones que dan cuenta de errores u omisiones que deben ser posteriormente corregidos de manera formal” 2) “Permite que el contrato y las partes adapten fácilmente a los cambios al permitir que las partes colaboren de manera efectiva para resolver problemas técnicos y de diseño” 3) “El tipo de contrato debería seleccionarse en función de las características del proyecto, las características del propietario y la situación del mercado” REDACCIONES PROPIAS 4) Dentro de la preocupación de la industria sanitaria por los contratos se cuentan los aumentos de plazos, disputas legales, baja inversión en infraestructura, contratos sin salida, aumento de costos y mitigación del riesgo. 5) Para la participación temprana de contratistas se generan formas que vinculan diseño, construcción, operación y mantenimiento
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Conocer los distintos tipos de contratos entre mandantes y contratistas. • Revisar las principales preocupaciones de la industria sanitaria en materia de contratos de acuerdo con las deficiencias existentes. • Visualizar la alternativa de contratos colaborativos como forma de gestión en proyectos de la industria sanitaria. • Conocer ejemplos de aplicaciones internacionales o modelos de contratos que sean aplicables al caso chileno.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Gráficas sobre plazos de permisos 2018-2022, lámina 11 • Gráfica de productividad, lámina 15 • Gráfica sobre retraso promedio por contrato, lámina 20 • Cuadro de beneficios de contratos colaborativos, lámina 28 • Figura, desarrollo integrado de contratos en proyectos de infraestructura, lámina 36 • Caso 1 y caso 3

FICHA 17	
Nombre del módulo Profesor Lectura	EFICIENCIA HÍDRICA Buchade, G.; Teli, S.; Yakkundi, V.; & Mulgund, G. (2017). A SIX SIGMA APPROACH TO WATER SAVINGS. <i>Environmental management and sustainable development</i> , 2164-7682, 1-4.
Palabras claves:	Enfoque six sigma; DMAIC; pérdida de agua; eficiencia del agua; gestión del agua; gestión de instalaciones; proveedores privados del agua; medición; caudal mínimo nocturno
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Durante eventos de baja presión en una línea rota, es posible que estos contaminantes ingresen al sistema” 2) “Six sigma en su totalidad funcionará principalmente de tres maneras diferentes: como métrica, sistema de gestión y metodología” 3) “Reducir el consumo general de agua podría lograrse mediante una combinación de técnicas de reducción de fugas en el sistema de distribución y un enfoque de gestión de la demanda de agua dentro de las instalaciones” 4) “Las mediciones de MNF (flujo nocturno mínimo) proporcionan una mejor indicación de fugas en el sistema en comparación con las lecturas diarias”. REDACCIONES PROPIAS 5) Metodología Six sigma mejora la calidad dentro de las industrias de servicios mediante la disminución de fugas y el control de ineficiencias hídricas. 6) El ciclo DMAIC agrupa cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Comprender el uso de la metodología Six sigma para la gestión de pérdidas en la red en base a un caso de estudio. • Identificar y reducir los defectos operativos y su variabilidad para mejorar el rendimiento del proceso • Revisar las cinco fases del proceso six sigma en el ejemplo y evaluar su aplicabilidad en la localidad de estudio.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Tabla III (caso de estudio) • Tabla IV (caso de estudio) • Tabla V (caso de estudio) • Tabla VI (caso de estudio)

FICHA 18	
Nombre del módulo Profesor Lectura	GESTIÓN DE CLIENTES Oliveira, L.; Birrell, S.; & Cain, R. (2020). JOURNEY MAPPING FROM CREW'S PERSPECTIVE: UNDERSTANDING RAIL EXPERIENCES. <i>Applied Ergonomics</i> , 85, 1-9.
Palabras claves:	Mapa de experiencia del viaje; experiencia del usuario; puntos de contacto; emociones; aplicaciones tecnológicas; factores humanos y ergonómicos; confiabilidad cruzada; entrevistas
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Los resultados indican que la mejora forma de diseñar esta tecnología podría ser a pasajeros destacados quienes están viajando en el servicio por primera vez, pasajeros con conexiones complejas y otros quienes necesiten asistencia o información” 2) “Hay potencial para mejorar las rutinas de trabajo, pero es importante analizar cada punto de contacto con el sistema ferroviario y su correspondiente experiencia” 3) “Se entendió que el análisis de datos cualitativos puede ser subjetivo y bajo la interpretación de los investigadores y sobre las sutilezas de la lengua inglesa” REDACCIONES PROPIAS 4) Metodología contempla entrevistas y trabajo en terreno, donde investigador las actividades realizadas en el tren y los tiempos de interacción. 5) El mapa del viaje del trabajador está hecho en base a emociones de los puntos de contacto, subjetivo y poco preciso. Lo ideal es aplicar confiabilidad cruzada para analizar este comportamiento en la interacción con el cliente.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Aplicar la técnica del mapa de experiencia del viaje para trabajadores visualizando actividades del servicio, objetivos, puntos de contacto y una evaluación emocional • Reconocer las limitaciones y desafíos para este mapa de experiencias mediante entrevistas y bitácoras recopiladas. • Revisar esta metodología aplicada a la industria sanitaria, en particular, a la temática de esta investigación.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Mapa mental de lectura A13L4-G1. • Figura 1. Mapa de experiencia del trabajador. • Tabla 3. Tiempos utilizados en principales tareas.

FICHA 19	
Nombre del módulo	GESTIÓN DE REDES
Profesor	Martínez Solano, F.; Iglesias-Rey, P.; & Molina, S. (2017). SIMULTANEOUS CALIBRATION OF LEAKAGES, DEMANDS AND LOSSES FROM MEASUREMENTS. APPLICATION TO THE GUAYAQUIL NETWORK (ECUADOR). <i>Procedia Engineering</i> , 186, 397-404.
Lectura	
Palabras claves:	Modelos hidráulicos; calibración; fugas; áreas de medición; balance hídrico; coeficiente global de emisores; patrón de demanda; presión
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “La calibración consiste en determinar características físicas y operativas de un sistema existente, que se introducen como datos para permitir resultados realistas del modelo informático” 2) “El método propuesto permite una calibración preliminar de modelos hidráulicos en redes con disponibilidad limitada de información sobre mediciones de flujo y presión” 3) “El método iterativo presentado en este artículo tiene una rápida convergencia y por lo tanto es una alternativa al uso de complejas técnicas de optimización matemática”. REDACCIONES PROPIAS 4) Los supuestos de la metodología de calibración son: agua consumida es conocida y medida, aporte de fuentes y volumen de agua no contabilizada también es conocida, el volumen de las fugas depende de la presión, efecto de rugosidad y pérdidas es determinado. 5) Se considera un método iterativo para determinar el coeficiente global de emisores y el patrón de demanda en base a la variación de presión por demanda y disminuir el error.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Revisar la aplicación de una metodología de calibración para modelos hidráulicos conforme a la demanda, presión y fugas en la red. • Reconocer los supuestos y ventajas de este método para realizar balances hídricos por áreas de medición definidas dentro de una red. • Considerar esta metodología como un aporte a la detección de fugas por cuarteles de presión en la red de Alto Hospicio, complementando una solución a la temática de esta investigación.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Ecuación (4). Balance hídrico de caudales por área de medición. • Figura (4). Diagrama de flujo del proceso de calibración. • Figura (3). Prueba de subdivisión para DMA N°72. • Figura (6). Correlación entre presiones en diferentes puntos al final del proceso.

FICHA 20	
Nombre del módulo Profesor Lectura	INNOVACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS Teresita Arenas – Jorge Araya - Marcelo Bravo Respuesta interrogante
Palabras claves:	Solución innovadora; I+D+i; sostenibilidad; agua no facturada; medidor digital; fugas; transmisión de datos; suelo salino; hundimiento de terreno; Alto Hospicio; VAN; TIR; TIRM; PRI
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “El agua no facturada alcanza el 33,2% lo que representa una pérdida superior a 400 millones de m3 de agua potabilizada” 2) “Cualquier mejora en la recuperación de los volúmenes de agua potable producidos va en beneficio directo de la población y del medio ambiente” 3) “Pese a que la empresa realiza esfuerzos por detectar fugas en el menor tiempo posible, su nivel de agua no contabilizada alcanza el 30%. A la fecha, no han incorporado tecnología ni nuevos equipos de medición para mejorar este rendimiento” REDACCIONES PROPIAS 4) Modelo tarifario SISS contempla un 20% de pérdidas. 5) Se plantea el desafío de implementar medidores digitales que cooperen con la detección de fugas y el pronto aviso a los usuarios. 6) VAN positivo, TIRM mayor a tasa de evaluación y PRI hacia el año 10, indican proyecto rentable.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Revisar la respuesta a interrogante del módulo 14 del magíster aplicada sobre la detección de fugas en Alto Hospicio. • Validar la aplicación de un proyecto de innovación tecnológica sobre la base de indicadores económicos de evaluación. • Ratificar la importancia de la implementación de tecnología en el monitoreo de la red de distribución respecto a fugas y fallas. • Considerar esta alternativa de solución como un aporte al problema de hundimiento de terreno debido a fugas en la red de Alto Hospicio dada la temática de esta investigación.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Tabla Resumen datos sanitarias 2022 • Figura 1. Diagrama de Ishikawa sobre problemáticas de pérdidas de agua. • Indicadores de evaluación económica “Proyecto medidores digitales en Alto Hospicio”

FICHA 21	
Nombre del módulo Profesor Lectura	GESTIÓN DE REDES Ye, L. (2020). STUDY ON EMBEDDED SYSTEM IN MONITORING OF INTELLIGENT CITY PIPELINE NETWORK. <i>Computer communications</i> , 153, 451-458.
Palabras claves:	Sistema integrado; ciudad inteligente; red de tuberías; GPRS; monitoreo en tiempo real; modos de falla; presión; caudal; corrosión; golpe de ariete; pérdidas; capa de servicio web; capa de almacenamiento de datos; capa de usuario; hardware; software; señal analógica; señal digital
Conceptos y/o Ideas fundamentales: 1. “Citas textuales” 2. Redacciones propias	CITAS TEXTUALES 1) “Hoy en día, no hay tecnología de monitoreo y alerta temprana en tiempo real para fallas de la red de tuberías que se basen en datos de operación de campo” 2) “Se puede ver que el monitoreo inteligente de la red de tuberías urbanas tiene la capacidad de crecimiento lineal y juicio y análisis continuo” 3) “Se establece un modelo de decisión de reparación con el coeficiente de decisión de reparación como indicador y se ordena razonablemente el orden de reparación de los nodos fallidos”. REDACCIONES PROPIAS 4) Redes inteligentes aplicadas a tuberías de vapor donde se contemplan parámetros como entalpía, temperatura, transferencia de calor, presión y fases del agua (termodinámica). 5) Al procesar los datos se juzgará si el funcionamiento es anormal para determinar un estado de falla y aplicar medidas de control, sino se transmiten los datos a sistema superior.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar Avalar Complementar Definir Contrapropuesta Otros aportes	• Conocer un modelo de ciudad inteligente para redes de tuberías conforme a variables de operación como temperatura, presión y requerimientos por nodos. • Reconocer los pasos para la toma de decisiones y la configuración de hardware-software del sistema para realizar mediciones y detecciones de fallas por áreas de medición definidas dentro de la red. • Considerar esta aplicación tecnológica como un aporte al monitoreo y control con datos reales para la toma decisiones de la red, complementando una solución a la temática de esta investigación.
Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	• Figura 1. Estructura de red del sistema de monitoreo de tuberías de vapor. • Figura 5. Diagrama de flujo de control de microcontrolador • Figura 8. Sistema de gestión del centro de seguimiento. • Figura 10. Diagrama de flujo del software informático inferior • Figura 12. Ensayo de tiempo de respuesta de monitorización de la red de tuberías urbanas

Anexo 1.C. Entrevistas Expertos

Entrevista a expertos: Metodología Delphi

Conforme a la bibliografía estudiada sobre la normativa existente para el suelo salino y las redes sanitarias, se convocó a 5 especialistas en tuberías plásticas, normativa sanitaria y operación de redes para aplicar una variante de la metodología Delphi, ya que asemeja consideraciones principales del método, pero no todas sus condicionantes.

El método Delphi pretende generar consenso sobre un grupo de expertos en torno al análisis de un problema complejo, por lo tanto, es una aplicación iterativa, recopilando las opiniones de los expertos en varias instancias del proceso, anónimo, dado que evita influencias sobre los participantes y con retroalimentación permanente, puesto que en cada iteración se muestran nuevos aportes o información adicional al caso. En particular, para la materia de esta investigación, solo se realizan dos iteraciones y no se cumple la condición del anonimato de las opiniones de expertos, sin embargo, el espíritu de la aplicación busca alcanzar un objetivo o definición común respecto del problema de Alto Hospicio.

a) Evaluación preliminar

Conforme a la bibliografía estudiada sobre la normativa existente para el suelo salino y las redes sanitarias, se convocó a 5 especialistas en tuberías plásticas, normativa sanitaria y operación de redes para aplicar una *evaluación preliminar* con los antecedentes recabados, experiencias y comentarios sobre la relación y vinculación de fallas en la infraestructura de agua potable y la formación de socavones que afectan a la población. De acuerdo con esto, se entablaron conversaciones con los entrevistados, basadas en las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué normativas existen en Chile para instalaciones sanitarias en suelo salino?
- 2) ¿Conoces normativas internacionales que revisen esta temática?
- 3) ¿En qué temas o mejoras podría influir la SISS sobre esta problemática para la industria sanitaria?
- 4) ¿Cuánta influencia posee el método constructivo de redes sanitarias sobre las fallas que ocurren?
- 5) ¿Qué materialidad de tuberías es más confiable?
- 6) ¿Cuántos años de vida útil se estiman para dichas tuberías?
- 7) En orden ascendente, ¿cuáles son las materialidades más frágiles para las redes sanitarias?
- 8) Según su experiencia, ¿qué tipos de falla son reiteradas en las tuberías plásticas?
- 9) ¿Qué precauciones se deben tener al instalar HDPE y PVC?
- 10) ¿Han estudiado la propagación de grietas? ¿Es un tipo de falla común en HDPE?

- 11) ¿Han estudiado la deformación por hundimiento de terreno? ¿Es un tipo de falla común en tuberías plásticas?
- 12) Si les digo que las tuberías con mayor cantidad de fallas en Alto Hospicio son de HDPE, ¿a qué lo podrían atribuir?
- 13) ¿Cuáles son los métodos de reparación más utilizados?
- 14) Cuando se informa una falla sin suspensión de servicio, ¿cómo se controla el suministro de agua y el escurrimiento?
- 15) Según tu opinión, ¿por qué existen más fallas en matrices de HDPE que PVC?
- 16) En cuanto a arranques, ¿cuál es la falla más recurrente?
- 17) ¿Cómo se fiscaliza los trabajos del contratista, método constructivo y rellenos utilizados?

b) Evaluación resultados parciales y finales

Tras resumir cada una de las opiniones expertas se generó un cuadro resumen con las principales apreciaciones y comentarios relativas a los cuestionamientos expuestos. Ahora bien, al calcular y generar resultados definitivos sobre la relación estadística entre la ocurrencia de eventos en las redes de agua potable y la generación de hundimientos de terreno, se volvió a consultar a estos expertos sobre lo obtenido, recopilando sus apreciaciones y conclusiones preliminares sobre causas, motivos y concordancia de lo evidenciado con los antecedentes de esta investigación. De acuerdo con esto, se realizó un cuestionario con los expertos, a través de una *evaluación final* basados en las siguientes preguntas:

- 1) Dada las estimaciones con presencia de suelo salino soluble en Alto Hospicio, cuyo terreno es capaz de disolverse en poco tiempo ante la presencia de agua escurriendo. Se contabilizó que el 85% de los eventos de emergencia registrados se reparan sin cortar el suministro de agua, o sea, con el "agua corriendo". ¿Cree pertinente este tipo de reparación? ¿Conoce otra metodología?
- 2) La metodología de reparación llamada "pinzado" consiste en apretar con una prensa la sección donde se realizará la renovación, siendo parcialmente hermético ante la presencia de agua. ¿Ud. cree que el pinzado genera un daño en las tuberías de HDPE y PVC? ¿por qué?
- 3) Para el análisis geoespacial, se ubicaron en la localidad todos los reclamos por filtraciones de agua potable y todos los eventos de emergencias por roturas dentro de distintos radios de influencia donde existen denuncias por hundimiento de terreno. Como resultado se obtuvo para un mismo radio de influencia de 25 metros, los cortes de suministro tienen una menor vinculación que los reclamos por filtraciones con respecto al hundimiento de

terreno (35%-92% respectivamente) ¿Cree que la mayor cantidad de socavones se manifiesta a través de fallas en arranques?

- 4) Revisando solo los registros de cortes de emergencia y de reclamos por hundimiento de terreno para el radio de influencia de 25 metros, se constató que las tuberías de HDPE tienen un 50% más de fallas que el PVC en promedio ¿Cuáles pueden ser las posibles causas de mayor afectación en el HDPE?
- 5) De los reclamos y registros de cortes dentro de un mismo radio de influencia, se analizaron las redes públicas de agua potable y sus características principales (año de instalación, material, diámetro y longitud). Estadísticamente se obtuvo una correlación baja a nula para todas las combinaciones de variables, sin significancia para los escenarios planteados ¿Considera que se puede hablar de aleatoriedad de fallas? ¿Cree que faltó alguna variable por considerar?
- 6) Al revisar el nivel de afectación en el HDPE por cortes de emergencia para un radio de 50 mts se obtiene una proporción similar a la obtenida de los reclamos por filtraciones en un radio de 25 mts (55%-54% respectivamente). Sin embargo, para el PVC se aprecia diferente nivel de afectación para los mismos escenarios (36%-50% respectivamente) ¿Tendrá el PVC un mejor comportamiento ante filtraciones?
- 7) Del total de reclamos por hundimiento de terreno debido a deficiencias en arranques se obtuvo un promedio del 77% favorable al cliente, es decir, se corroboró que la formación de un socavón se produjo por filtraciones en el arranque o el medidor. ¿Cree necesario incorporar tecnología en el conjunto medidor para detectar fugas? ¿Qué otra tecnología o medida se podría implementar?
- 8) Dentro de la normativa de construcción para viviendas sociales en la región, se instauró una restricción que impide la consideración del PVC para redes públicas, solo se permite el uso de HDPE. Según los resultados mostrados, donde presentan mayor cantidad de fallas y mayor afectación las redes de HDPE ¿cree que es prudente analizar la utilización del PVC para redes sanitarias en Alto Hospicio?
- 9) En base a la zonificación existente de la localidad para el control de presiones en la red, se calculó un indicador que contabiliza el número de deficiencias (reclamos o cortes) respecto a la cantidad de arranques dentro de un mismo cuartel de presión. Para todos los escenarios se mostraron los mismos tres sectores con mayores indicadores, ubicados al extremo norte y sur de la localidad (final de red) y mayoritariamente con tuberías de HDPE ¿Qué variables considera más influyentes para la generación de fallas en redes de agua potable?

- 10) Alto Hospicio se caracteriza por ser una comuna donde el principal urbanizador es el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, generando programas de viviendas sociales en su mayoría. Este estudio no contempla el análisis de fallas en redes sanitarias interiores (desde el medidor hacia los artefactos de cada vivienda), sin embargo, la mayoría de las viviendas sociales utiliza el material PPR. Si se contabilizó que el 48% de los reclamos por hundimientos de terreno no son responsabilidad de la empresa sanitaria, o sea, red interior ¿Puede este material presentar los mismos problemas que el HDPE?

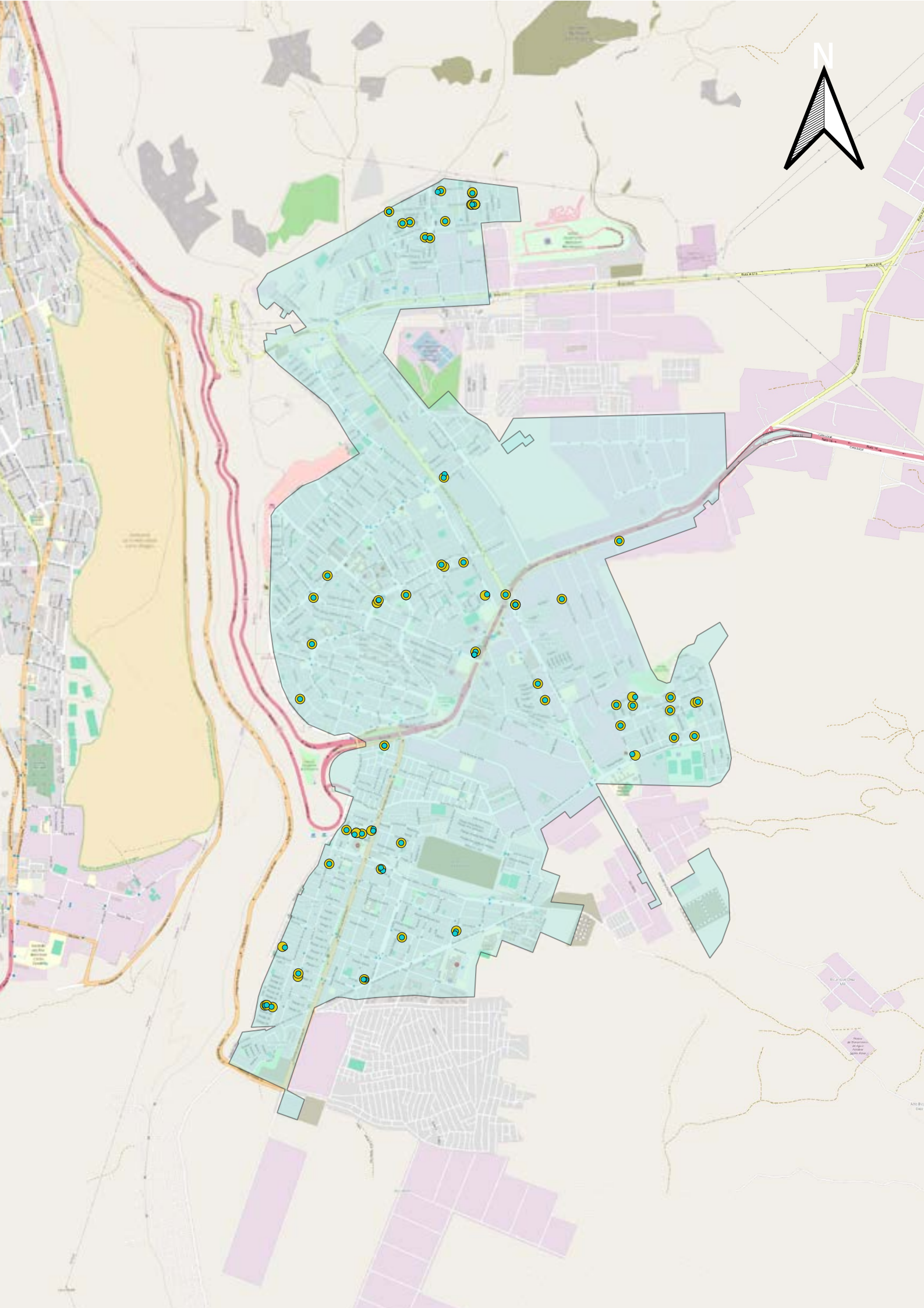
Anexo 2

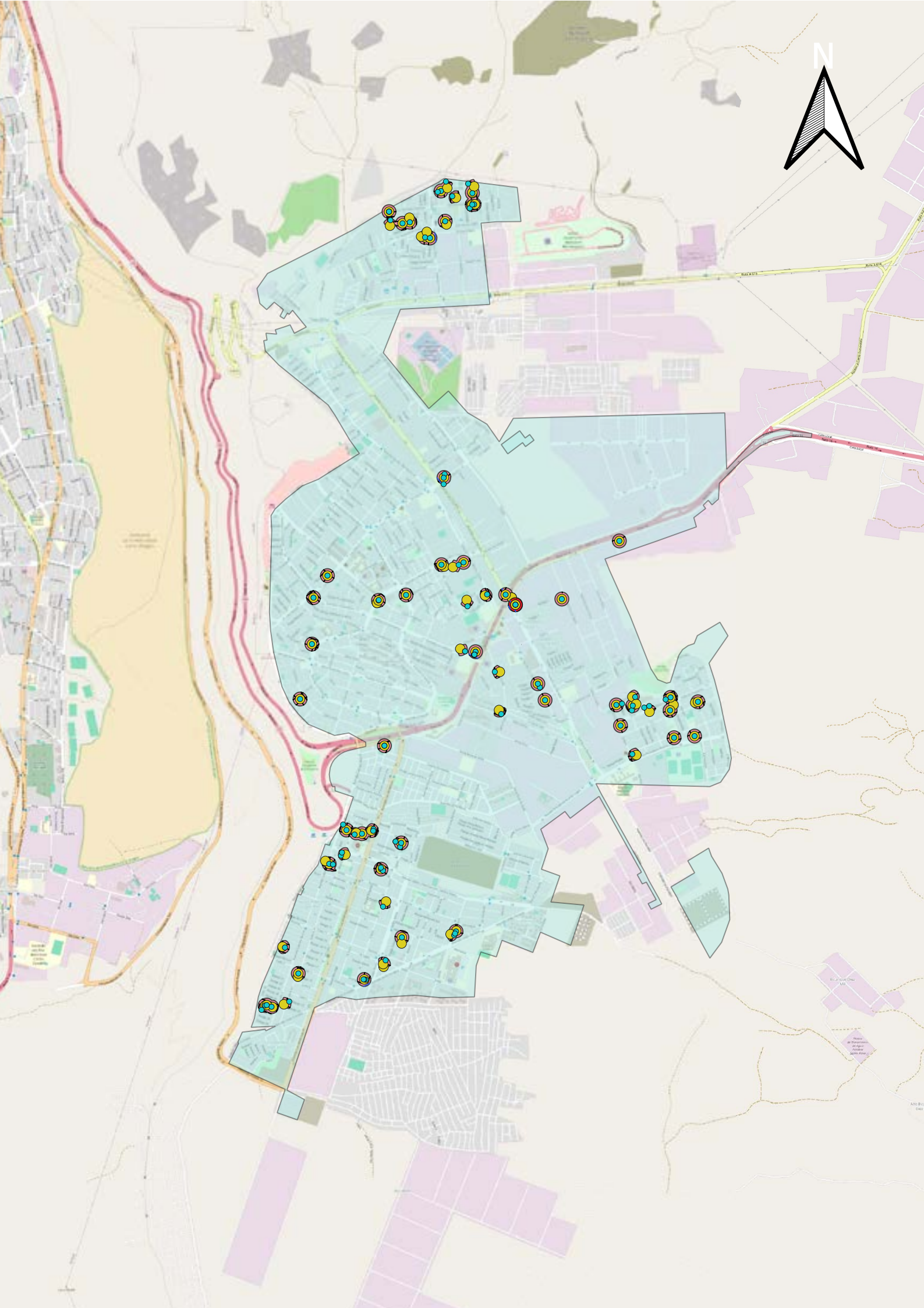
Excel Bibliográfico

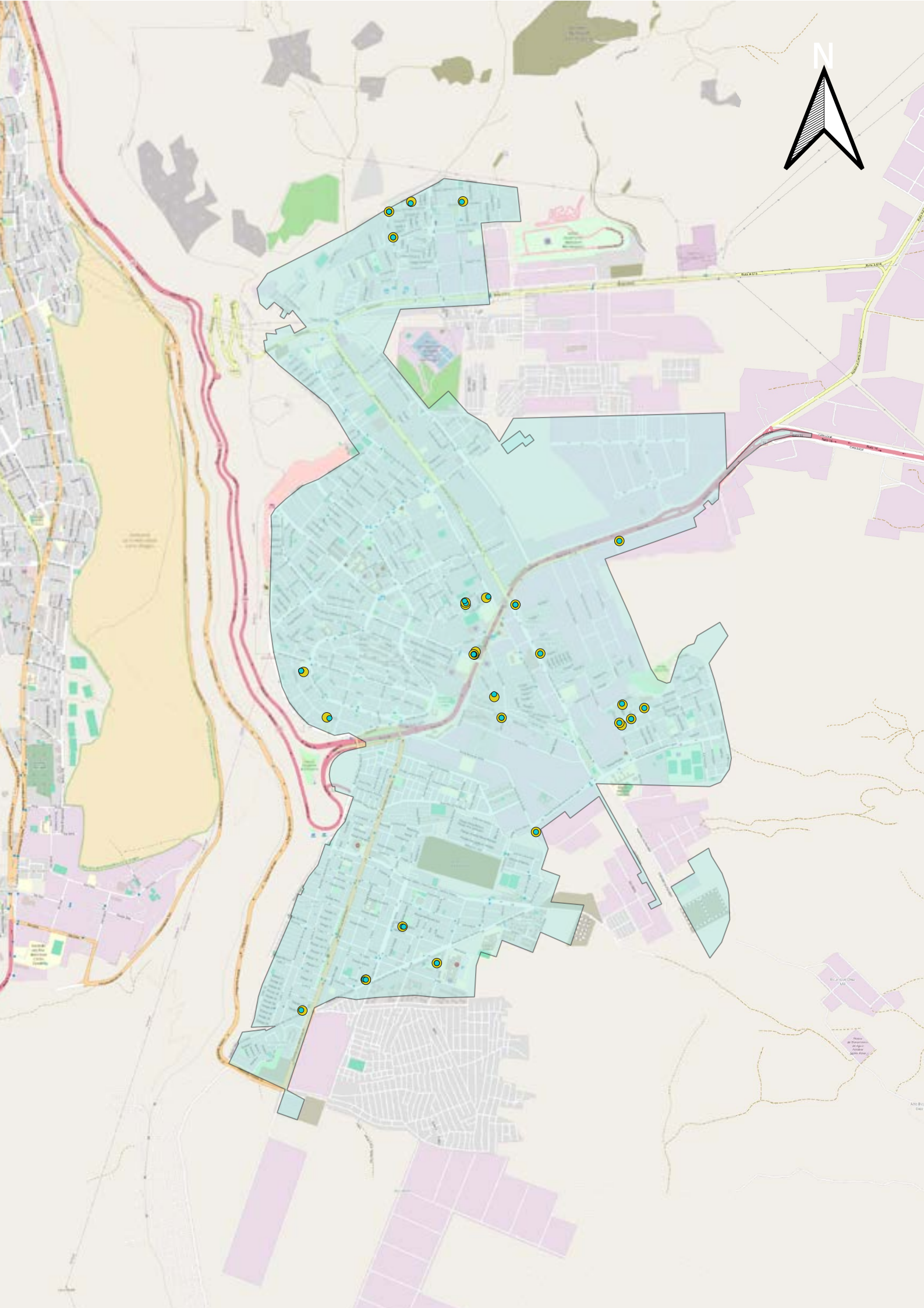
Autor	Condiciones geológicas y geotécnicas	Propiedades y características del suelo	Solubilidad con agua	Condiciones de Alto Riesgo	Clasificación de fallas en redes AP	Propiedades Mecanoadaptativas de redes	Tipos/puntos de fallas	Implicaciones de fallas	Cómo se abordan las emergencias	Tipo de reparaciones/mantenimientos de redes	Exigencias normativas	Cómo manejar datos	Experiencia interaccional en fallas de tuberías	Experiencia interaccional en hundimientos por fallas	Cómo analizar información multivariable	Parámetros estadísticos para caracterizar	Cómo generar zonificación por nivel de afectación	Influencia en tarifas	Aplicaciones de tecnología	Propuestas de mejoras en industria sanitaria
Suelo salino	INAI, 2016	Sales solubles en muestra sobre el 5% del volumen total		Aplicable a la localidad	Las redes AP deben mantener la elasticidad															
	MMVU, 2013			Aplicable a la localidad	No se esperan redes de PVC															
	ODEM, 2012	Duocra (V y V'). Suelo casi inerte en Alto Hospicio		Se encuentran puntos con sales sobre el 5%																
	Espeño, 2022	Reconocimiento del mar ubicado en Alto Hospicio	Las sales con más incidencia dependen de su comportamiento: cloruro de sodio, sulfato de sodio y cloruro de calcio	Depende de sales en el suelo																
	ODEM, 2010		Mayor presencia y sales consistentes respecto la precipitación y deposición de la formación de acrocaros	Depende de información vertical por corte exposición al agua																
	Gómez, 2021	Orchilosis salina con síntomas de clorosis, sulfato, calcio y nitrato. Además de sulfato de sodio, calcio y nitrato. Crecimiento paulatino de tiempo por efecto de sales por contaminación marina	Depende de temperatura, cristalinidad de sal y composición química																	
	Seragnoni, 2014	Temperatura de aguas subterráneas y permeabilidad de costa salina forman orientación del suelo. Factores generados por variaciones de temperatura y humedad																		
Reducción de fuerza	Ogün y otros, 2004	Presión originada de sales proviene de inyección del mar en represas, controladas, quedando embalsadas. Posteriormente, presiones por evaporación																		
	Ogün y otros, 2004																			
	Ogün y otros, 2004	Importancia de índice de rector. Cristalinidad depende del tipo de sales solubles y atmosféricas																		
	Ogün y otros, 2019	Determinar condiciones geológicas y deposición del terreno para disolución de sales y movilidad del agua																		
Reducción de fuerza	Vidal y otros, 2019	Efecto de suelo más soluble que sulfato de sodio al respecto a este																		
	Ley y otros, 2024	7,3% suelos salinos en superficie continental. Alta evaporación y variación significativa de T°																		
	Peñate y otros, 2022																			
	Gómez, 2023																			
PVC	Dawood y otros, 2020																			
	La Calle, 2024																			
	Ley Sun, 2024																			
	Gómez, 2024																			
HDPE	Shen y otros, 2021																			
	Schwabauer y otros, 2007																			
	Nasiri y Khanmohammadi, 2023																			
	Zhang y otros, 2023																			
HDPE	La Calle, 2024																			
	Ley Sun, 2024																			
	Gómez, 2024																			
	Aniquia, 2024																			
Anillo	Patrucco Urbani, 2015																			
	Ley Sun, 2024																			
	Nasiri y Khanmohammadi, 2023																			
	Shen y otros, 2021																			
HDPE	Shen y otros, 2021																			
	Schwabauer y otros, 2007																			
	Nasiri y Khanmohammadi,																			

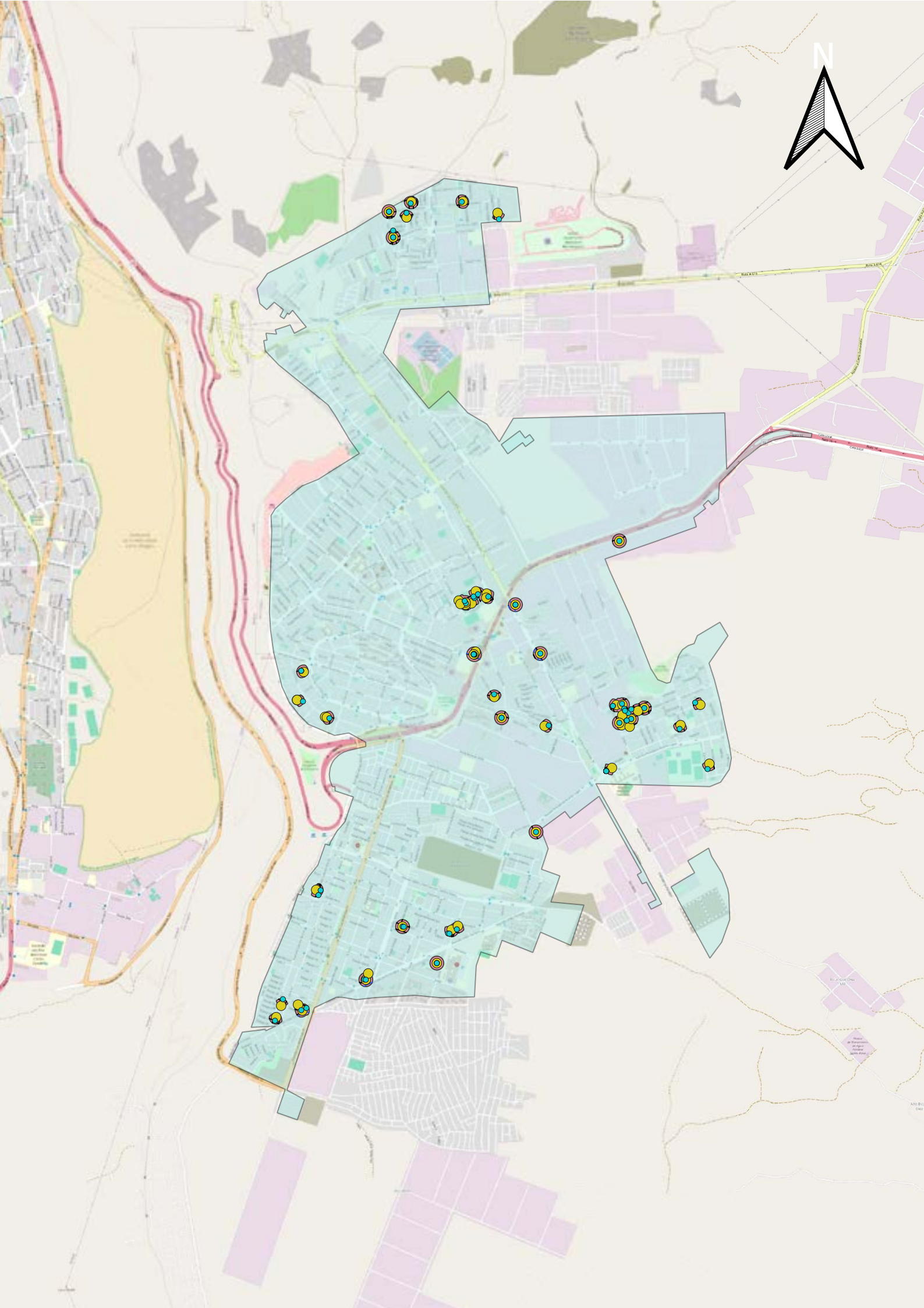
Anexo 3

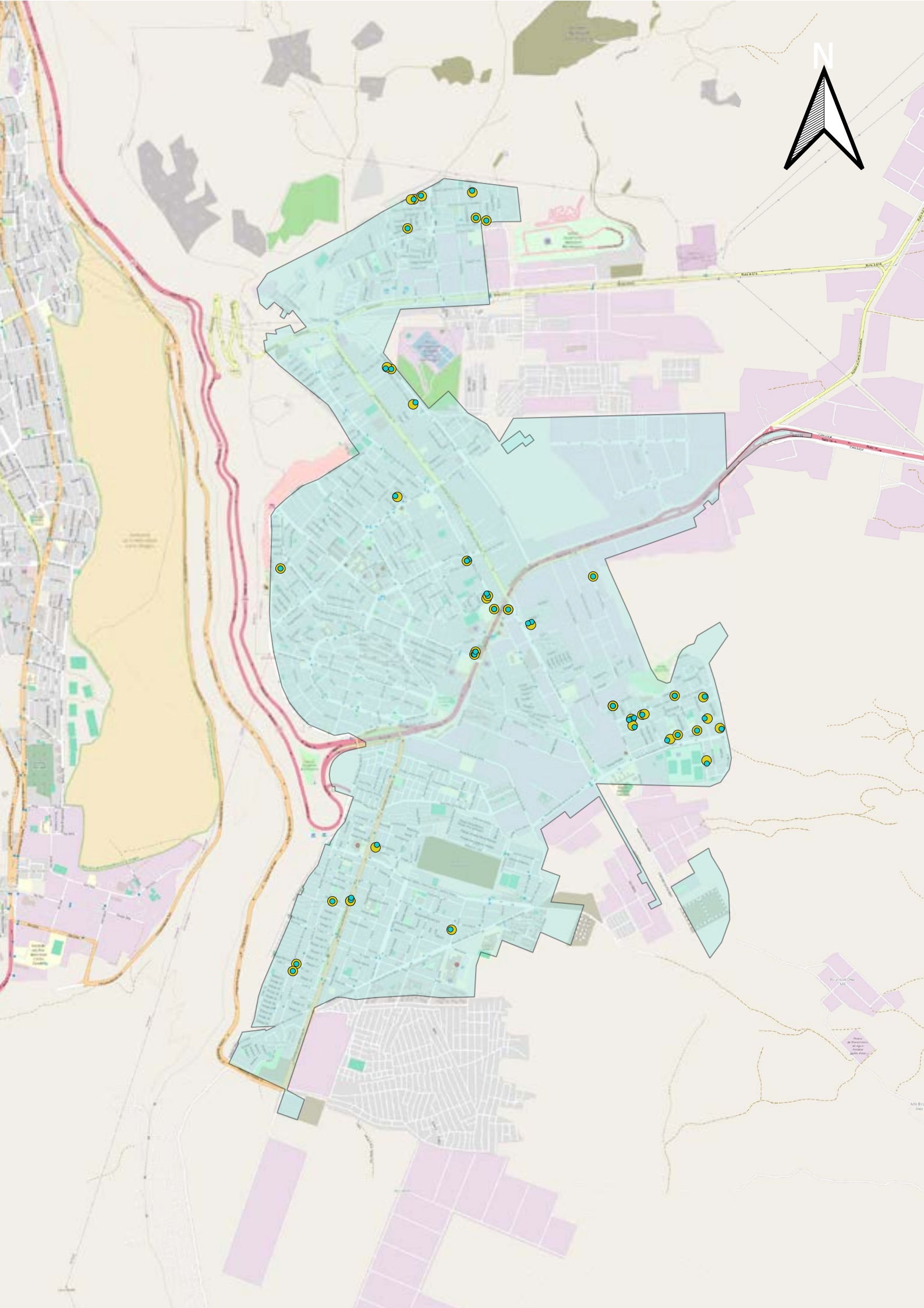
Cruce mapas discontinuidades hundimientos por
año 25-50 m

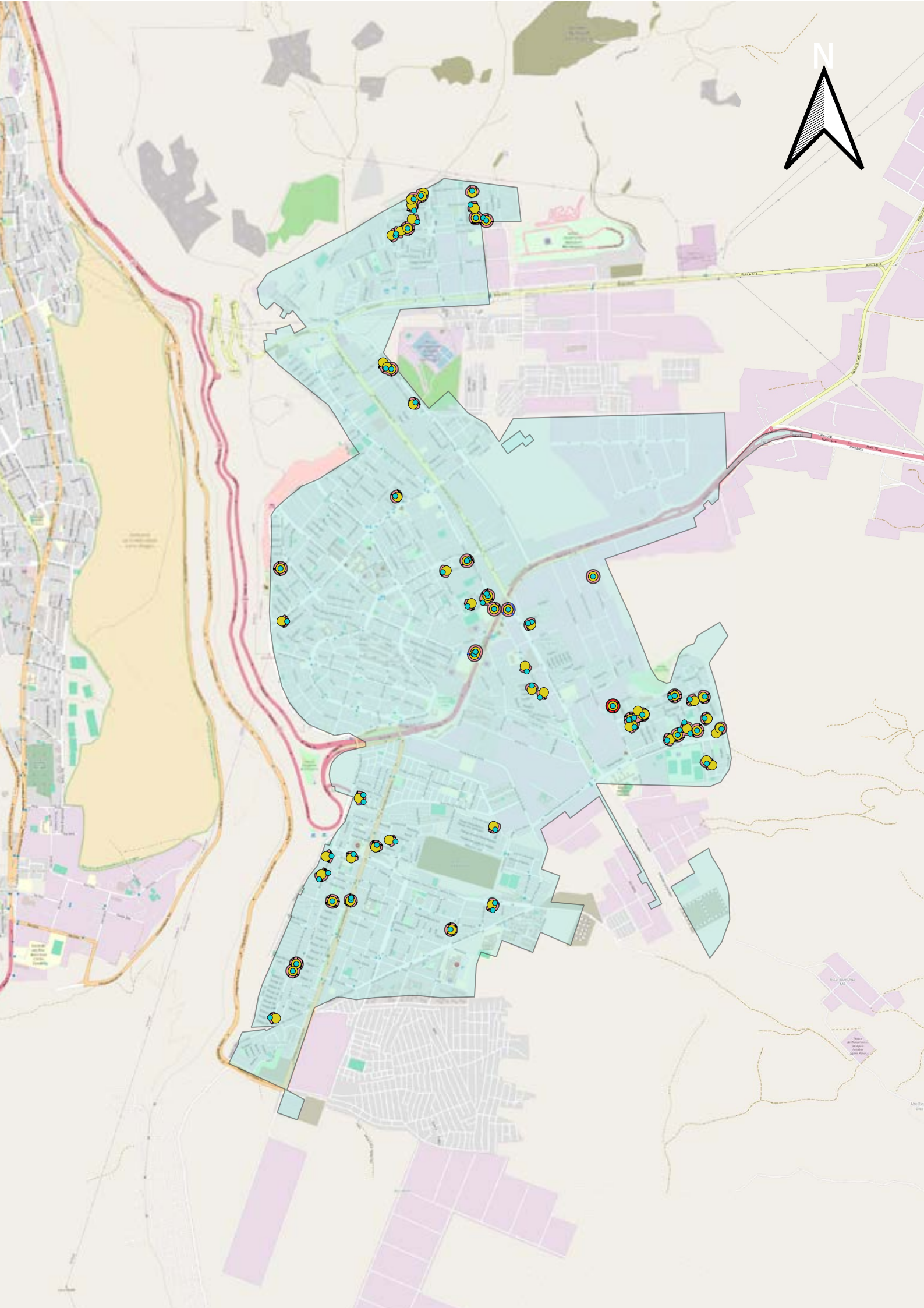


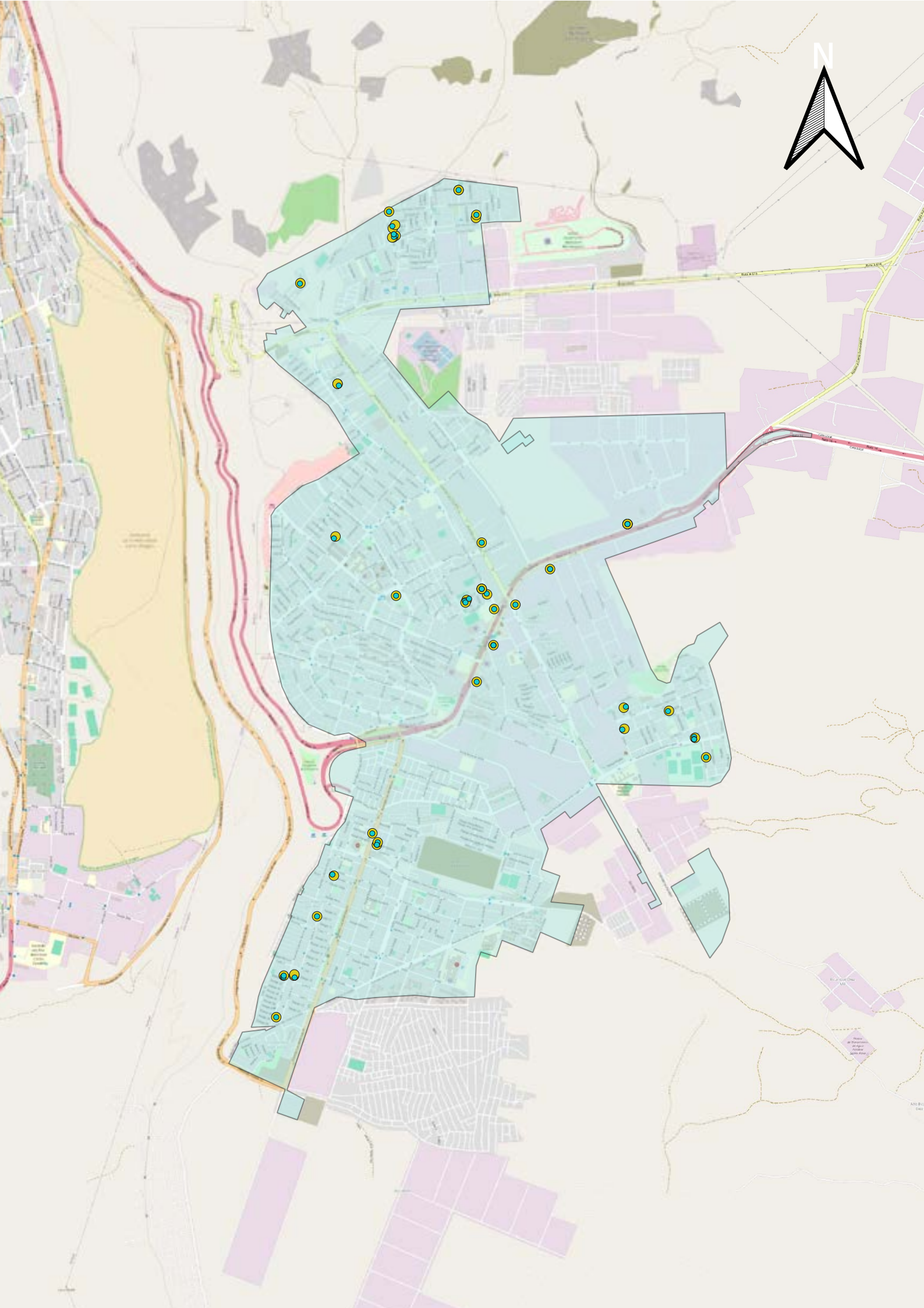


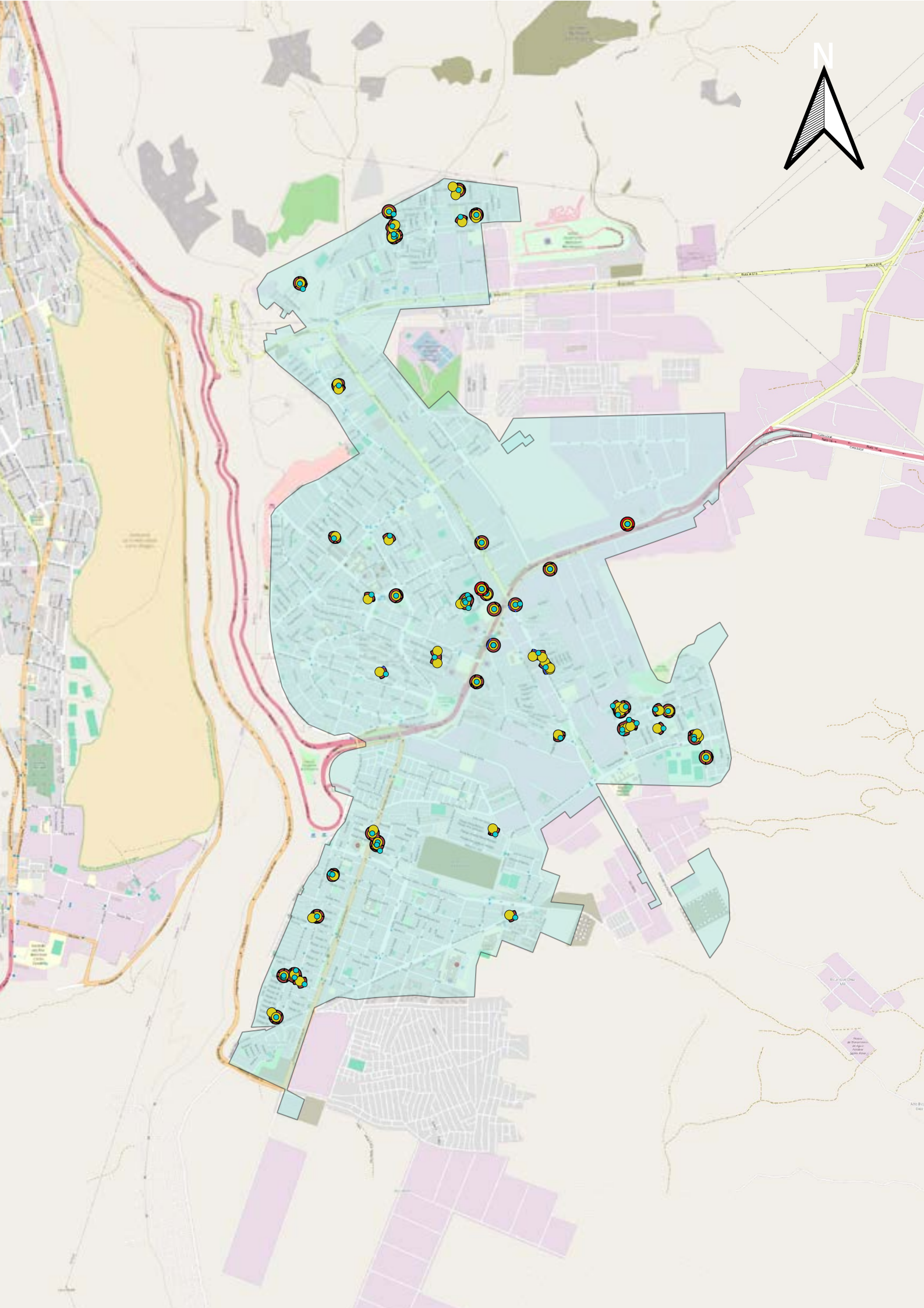


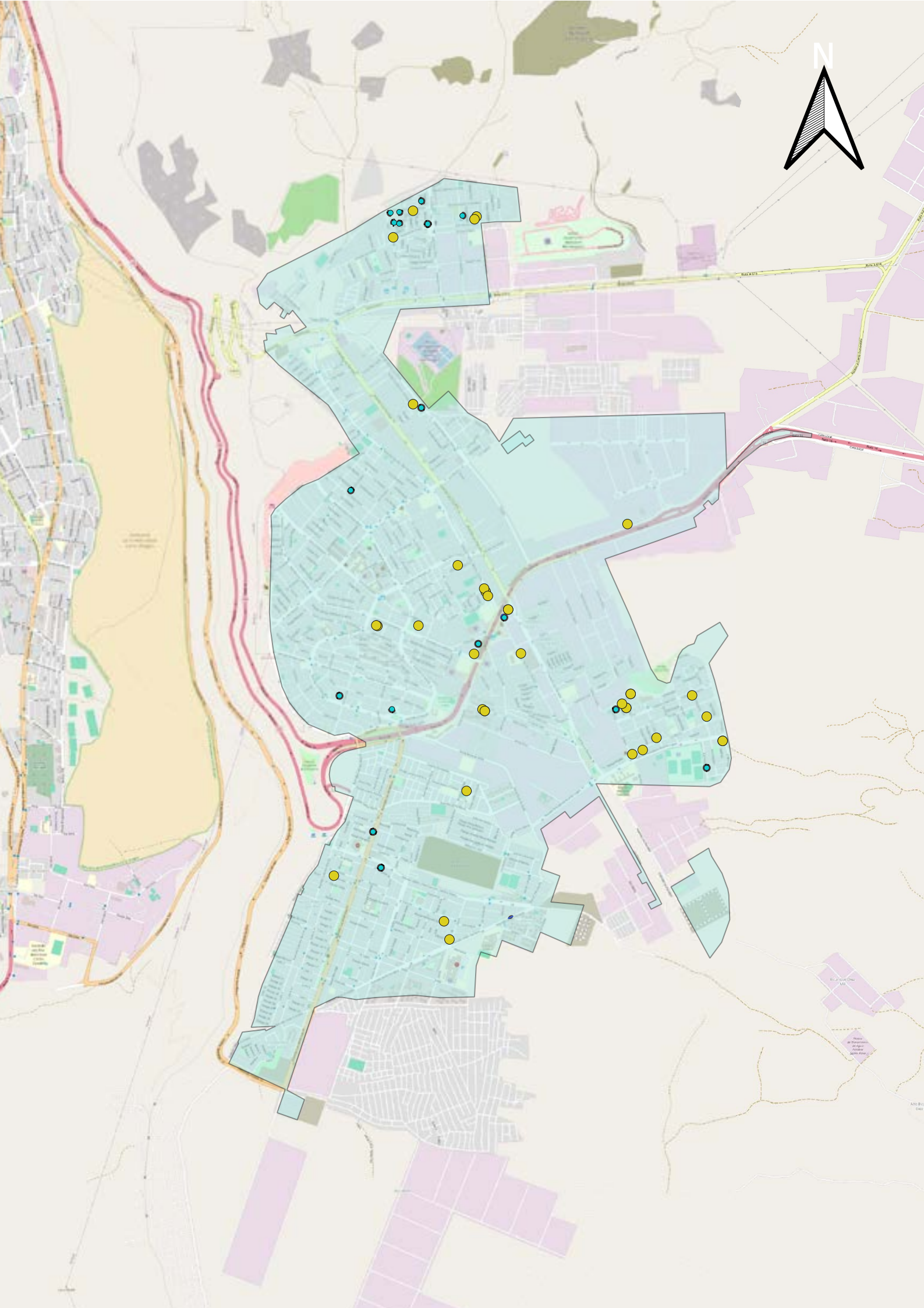


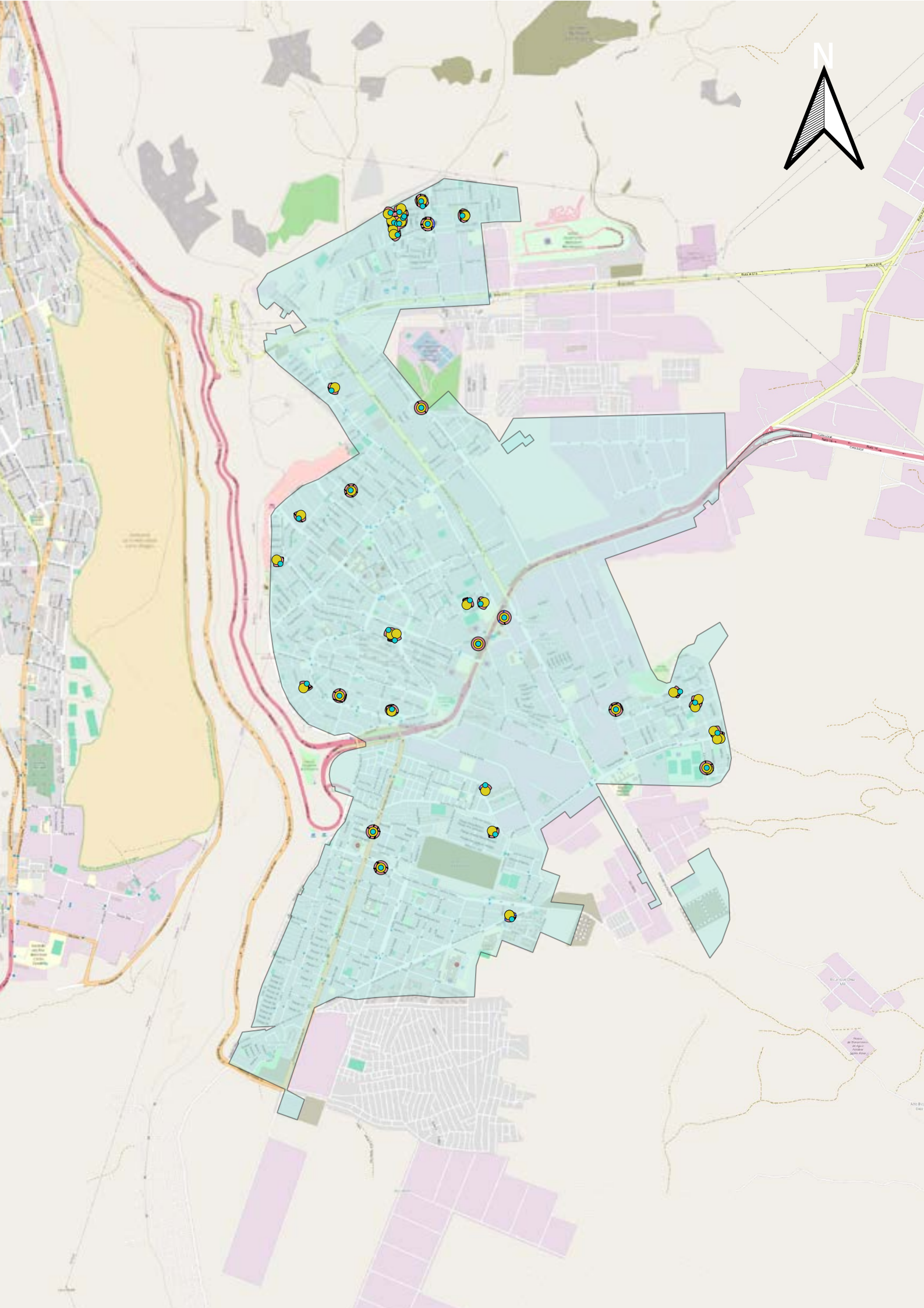


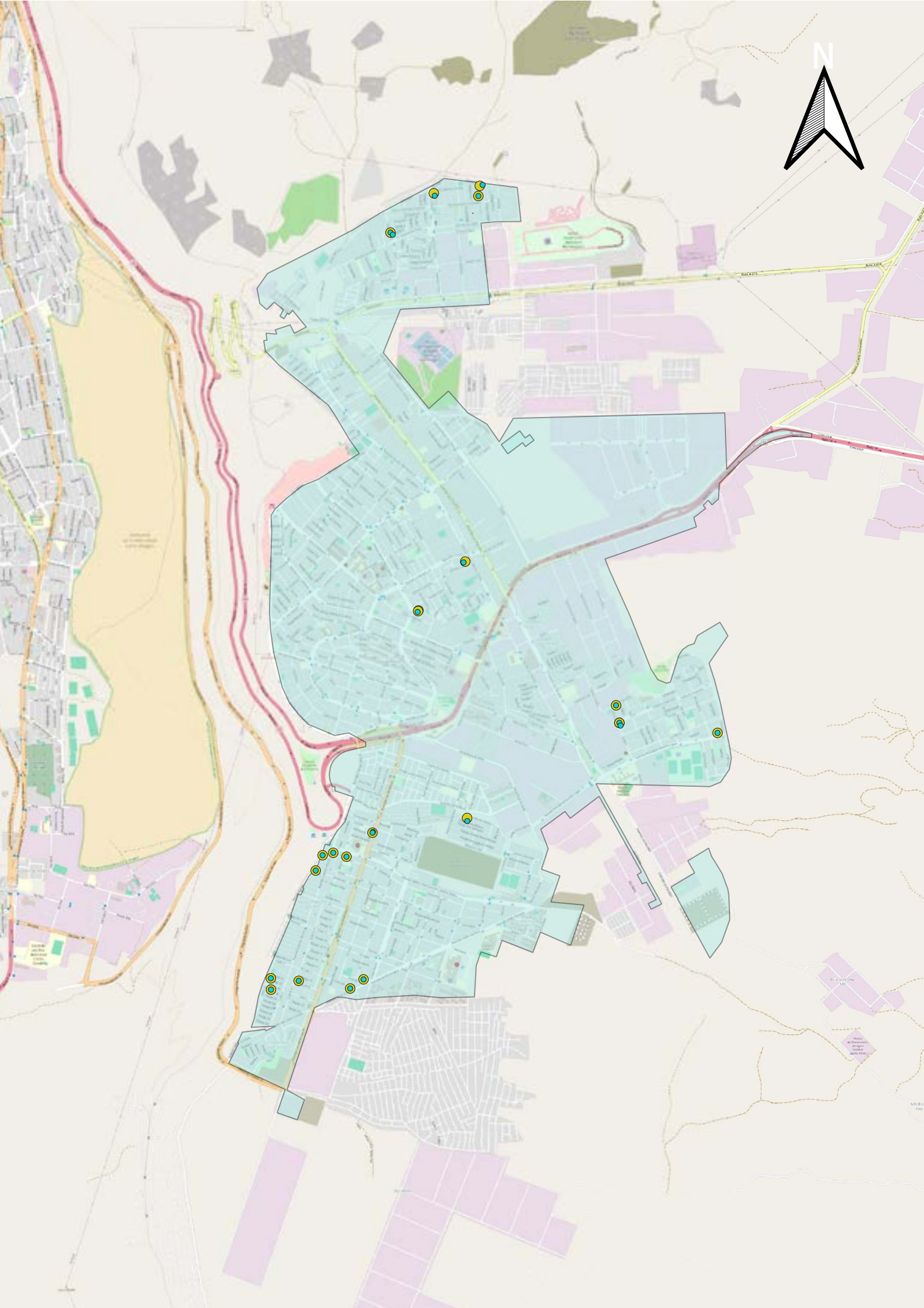


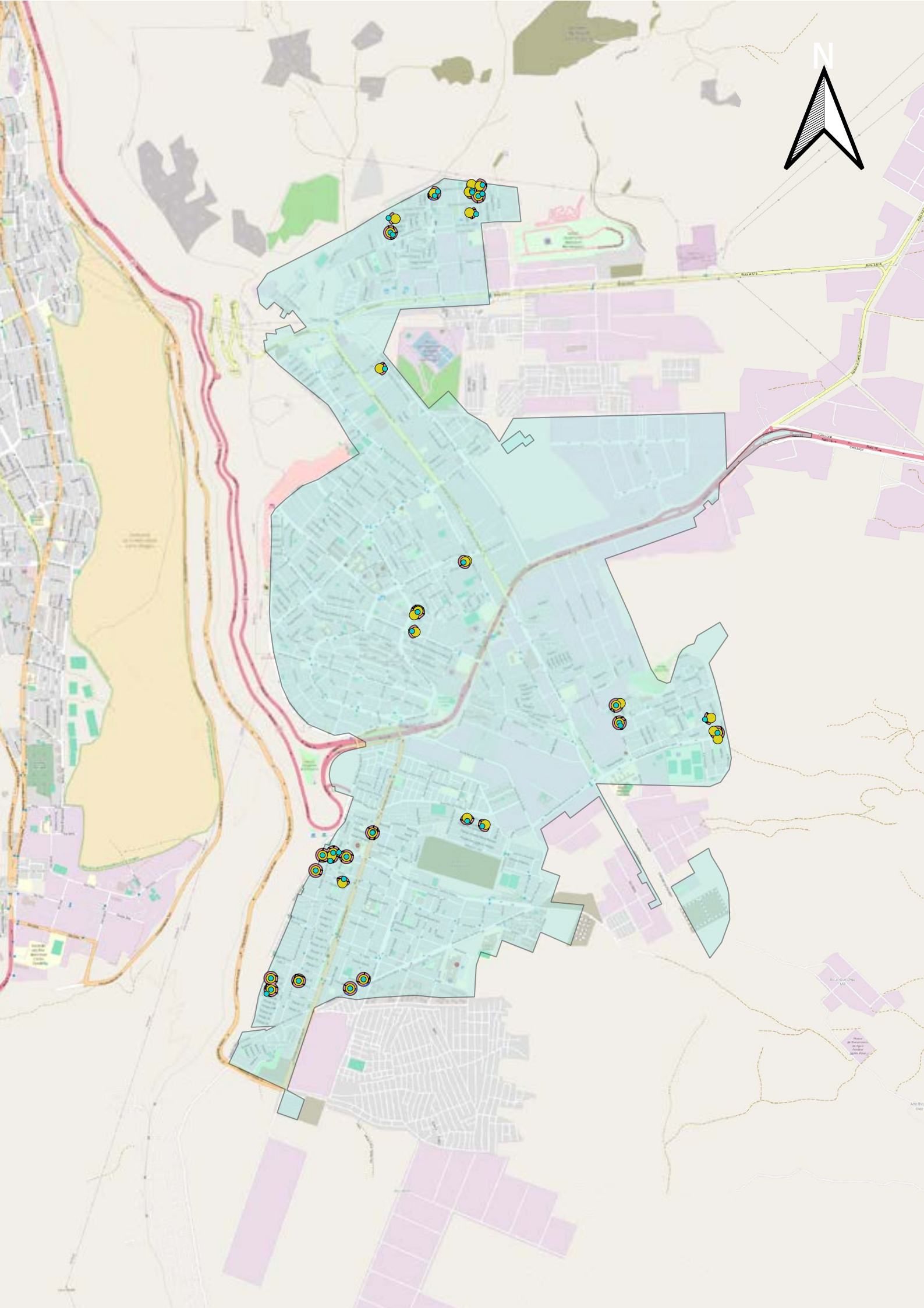


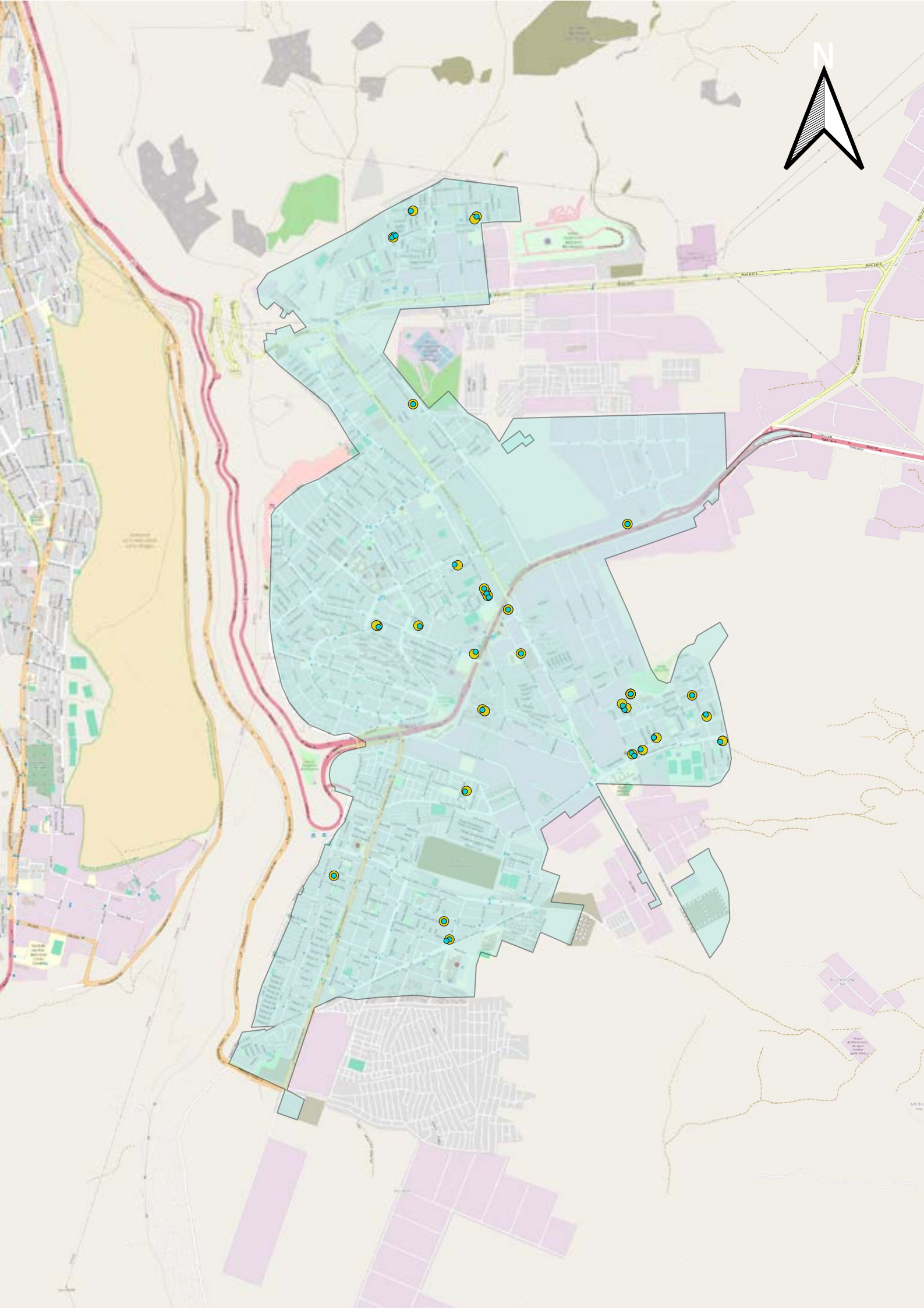


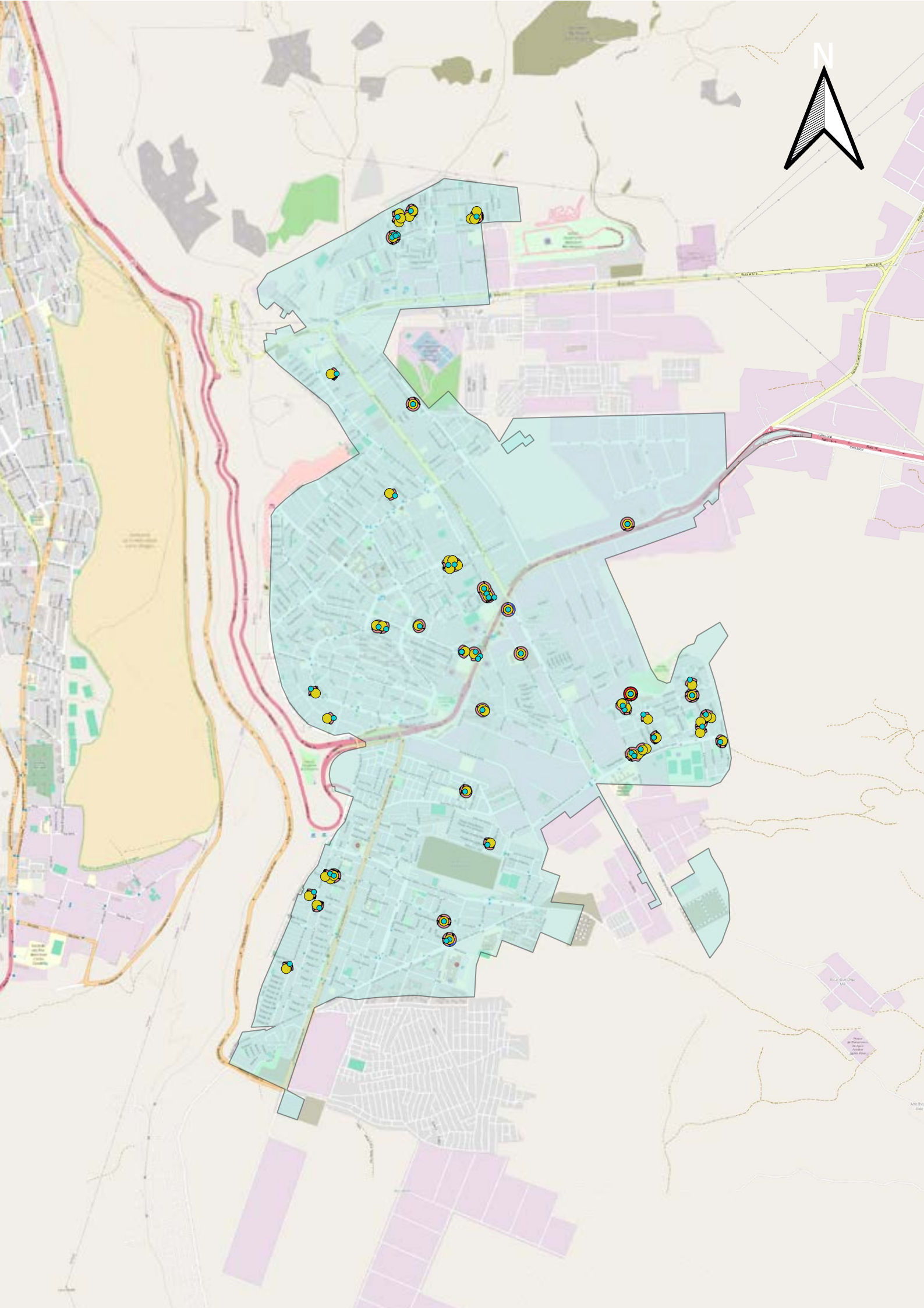






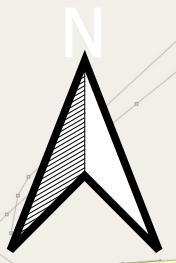
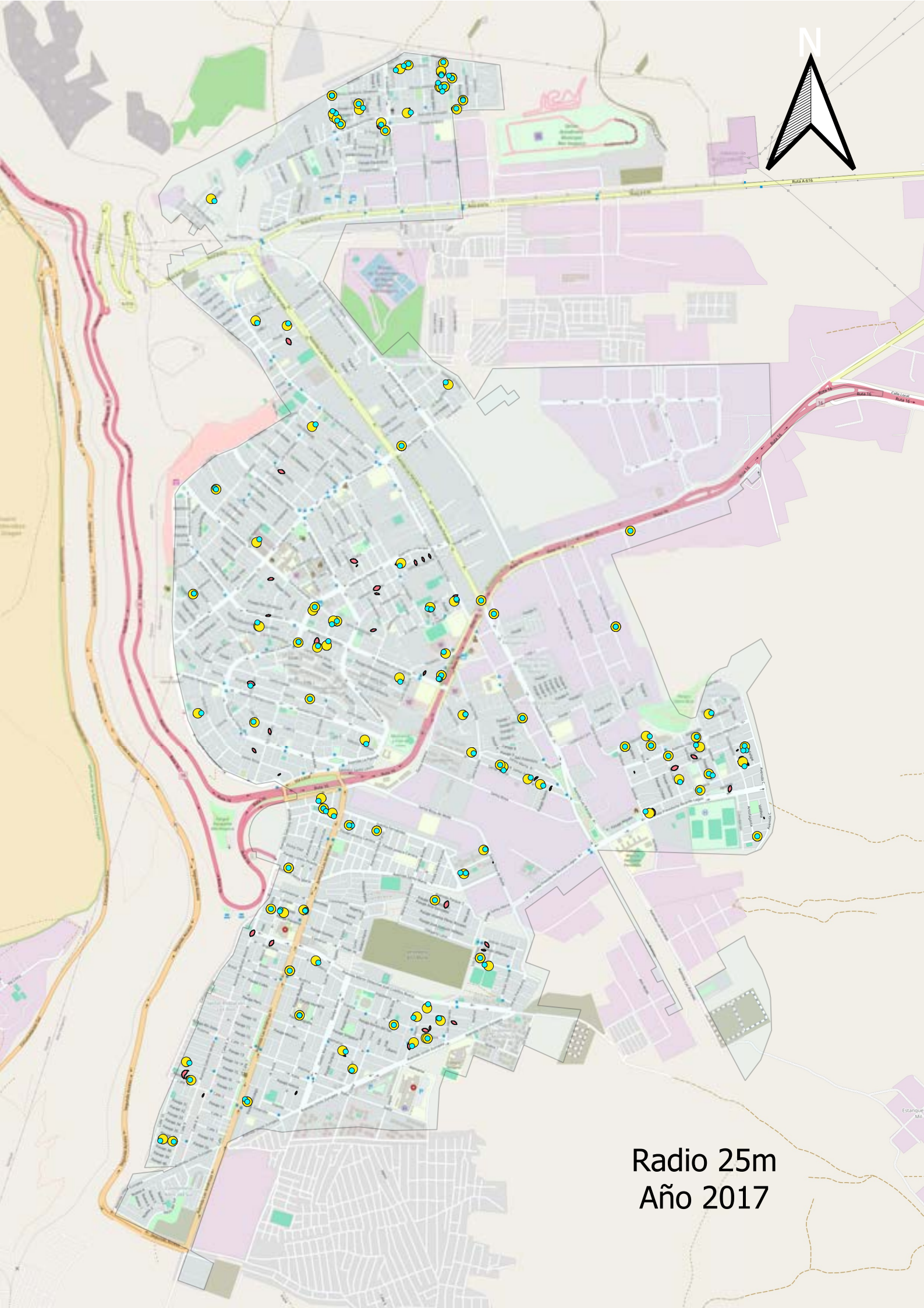




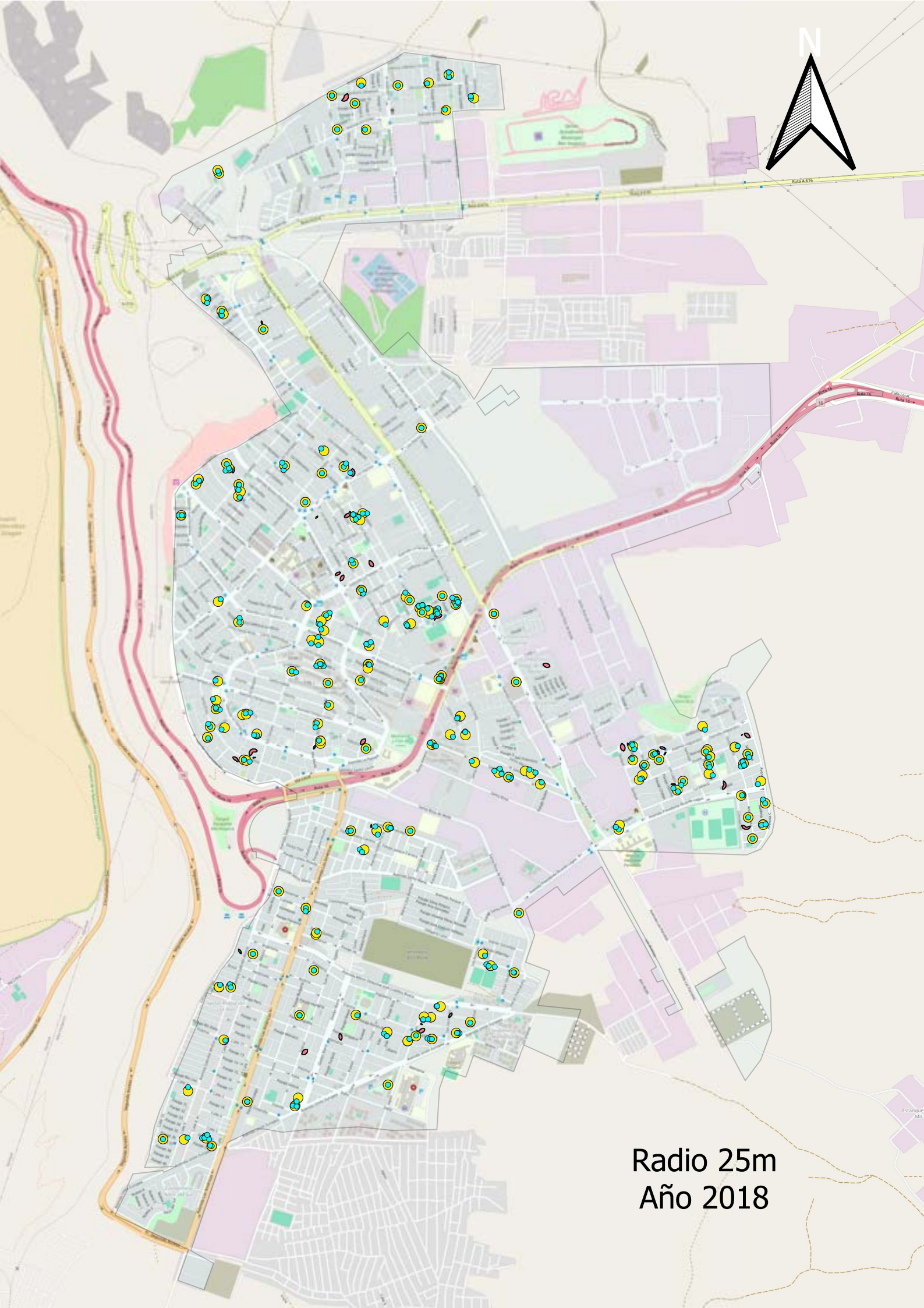


Anexo 4

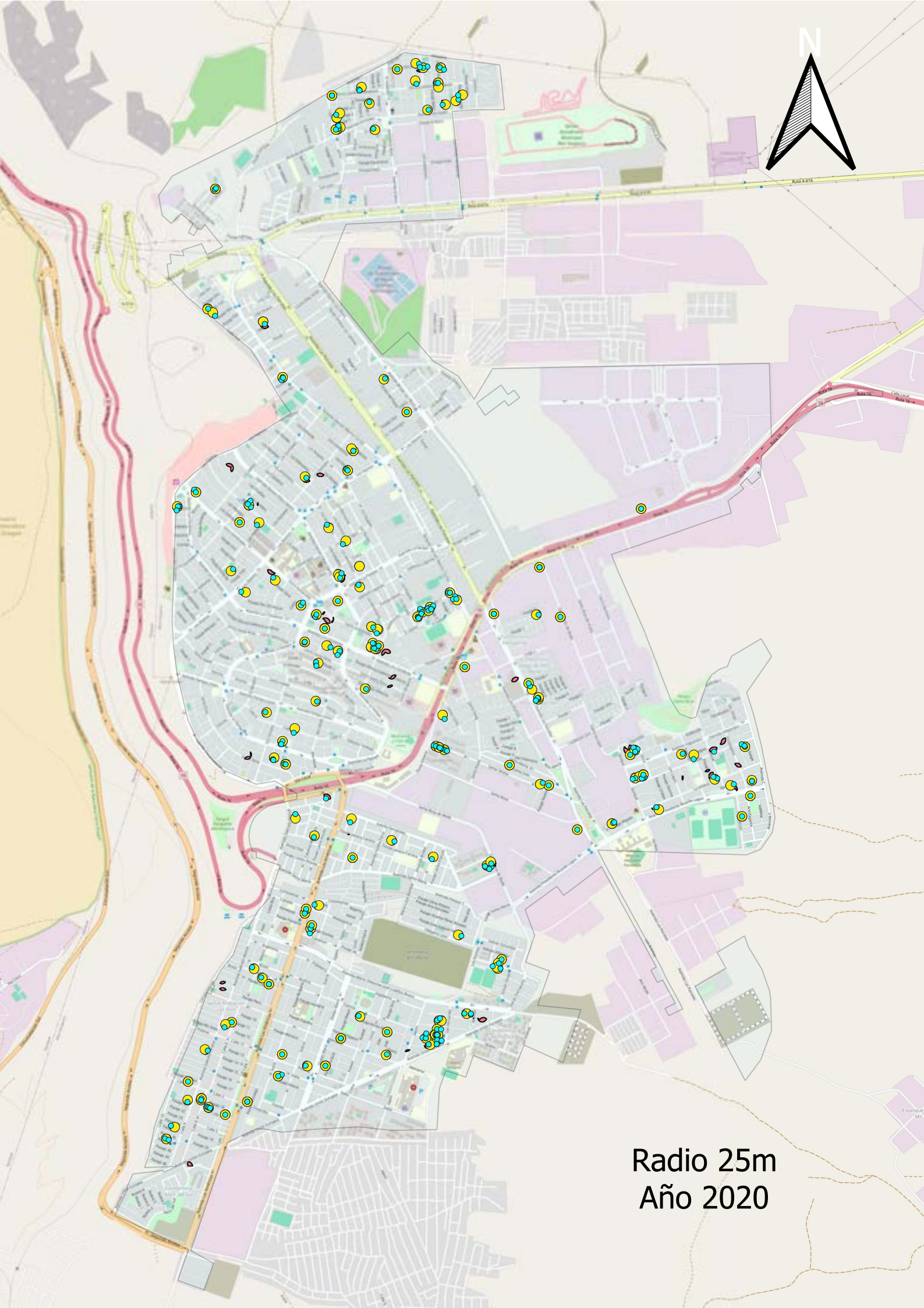
Cruce mapas filtraciones hundimientos por año
25-10 m



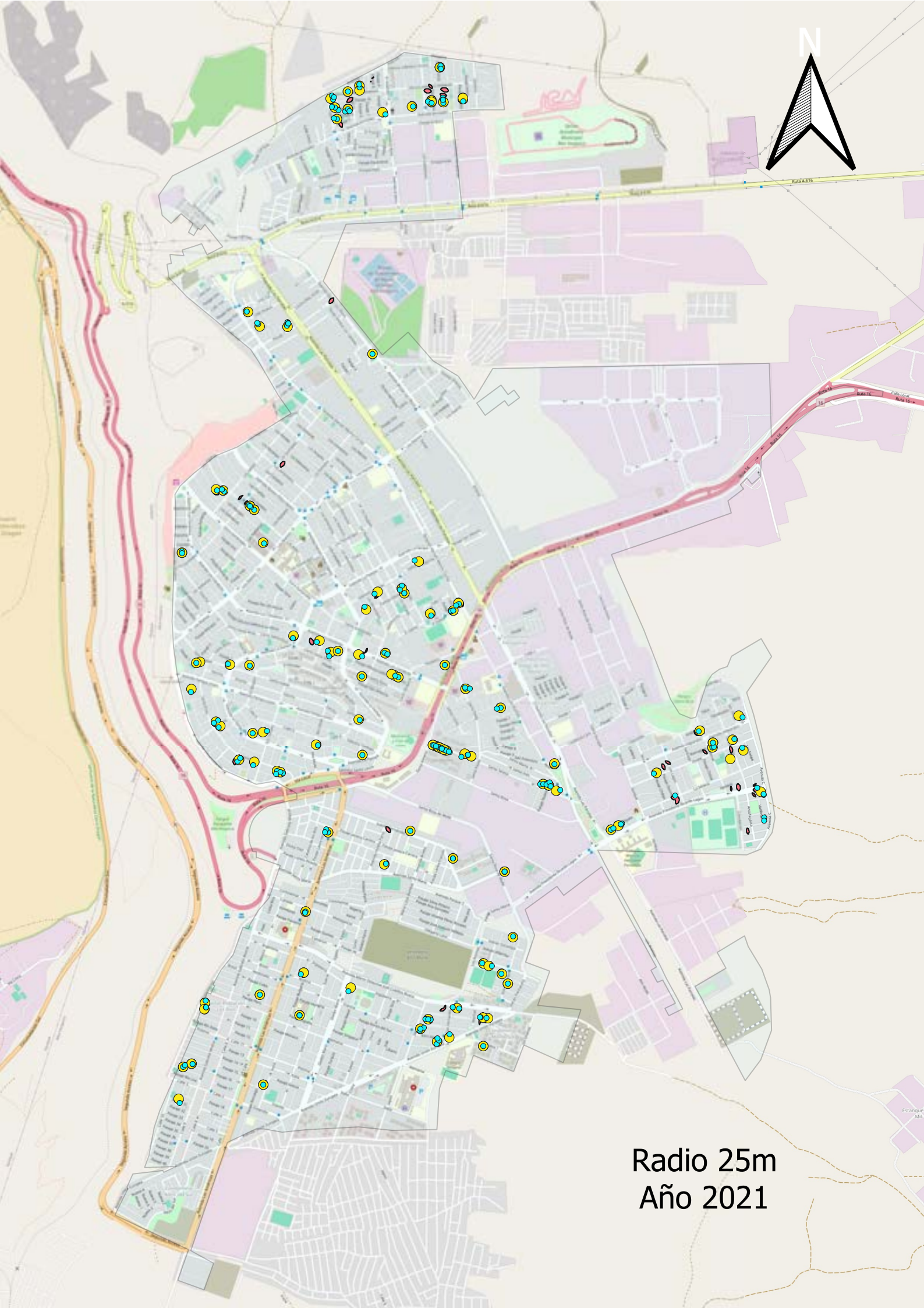
Radio 25m
Año 2017



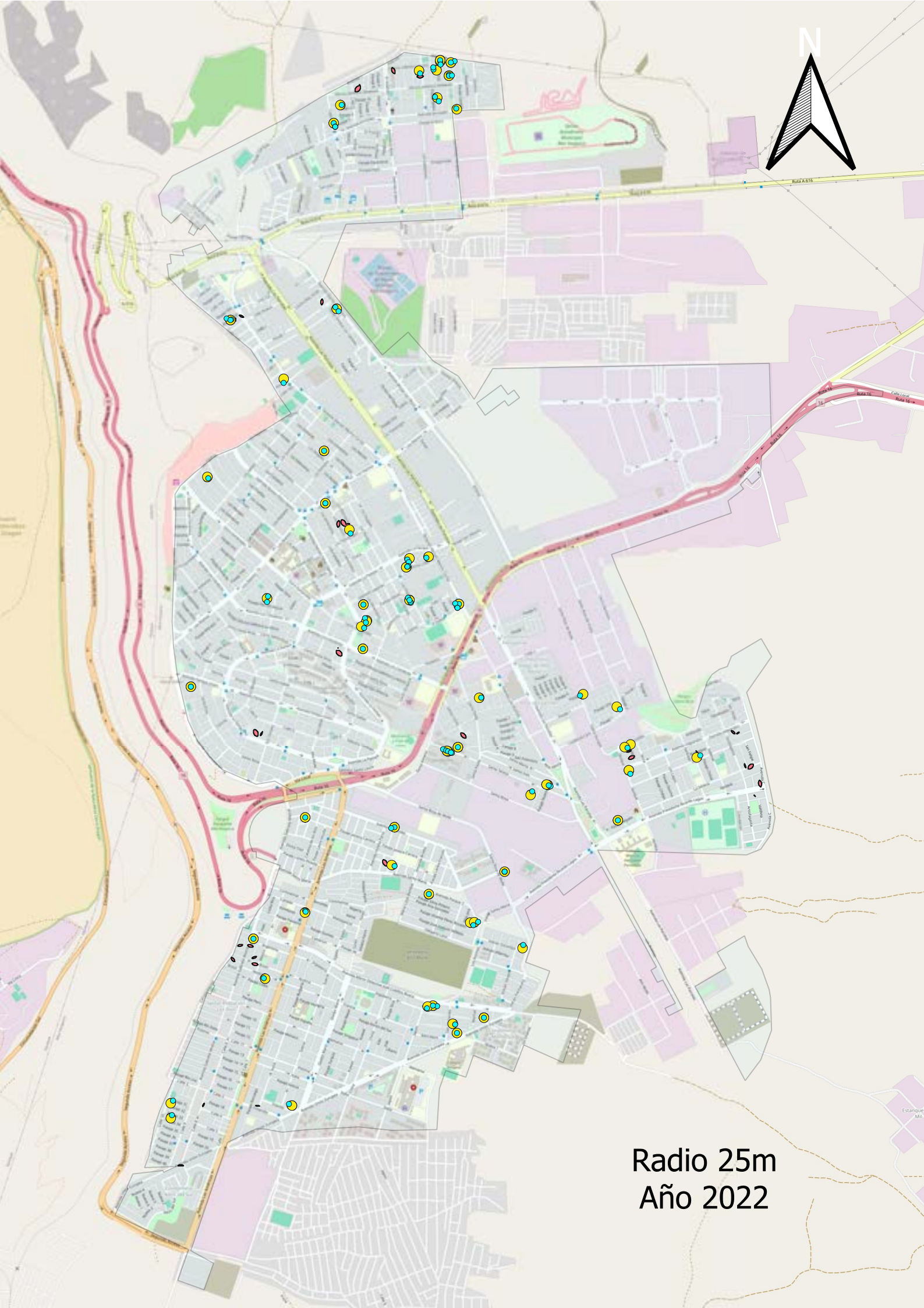
Radio 25m
Año 2018



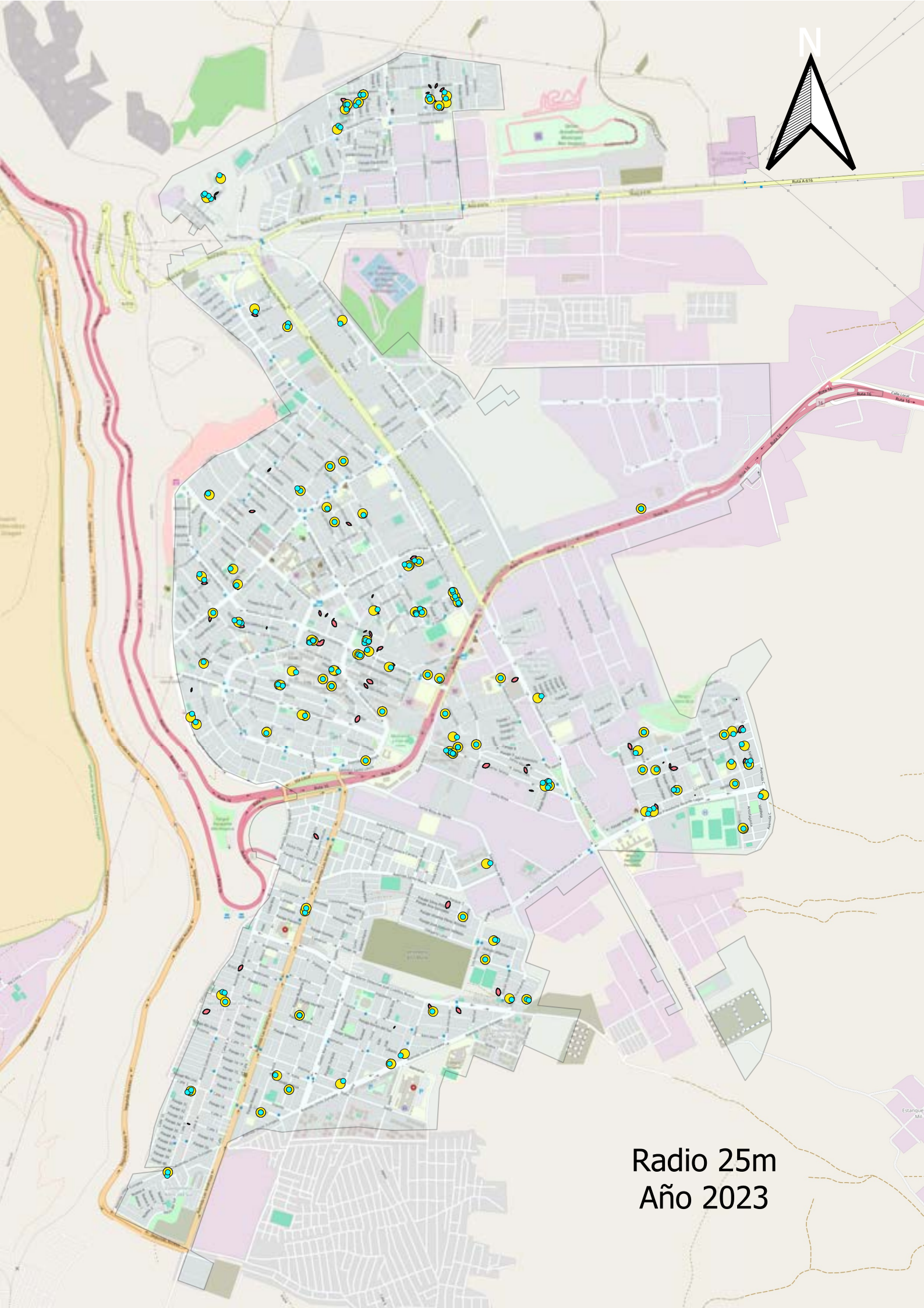
Radio 25m
Año 2020



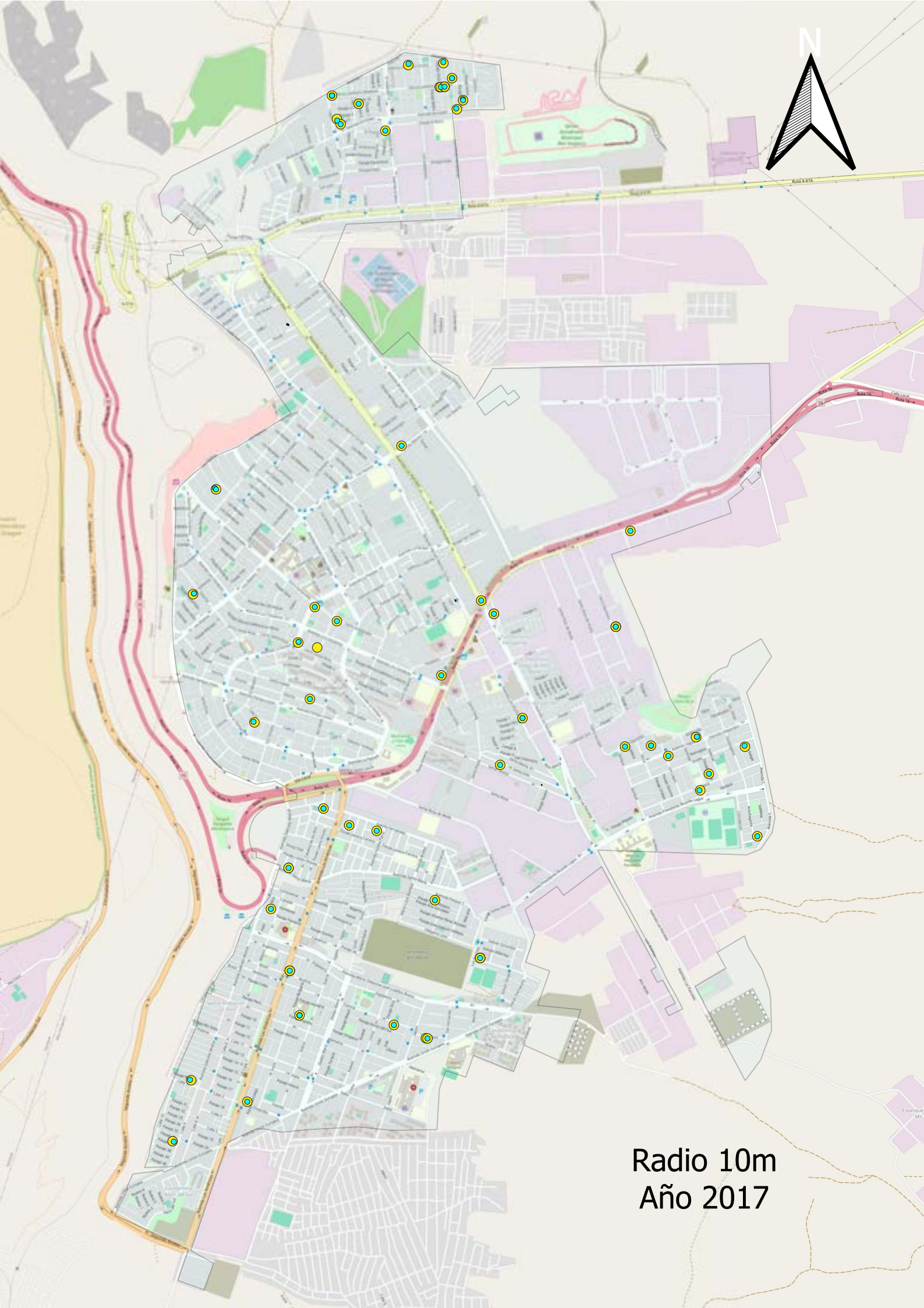
Radio 25m
Año 2021



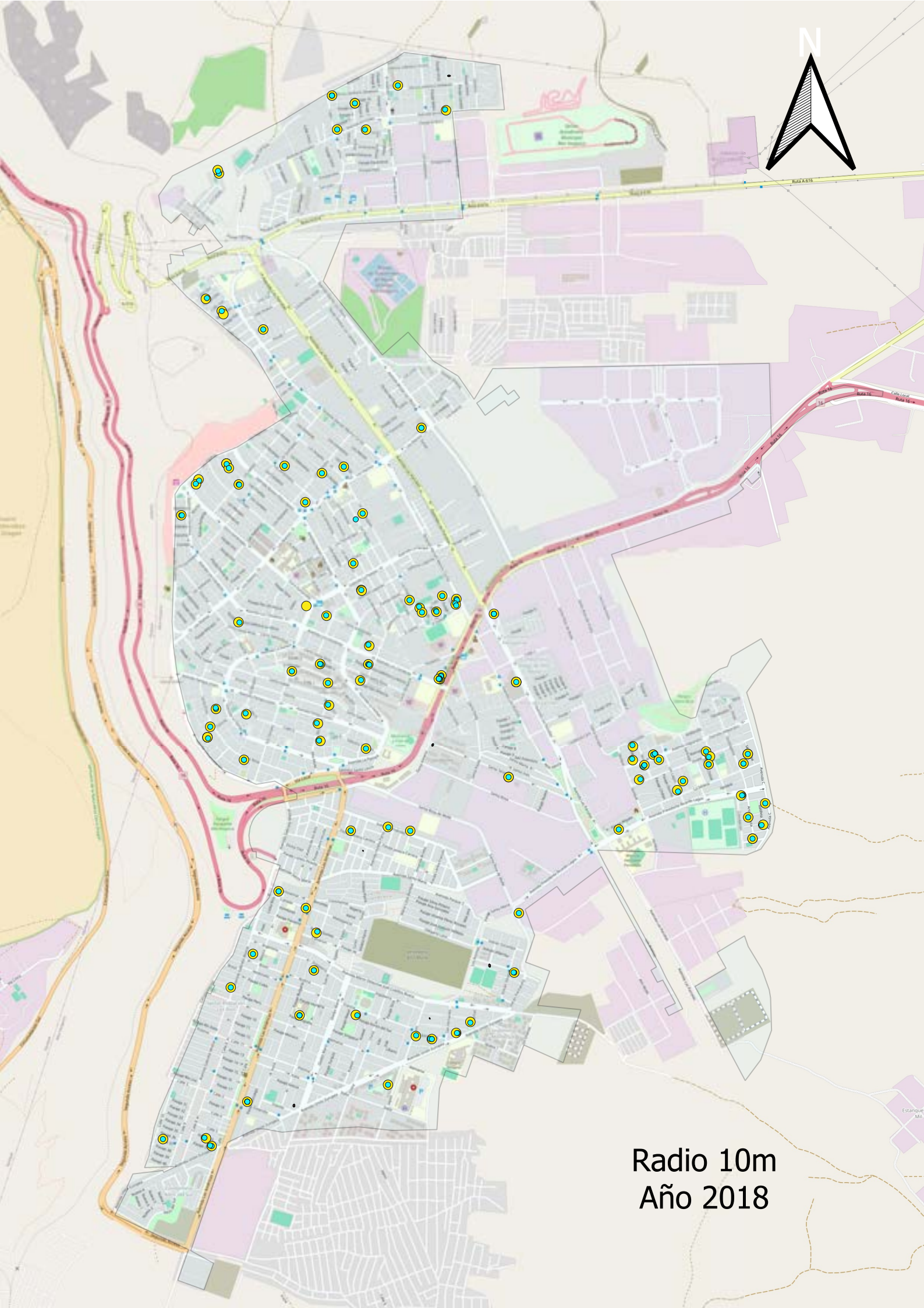
Radio 25m
Año 2022



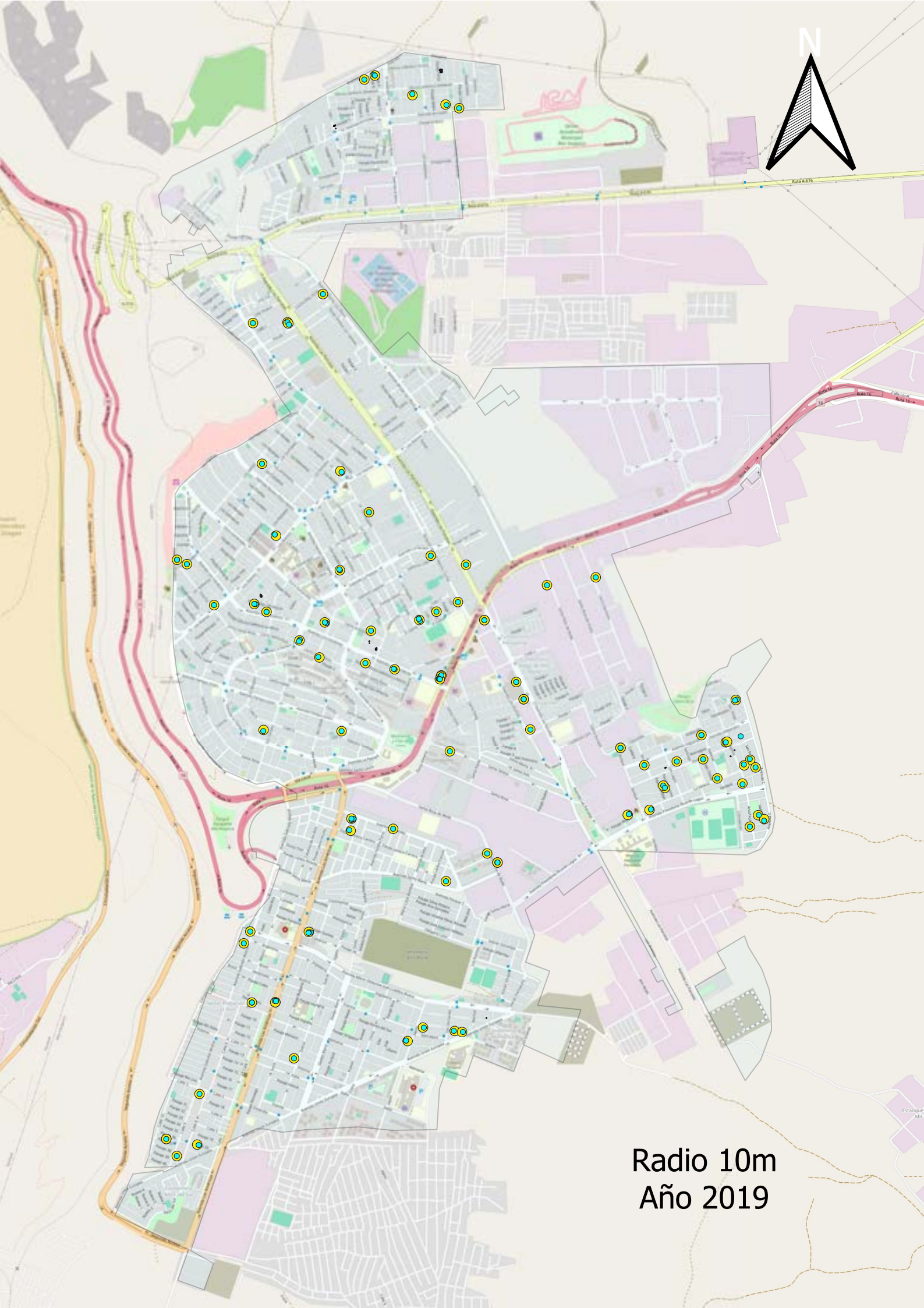
Radio 25m
Año 2023



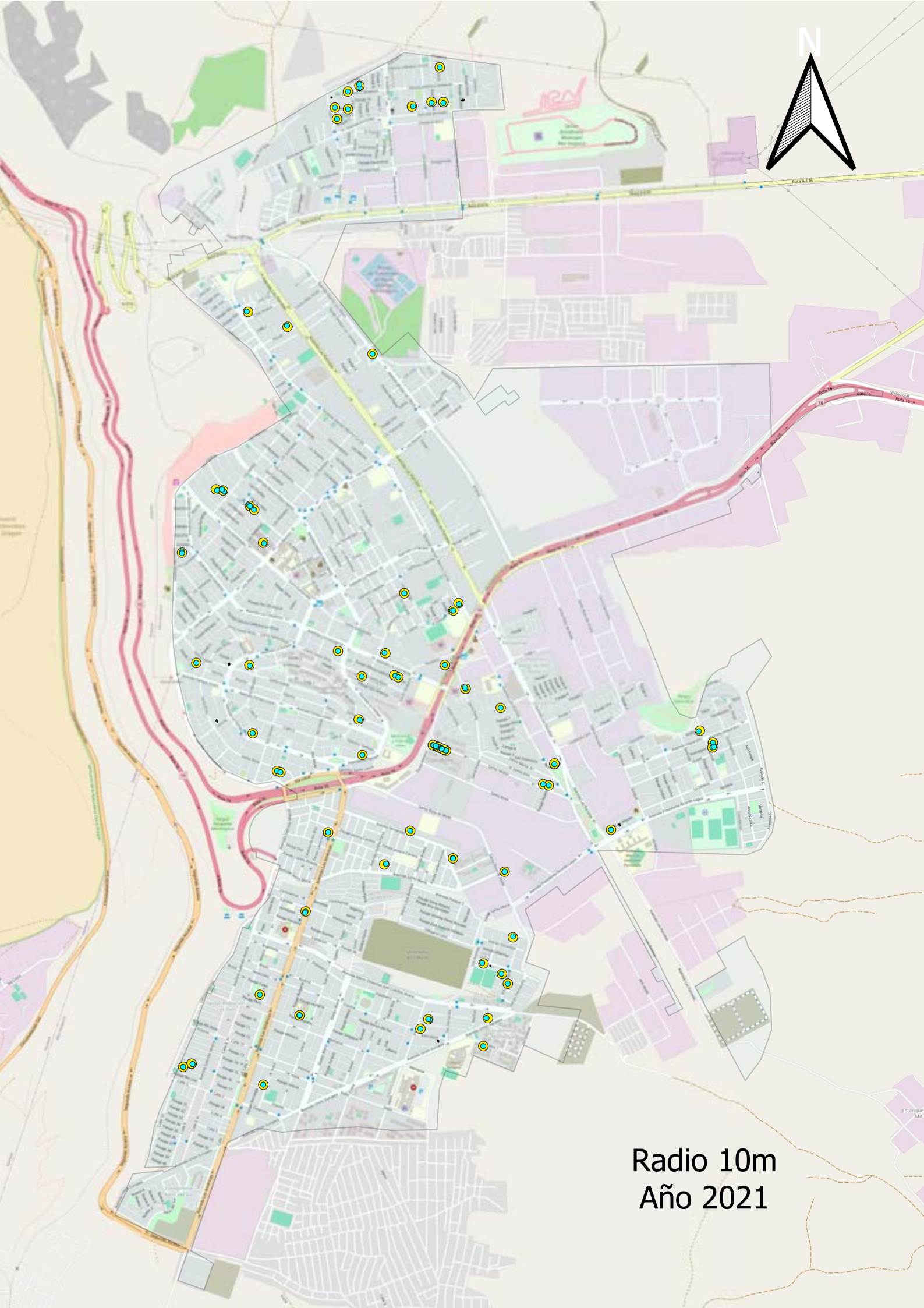
Radio 10m
Año 2017



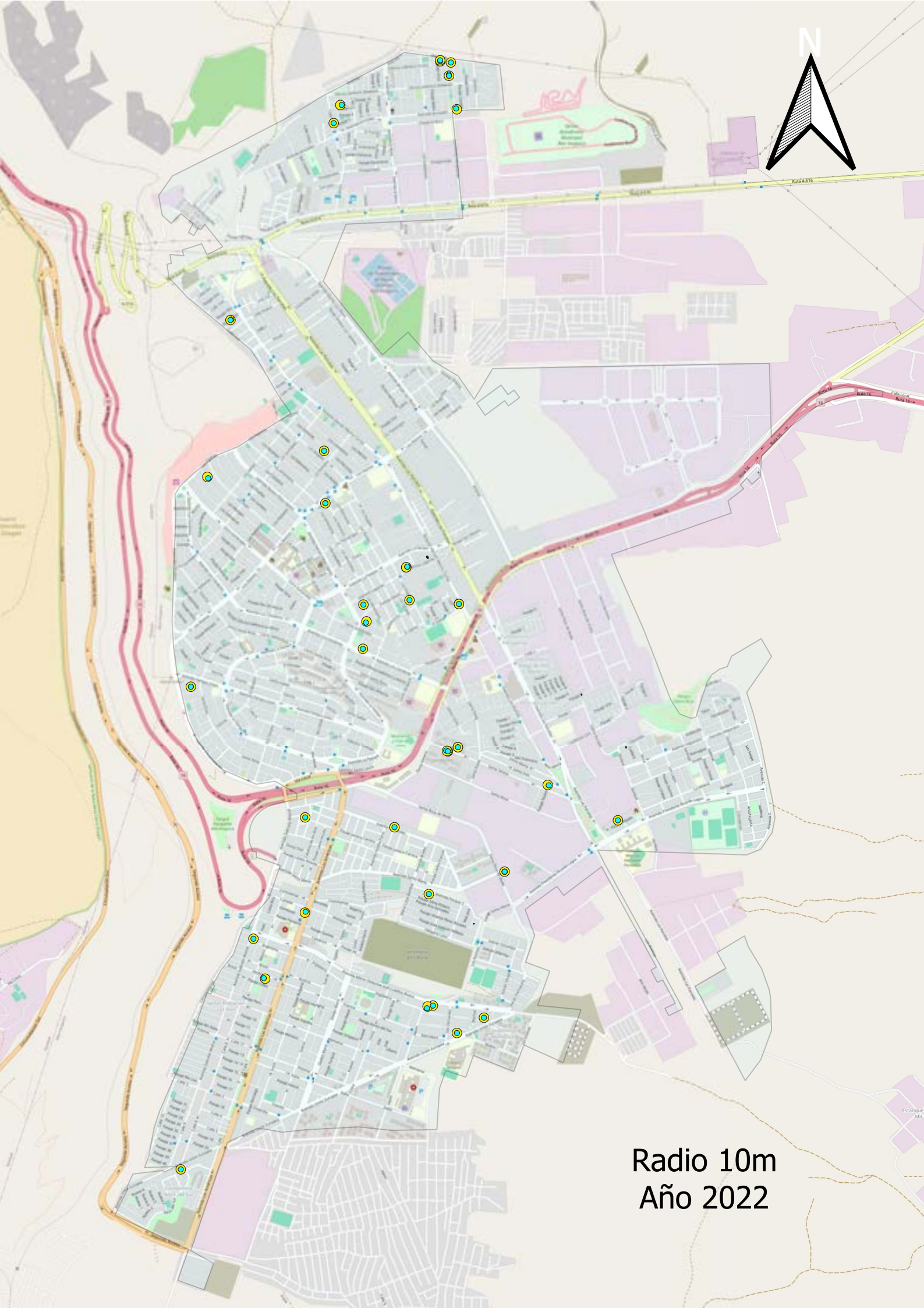
Radio 10m
Año 2018



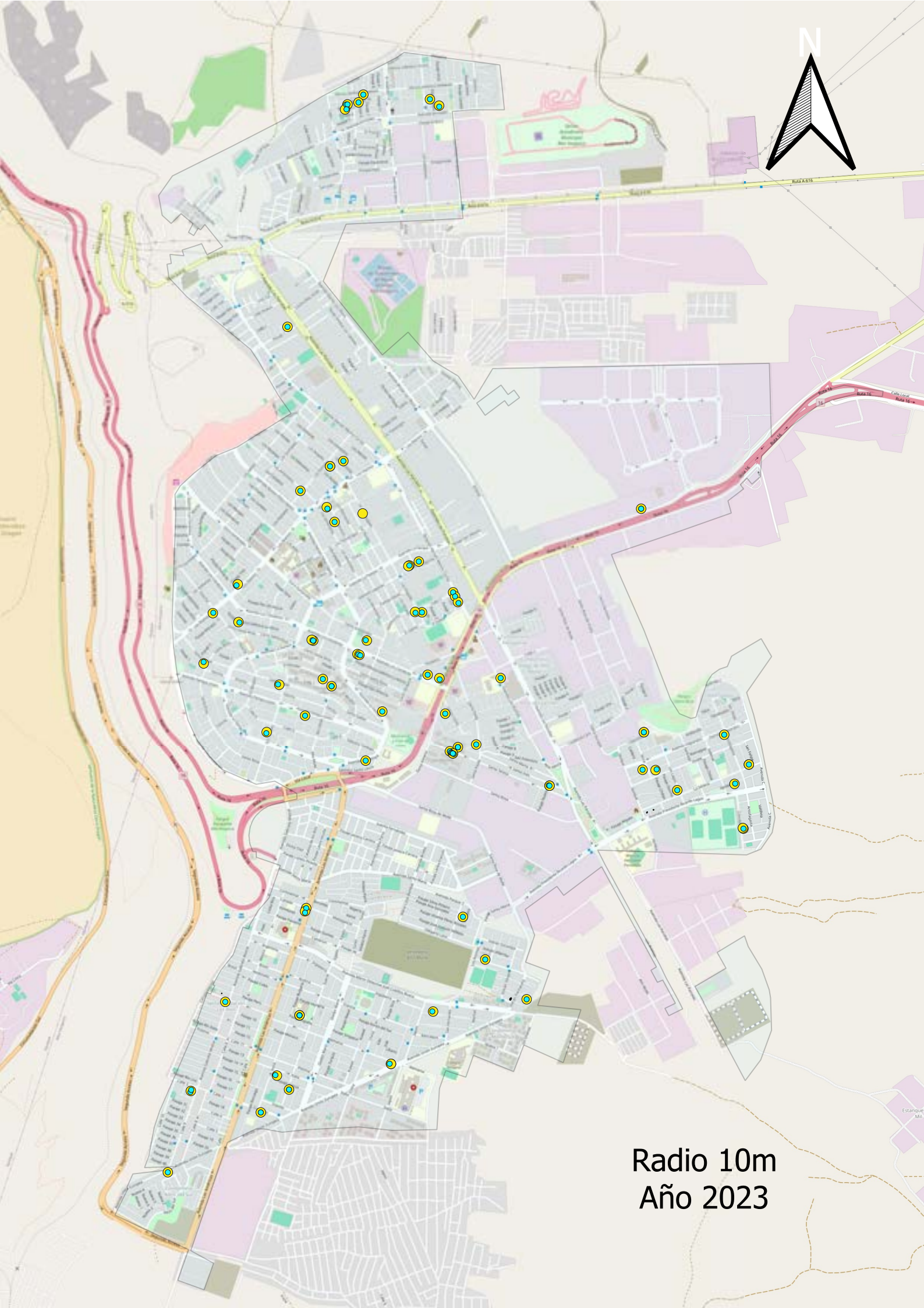
Radio 10m
Año 2019



Radio 10m
Año 2021



Radio 10m
Año 2022



Radio 10m
Año 2023

Anexo 5

Análisis parcial para radio de influencia 25m

Vinculación entre discontinuidades y hundimientos

Dentro del proceso computacional en QGIS, se contemplaron las capas del software correspondientes a la base de infraestructura reportada por la empresa sanitaria en el año 2022 (PR012). Al determinar los perímetros que reúnen alguna deficiencia en la red y un denuncia, se obtiene un polígono, desde el cual se pueden volver a extraer los datos vectoriales (puntos) conforme a la tabla de atributos. De esta forma, se contabilizan:

Tabla 1. N° cuarteles afectados por tipos de fallas, 2017-2023.

Etiquetas de fila	Cuenta de DESCRIPC_3
FALLA DE MATRIZ	167
FALLA DE MATRIZ SIN SUSPENSION DE SERVICIO	701
FALLA EN AP	3
Total general	871

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Cantidad de reclamos de hundimiento de terreno por infraestructura dañada y tipo de respuesta, 2017-2023.

Cuenta de DESC_RESUL	Etiquetas de columna			
Etiquetas de fila	Arranque	Matriz No aplica (problema interno del cliente)	Total general	
A favor del cliente	180	94	63	337
Carece de fundamento con excepcion empresa	4		11	15
Carece de fundamento sin excepcion empresa	56	8	188	252
Total general	240	102	262	604

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las redes de distribución, se extraen los datos que contemplan el año de instalación, diámetro, materialidad y longitud afectada, agrupando su relación en las siguientes tablas:

Tabla 3. Longitud de redes afectadas por materialidad y diámetro, 2017-2023.

Suma de LONGITUD	Etiquetas de c							
Etiquetas de fila		75	110	125	160	200	250	350 Total general
1		40,98	20823,71	1263,98	2852,54	1086,59	888,62	26956,41
2		2848,39	4307,69		839,50	581,76	439,20	9016,55
3						92,11		41,39 133,50
4							50,09	50,09
10							164,55	164,55
Total general		2889,37	25131,40	1263,98	3692,03	1760,46	1542,47	41,39 36321,09

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Longitud de redes afectadas por diámetro y año de instalación, 2017-2023.

Suma de LONGITUD	Etiquetas de columna														
Etiquetas de fila	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2013	2015	2017	2018	2019	2021	9999 Total general
75	176,33	40,98									70,81				2601,26 2889,37
110	3434,68	2521,64	1508,16	1636,35	917,58	580,71	337,09	125,68	483,66		1381,45	174,71		55,87	11973,80 25131,40
125		119,69	138,49								398,01				607,79 1263,98
160	72,82		123,03	152,03	168,62					6,00	176,90				2992,63 3692,03
200		220,66					127,00					306,08			1106,73 1760,46
250			99,60				10,68						111,02		1321,18 1542,47
350															41,39 41,39
Total general	3683,83	2902,97	1869,28	1788,38	1086,20	580,71	474,77	125,68	483,66	6,00	2027,17	480,78	111,02	55,87	20644,76 36321,09

Fuente: Elaboración propia.

Vinculación entre reclamos de filtraciones AP y hundimientos

Dentro del proceso computacional en QGIS, se contemplaron las capas del software correspondientes a la base de infraestructura reportada por la empresa sanitaria en el año 2022 (PR012). Al determinar los perímetros que reúnen algún reclamo por filtración AP y uno por hundimiento de terreno, se obtiene un polígono, desde el cual se pueden volver a extraer los datos vectoriales (puntos) conforme a la tabla de atributos. De esta forma, se contabilizan:

Tabla 5. Cantidad de reclamos de filtraciones AP por infraestructura dañada y por motivo de falla, 2017-2023.

Cuenta de DESC_RESUL	Etiquetas de columna		
Etiquetas de fila	Arranque	Matriz	Total general
AGUA EN VIA PUBLICA		19	19
CASA INUNDADA		27	14
OTROS ASOC A TUB MATRI ESTANQ VENTOSAS			
CON RIESGO	267	381	648
PROBLEMAS DE ARRANQUE SIN DISCONT DEL SERVICIO	4225	55	4280
Total general	4519	469	4988

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Cantidad de reclamos de hundimiento de terreno por infraestructura dañada y tipo de respuesta, 2017-2023.

Cuenta de DESC_DIAGN	Etiquetas de columna			
Etiquetas de fila	Arranque	Matriz	No aplica (problema interno del cliente)	Total general
A favor del cliente		591	104	150
Carece de fundamento con excepcion empresa		5		20
Carece de fundamento sin excepcion empresa		170	12	530
Total general		766	116	700

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las redes de distribución, se extraen los datos que contemplan el año de instalación, diámetro, materialidad y longitud afectada, agrupando su relación en las siguientes tablas:

Tabla 7. Longitud de redes afectadas por materialidad y diámetro, 2017-2023

Suma de LONGITUD	Etiquetas de columna							
Etiquetas de fila	75	110	125	160	200	250	350	Total general
1	79,75	42698,49	2186,26	4857,16	2994,44	1027,44		53843,53
2	12975,77	20832,89		3392,44	3379,08	439,20		41019,38
3					92,11		52,59	144,70
4						50,09		50,09
10						164,55		164,55
Total general	13055,52	63531,38	2186,26	8249,59	6465,63	1681,28	52,59	95222,25

Fuente: Elaboración propia.

*(1)=HDPE; (2)=PVC; (3)=Asbesto cemento; (4)=Acero negro; (10)=Hierro dúctil.

Tabla 8. Longitud de redes afectadas por materialidad y diámetro, 2017-2023

Suma de LONGITUD	Etiquetas de columna																		
Etiquetas de fila	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2021	9999	Total general
75	1170,00	79,75												70,81				11734,96	13055,52
110	7678,63	3804,55	3866,90	2731,63	6444,27	900,55	325,65	553,85	163,22	831,06	1050,48		104,43	5981,53	220,72	48,66	203,87	28521,39	63531,38
125	121,43	179,54	260,17											778,45				846,67	2186,26
160	181,60		251,03	152,03	511,66							7,00		1023,44			278,57	5844,27	8249,59
200	6,44	220,66					129,89				272,14			807,09	386,08			4643,34	6465,63
250			99,60				10,68									203,35		1367,65	1681,28
350																		52,59	52,59
Total general	9158,09	4384,51	4477,70	2883,65	6955,92	900,55	466,22	553,85	163,22	831,06	1322,62	7,00	104,43	8661,31	606,80	252,01	482,44	53010,85	95222,25

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, con todos estos resultados de las tablas precedentes se procederá a realizar el análisis estadístico de las variables características de las redes sanitarias afectadas para el radio de influencia de 25 metros, para discontinuidades de servicio o reclamos por filtraciones de agua potable en relación con los denuncios por hundimientos de terreno.

Anexo 6

Sensibilización para radios de influencia 50-10 m

Vinculación entre discontinuidades y hundimientos (50 m)

Dentro del proceso computacional en QGIS, se contemplaron las capas del software correspondientes a la base de infraestructura reportada por la empresa sanitaria en el año 2022 (PR012). Al determinar los perímetros que reúnen alguna deficiencia en la red y un denuncia, se obtiene un polígono, desde el cual se pueden volver a extraer los datos vectoriales (puntos) conforme a la tabla de atributos. De esta forma, se contabilizan:

Tabla 1. N° cuarteles afectados por tipos de fallas, 2017-2023.

Etiquetas de fila	Cuenta de DESCRIPC_3
FALLA DE MATRIZ	362
FALLA DE MATRIZ SIN SUSPENSION DE SERVICIO	924
FALLA DE VALVULAS	2
FALLA EN AP	13
Total general	1301

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Cantidad de reclamos por infraestructura dañada y tipo de respuesta, 2017-2023.

Cuenta de DESC_RESUL	Etiquetas de columna			
Etiquetas de fila	Arranque	Matriz	No aplica (problema interno del cliente)	Total general
A favor del cliente	326	102	96	524
Carece de fundamento con excepcion empresa	4		15	19
Carece de fundamento sin excepcion empresa	101	9	323	433
Total general	431	111	434	976

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las redes de distribución, se extraen los datos que contemplan el año de instalación, diámetro, materialidad y longitud afectada, agrupando su relación en las siguientes tablas:

Tabla 3. Longitudes de redes afectadas por materialidad y diámetro, 2017-2023

Suma de LONGITUD											Etiquetas de columna
Etiquetas de fila	75	110	125	160	200	250	315	350	450	Total general	
1	79,75	42174,87	3070,13	4922,62	2232,52	1545,79	45,99		1,53	54073,22	
2	8061,50	14580,53		3402,75	3028,77	502,66				29576,21	
3					96,31			209,02		305,33	
4						50,09				50,09	
10					166,62	484,68				651,30	
Total general	8141,25	56755,40	3070,13	8325,37	5524,22	2583,22	45,99	209,02	1,53	84656,15	

Fuente: Elaboración propia.

*(1)=HDPE; (2)=PVC; (3)=Asbesto cemento; (4)=Acero negro; (10)=Hierro dúctil.

Respecto a las redes de distribución, se extraen los datos que contemplan el año de instalación, diámetro, materialidad y longitud afectada, agrupando su relación en las siguientes tablas:

Tabla 7. Longitud de redes afectadas por materialidad y diámetro, 2017-2023

Suma de LONGITUD Etiquetas de columna								Total general
Etiquetas de fila		75	110	125	160	200	250	
1			15898,96	832,72	1774,84	1553,71	386,48	20446,72
2		5838,34	6563,34		1089,46	1338,13		14829,27
4							50,09	50,09
Total general		5838,34	22462,30	832,72	2864,31	2891,84	436,57	35326,09

Fuente: Elaboración propia.

*(1)=HDPE; (2)=PVC; (4)=Acero negro.

Tabla 8. Longitud de redes afectadas por materialidad y diámetro, 2017-2023

Suma de LONGITUD Etiquetas de columna																	
Etiquetas de fila	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2017	2018	2021	9999	Total general	
75	417,41											70,81			5350,13	5838,34	
110	2805,86	1904,63	1835,82	1284,02	2566,85	60,97	277,36	52,05	78,76	264,23	175,01	655,77	121,29	81,00	10298,67	22462,30	
125		179,54	135,11									206,46			311,61	832,72	
160	39,64		42,65		161,20							248,77			2372,05	2864,31	
200	6,44										272,14	213,72	306,08		2093,46	2891,84	
250															436,57	436,57	
Total general	3269,35	2084,17	2013,57	1284,02	2728,05	60,97	277,36	52,05	78,76	264,23	447,15	1395,53	427,37	81,00	20862,49	35326,09	

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, con todos estos resultados de las tablas precedentes se procederá a realizar el análisis estadístico de las variables características de las redes sanitarias afectadas para el radio de influencia de 50 metros, para discontinuidades de servicio, y 10 metros para reclamos por filtraciones de agua potable en relación con los denuncios por hundimientos de terreno.

Anexo 7

Análisis estadístico descriptivo e inferencial

Anexo 7: Análisis estadístico descriptivo e inferencial

Válidamente aplicado a datos completos respecto a las variables en análisis como diámetro, longitud, año de instalación y materialidad. Se eliminaron los registros con redes declaradas con año "9999".

- 1) Redes AP dentro de radio de influencia de 25 metros para reclamos por hundimiento de terreno y cortes no programados de agua potable.

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Modo
DIAMETRO	322	0	121,025	1,81130	32,5027	75	110	110	110	250	110
Variable	N para moda										
DIAMETRO	265										

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
LONGITUD	322	0	48,6843	2,50270	44,9094	0,299768	10,7802	36,2630	68,2200
Variable	Máximo	Modo	N para moda						
LONGITUD	258,692	*	0						

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Modo
AÑO	322	0	2007,93	0,259299	4,65295	2004	2005	2006	2009	2021	2004
Variable	N para moda										
AÑO	71										

Prueba de valores atípicos

Prueba de Grubbs

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Máx.	G	P
DIAMETRO	300	113,07	12,63	75,00	160,00	3,71	0,052

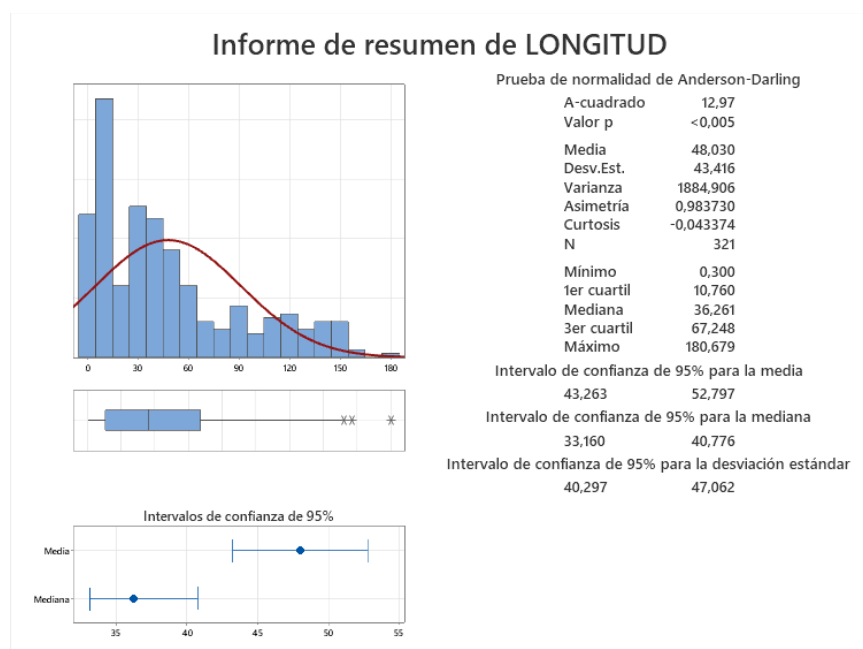
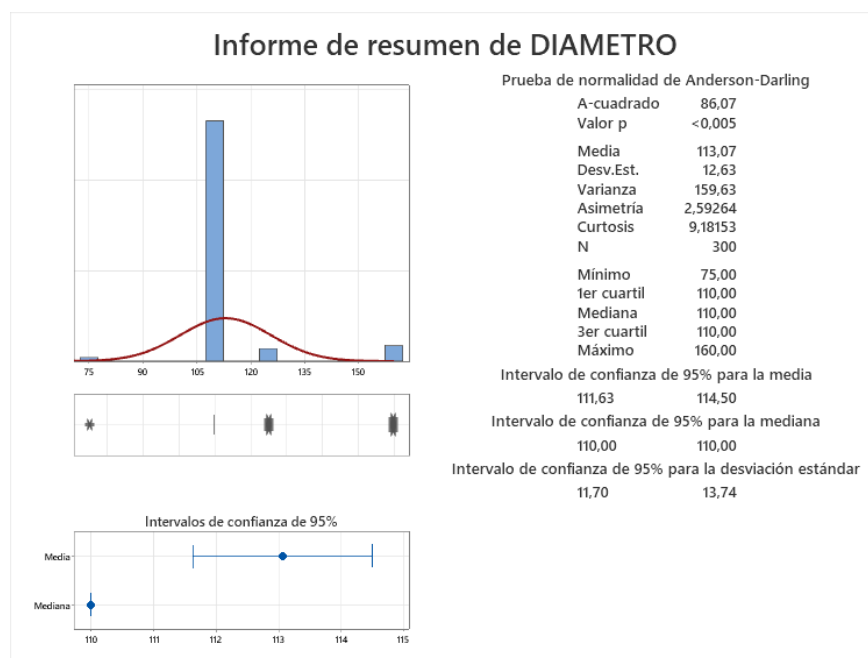
Prueba de Grubbs

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Máx.	G	P
LONGITUD	321	48,03	43,42	0,30	180,68	3,06	0,674

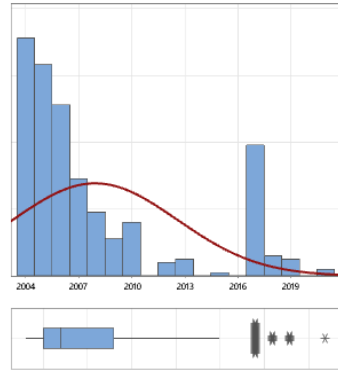
Prueba de Grubbs

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Máx.	G	P
AÑO	322	2007,9	4,65	2004,0	2021,0	2,81	1,000

Prueba de normalidad



Informe de resumen de AÑO



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	30,49
Valor p	<0,005
Media	2007,9
Desv.Est.	4,7
Varianza	21,6
Asimetría	1,29206
Curtosis	0,27501
N	322

Mínimo	2004,0
1er cuartil	2005,0
Mediana	2006,0
3er cuartil	2009,0
Máximo	2021,0

Intervalo de confianza de 95% para la media

2007,4	2008,4
--------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la mediana

2006,0	2006,0
--------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

4,3	5,0
-----	-----

Prueba de bondad del ajuste

Diámetro

Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P	LRT	P
Normal	86,074	<0,005		
Transformación Box-Cox	80,317	<0,005		
Lognormal	84,064	<0,005		
Lognormal de 3 parámetros	82,726	*	0,000	
Exponencial	124,213	<0,003		
Exponencial de 2 parámetros	105,554	<0,010	0,000	
Weibull	83,846	<0,010		
Weibull de 3 parámetros	82,117	<0,005	0,000	
Valor extremo más pequeño	85,276	<0,010		
Valor extremo por máximos	81,016	<0,010		
Gamma	84,813	<0,005		
Gamma de 3 parámetros	83,399	*	0,000	
Logística	86,488	<0,005		
Loglogística	86,080	<0,005		
Loglogística de 3 parámetros	85,235	*	0,000	

Longitud

Prueba de bondad del ajuste

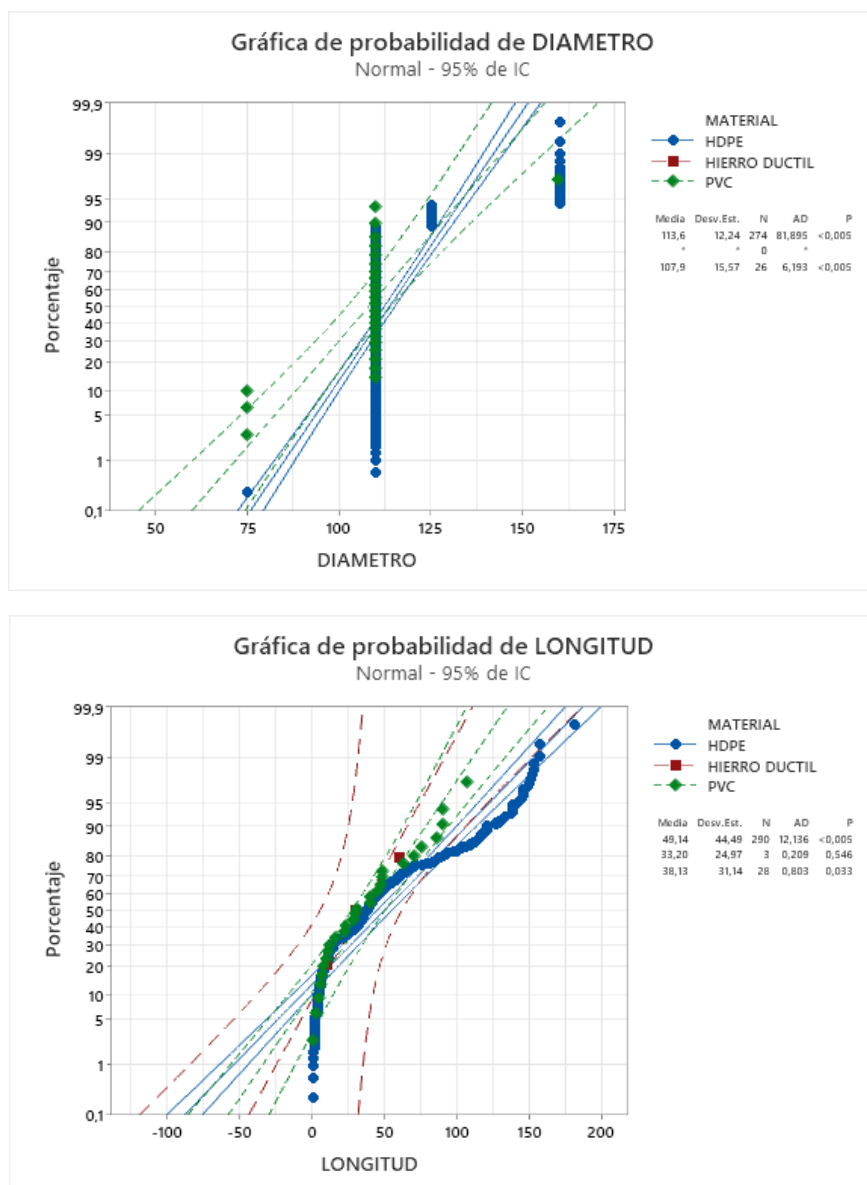
Distribución	AD	P	LRT	P
Normal	12,972	<0,005		
Transformación Box-Cox	2,278	<0,005		
Lognormal	5,774	<0,005		
Lognormal de 3 parámetros	4,166	*	0,000	
Exponencial	1,886	0,012		
Exponencial de 2 parámetros	1,975	<0,010	0,156	
Weibull	1,960	<0,010		
Weibull de 3 parámetros	1,938	<0,005	0,153	
Valor extremo más pequeño	20,204	<0,010		
Valor extremo por máximos	7,029	<0,010		
Gamma	1,794	<0,005		
Gamma de 3 parámetros	1,745	*	0,092	
Logística	10,510	<0,005		
Loglogística	4,957	<0,005		
Loglogística de 3 parámetros	4,817	*	0,585	

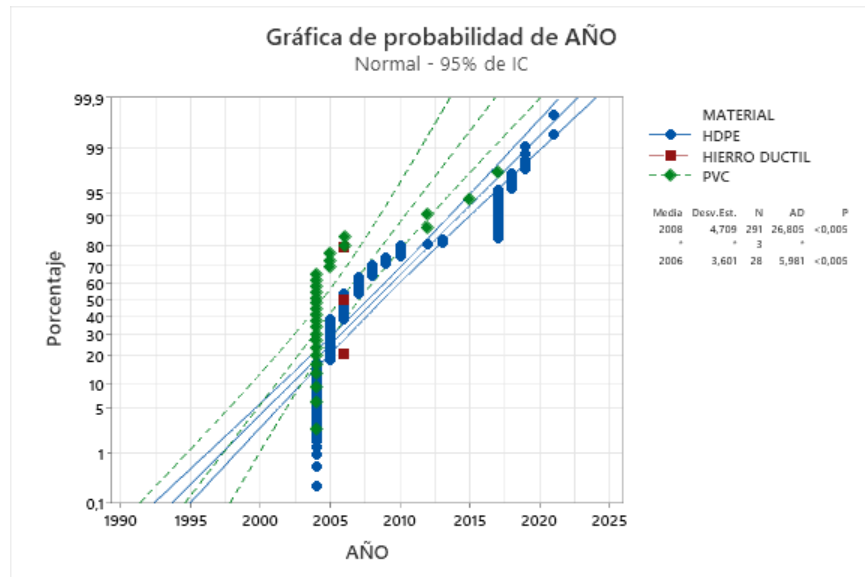
Año

Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P	LRT	P
Normal	30,489	<0,005		
Transformación Box-Cox	30,033	<0,005		
Lognormal	30,413	<0,005		
Lognormal de 3 parámetros	68,716	*	0,000	
Exponencial	147,100	<0,003		
Exponencial de 2 parámetros	56,411	<0,010	0,000	
Weibull	36,666	<0,010		
Weibull de 3 parámetros	71,357	<0,005	0,000	
Valor extremo más pequeño	36,732	<0,010		
Valor extremo por máximos	20,795	<0,010		
Gamma	30,484	<0,005		
Gamma de 3 parámetros	79,913	*	0,000	
Logística	25,264	<0,005		
Loglogística	25,199	<0,005		
Loglogística de 3 parámetros	65,690	*	0,000	

Gráfica de probabilidad Normal respecto a materialidad





Prueba estadística no paramétrica: Kruskal-Wallis

Diámetro-Material

Estadísticas descriptivas

MATERIAL	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
HDPE	274	110	152,7	1,42
PVC	26	110	127,4	-1,42
General	300		150,5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	1	2,01	0,156
Ajustado para empates	1	6,48	0,011

Longitud-Material

Estadísticas descriptivas

MATERIAL	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
HDPE	290	36,9779	162,4	0,86
HIERRO DUCTIL	3	29,3529	145,0	-0,30
PVC	28	30,1343	147,7	-0,79
General	321		161,0	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

GL	Valor H	Valor p
2	0,73	0,693

La aproximación de chi-cuadrada podría no ser exacta cuando algunos tamaños de muestra sean menores que 5.

Año-Material

Estadísticas descriptivas

MATERIAL	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
HDPE	291	2006	168,8	4,32
HIERRO DUCTIL	3	2006	160,0	-0,03
PVC	28	2004	85,6	-4,51
General	322		161,5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	2	20,39	0,000
Ajustado para empates	2	20,91	0,000

La aproximación de chi-cuadrada podría no ser exacta cuando algunos tamaños de muestra sean menores que 5.

Año-Diámetro

Estadísticas descriptivas

DIAMETRO	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
75	4	2004,5	112,0	-0,89
110	265	2006,0	144,0	-3,57
125	14	2017,0	224,3	3,26
160	17	2008,0	200,0	2,42
General	300		150,5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	3	17,95	0,000
Ajustado para empates	3	18,47	0,000

La aproximación de chi-cuadrada podría no ser exacta cuando algunos tamaños de muestra sean menores que 5.

Longitud-Diámetro

Estadísticas descriptivas

DIAMETRO	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
75	4	78,5214	217,3	1,55
110	265	38,3484	149,7	-0,45
125	14	54,4597	155,6	0,22
160	17	34,6998	143,4	-0,35
General	300		150,5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

GL	Valor H	Valor p
3	2,56	0,465

La aproximación de chi-cuadrada podría no ser exacta cuando algunos tamaños de muestra sean menores que 5.

Longitud-Año

Estadísticas descriptivas

AÑO	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
2004	71	39,720	171,9	1,12
2005	63	39,362	163,3	0,22
2006	51	16,123	131,7	-2,46
2007	29	48,600	183,2	1,35
2008	19	38,539	193,3	1,56
2009	11	30,272	160,7	-0,01
2010	16	8,205	93,4	-2,99
2012	4	19,685	130,0	-0,67
2013	5	109,143	231,4	1,71
2015	1	6,002	48,0	-1,22
2017	39	42,342	176,6	1,12
2018	5	47,386	173,2	0,30
2019	5	4,000	92,4	-1,67
2021	2	27,936	141,0	-0,31
General	321		161,0	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

GL	Valor H	Valor p
13	27,36	0,011

La aproximación de chi-cuadrada podría no ser exacta cuando algunos tamaños de muestra sean menores que 5.

Correlaciones

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
LONGITUD	DIAMETRO	300	-0,065	(-0,177; 0,049)	0,261
AÑO	DIAMETRO	300	0,165	(0,052; 0,273)	0,004
AÑO	LONGITUD	321	-0,009	(-0,118; 0,101)	0,873

Correlaciones en parejas de Spearman

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p
LONGITUD	DIAMETRO	300	-0,036	(-0,148; 0,078)	0,537
AÑO	DIAMETRO	300	0,239	(0,128; 0,344)	0,000
Recodificado MATERIAL	DIAMETRO	300	-0,147	(-0,257; -0,034)	0,011
AÑO	LONGITUD	321	-0,036	(-0,145; 0,073)	0,516
Recodificado MATERIAL	LONGITUD	321	-0,048	(-0,156; 0,062)	0,394
Recodificado MATERIAL	AÑO	322	-0,246	(-0,348; -0,139)	0,000

- 2) Redes AP dentro de radio de influencia de 50 metros para reclamos por hundimiento de terreno y cortes no programados de agua potable.

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
DIAMETRO	832	0	119,718	1,01797	29,3626	75	110	110	110	250

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
LONGITUD	832	0	44,4635	1,52265	43,9200	0,244729	9,49765	33,8301	61,5393

Variable	Máximo
LONGITUD	276,448

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
AÑO	832	0	2009,15	0,181464	5,23422	2004	2005	2007	2015	2021

Prueba de valores atípicos

Prueba de Grubbs

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Máx.	G	P
DIAMETRO	788	113,78	14,39	75,00	160,00	3,21	1,000

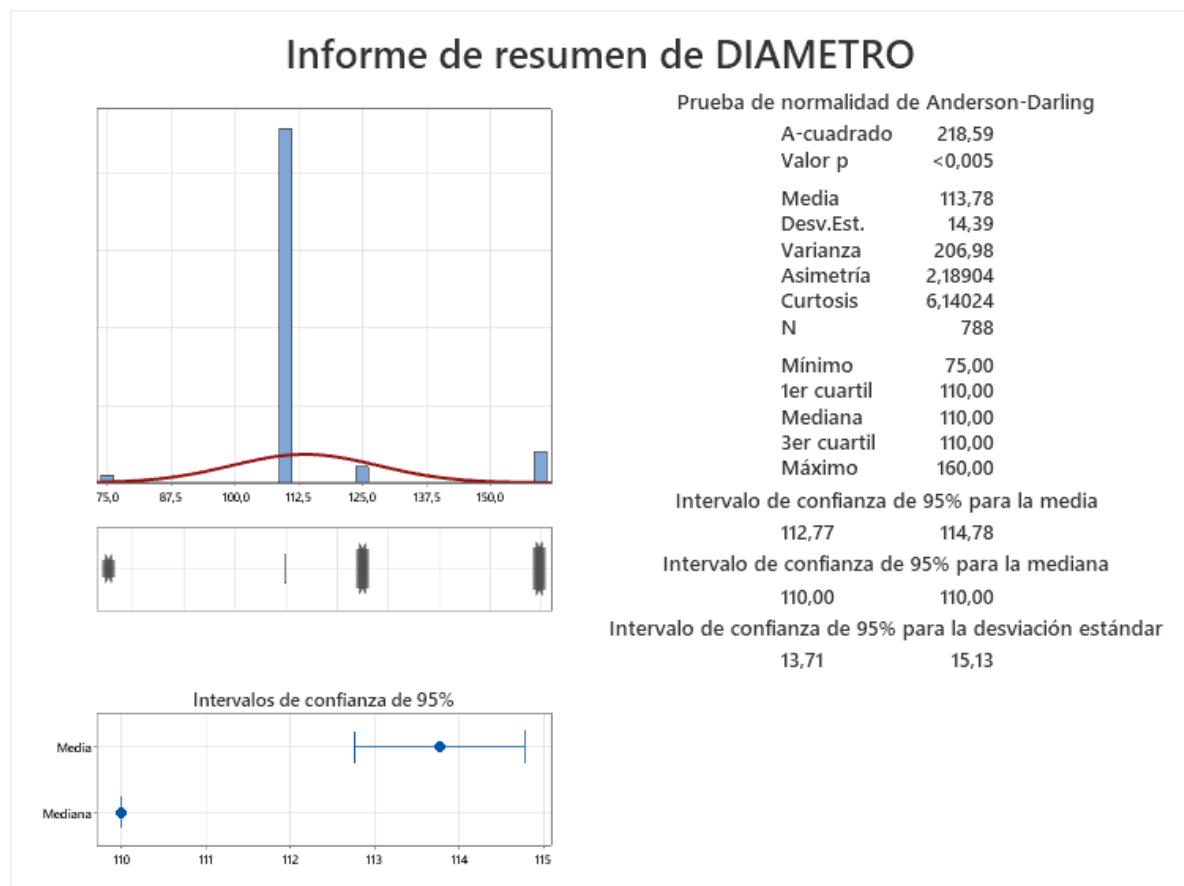
Prueba de Grubbs

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Máx.	G	P
LONGITUD	829	43,65	41,86	0,24	208,79	3,94	0,061

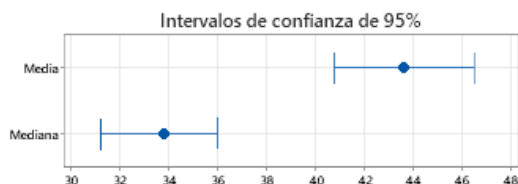
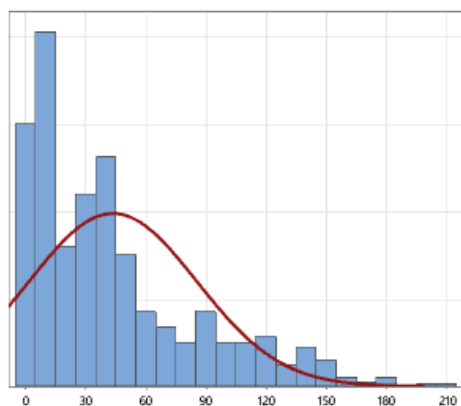
Prueba de Grubbs

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Máx.	G	P
AÑO	832	2009,2	5,23	2004,0	2021,0	2,26	1,000

Prueba de normalidad



Informe de resumen de LONGITUD



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

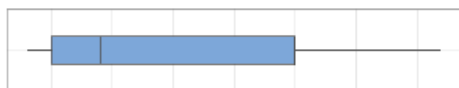
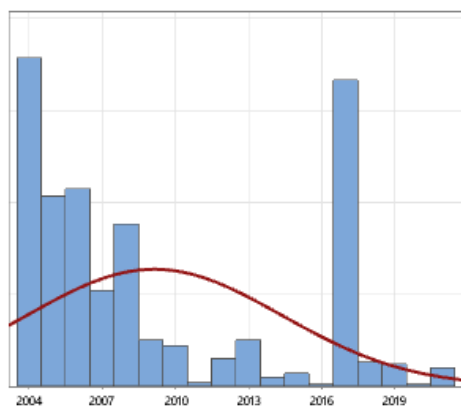
A-cuadrado	35,90
Valor p	<0,005
Media	43,651
Desv.Est.	41,860
Varianza	1752,261
Asimetría	1,21381
Curtosis	0,85462
N	829
Mínimo	0,245
1er cuartil	9,450
Mediana	33,785
3er cuartil	61,183
Máximo	208,786

Intervalo de confianza de 95% para la media
40,797 46,504

Intervalo de confianza de 95% para la mediana
31,219 36,004

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar
39,937 43,978

Informe de resumen de AÑO



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	62,19
Valor p	<0,005
Media	2009,2
Desv.Est.	5,2
Varianza	27,4
Asimetría	0,73201
Curtosis	-1,03938
N	832
Mínimo	2004,0
1er cuartil	2005,0
Mediana	2007,0
3er cuartil	2015,0
Máximo	2021,0

Intervalo de confianza de 95% para la media
2008,8 2009,5

Intervalo de confianza de 95% para la mediana
2006,2 2008,0

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar
5,0 5,5

Prueba de bondad del ajuste

Diámetro

Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P	LRT	P
Normal	218,591	<0,005		
Transformación Box-Cox	205,176	<0,005		
Lognormal	212,010	<0,005		
Lognormal de 3 parámetros	207,802	*		0,000
Exponencial	318,349	<0,003		
Exponencial de 2 parámetros	260,378	<0,010		0,000
Weibull	210,907	<0,010		
Weibull de 3 parámetros	205,634	<0,005		0,000
Valor extremo más pequeño	214,844	<0,010		
Valor extremo por máximos	201,401	<0,010		
Gamma	214,384	<0,005		
Gamma de 3 parámetros	214,367	*		1,000
Logística	219,688	<0,005		
Loglogística	217,577	<0,005		
Loglogística de 3 parámetros	214,591	*		0,000

Longitud

Prueba de bondad del ajuste

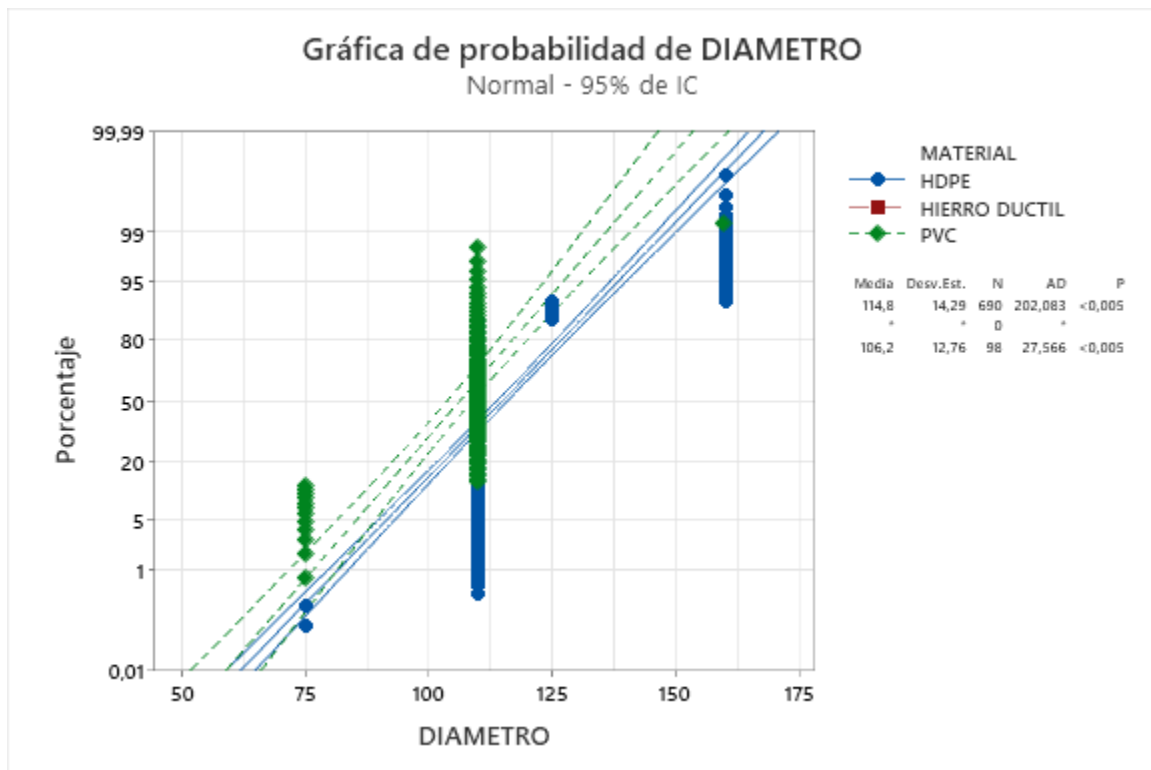
Distribución	AD	P	LRT	P
Normal	35,903	<0,005		
Transformación Box-Cox	5,244	<0,005		
Lognormal	13,450	<0,005		
Lognormal de 3 parámetros	11,074	*		0,000
Exponencial	5,953	<0,003		
Exponencial de 2 parámetros	6,560	<0,010		0,007
Weibull	4,431	<0,010		
Weibull de 3 parámetros	4,294	<0,005		0,001
Valor extremo más pequeño	58,606	<0,010		
Valor extremo por máximos	19,442	<0,010		
Gamma	4,013	<0,005		
Gamma de 3 parámetros	3,715	*		0,000
Logística	27,981	<0,005		
Loglogística	12,260	<0,005		
Loglogística de 3 parámetros	12,388	*		0,606

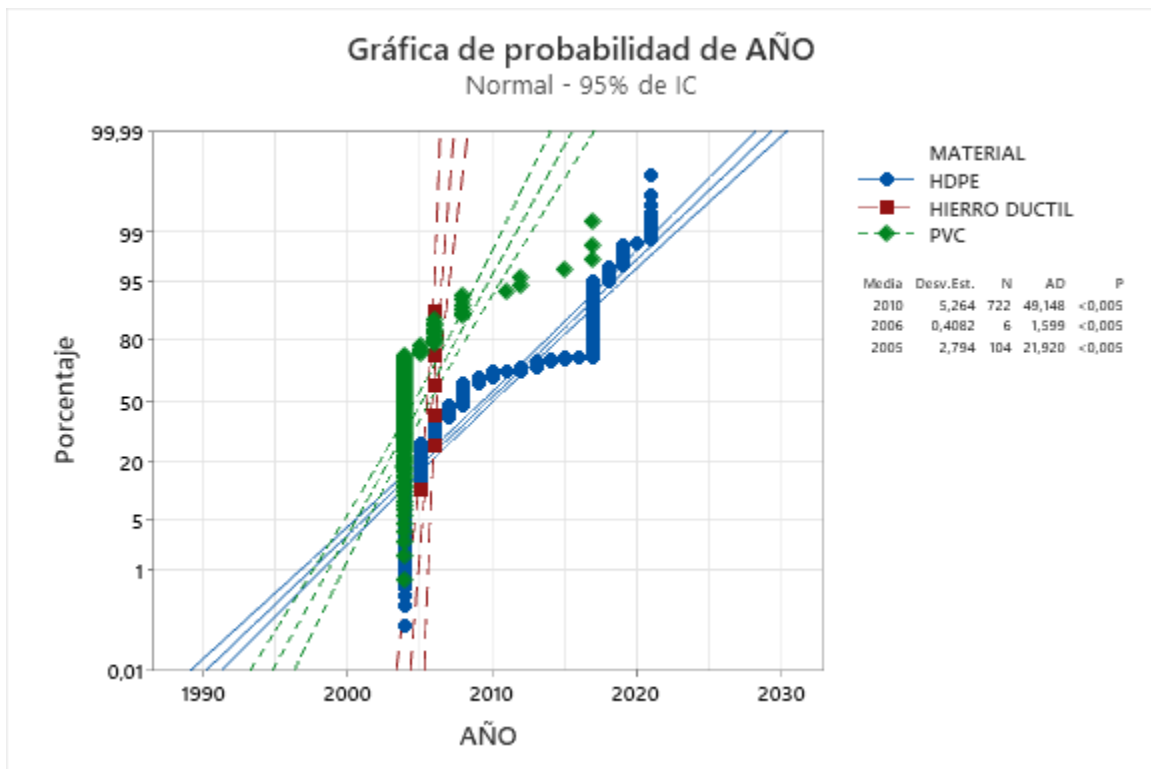
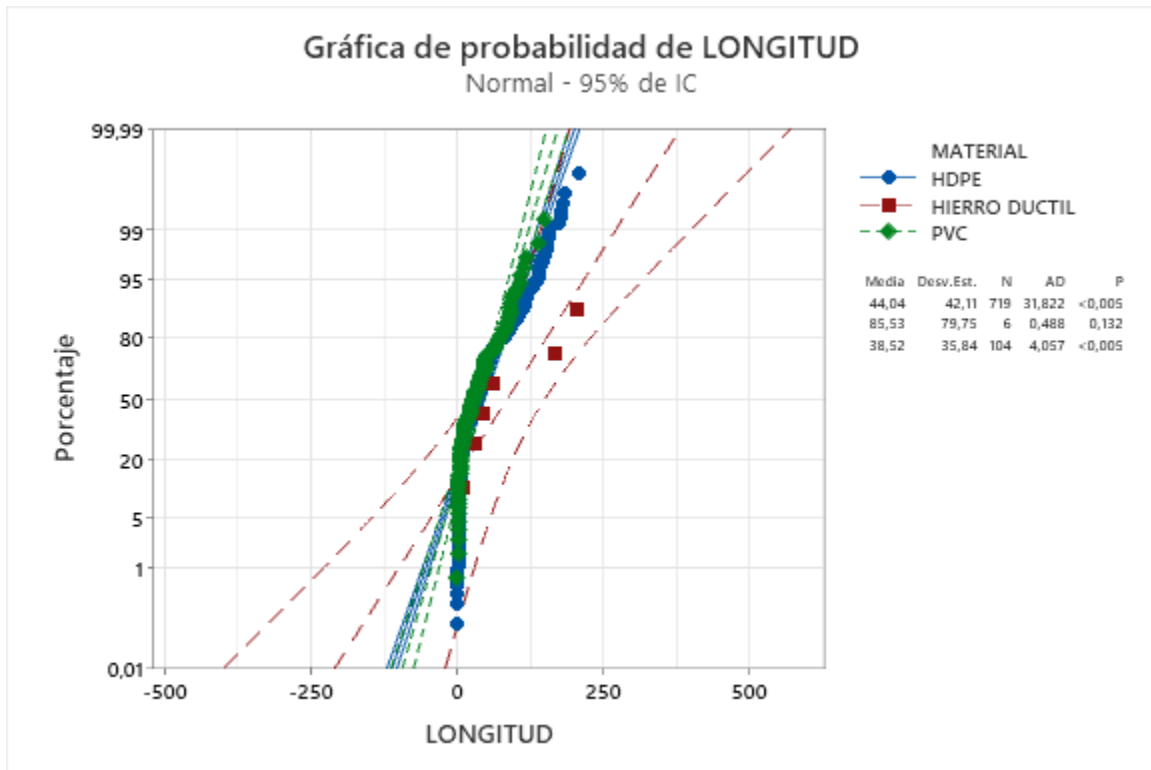
Año

Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P LRT	P
Normal	62,185	<0,005	
Transformación Box-Cox	61,391	<0,005	
Lognormal	62,053	<0,005	
Lognormal de 3 parámetros	180,025	*	0,000
Exponencial	379,775	<0,003	
Exponencial de 2 parámetros	172,397	<0,010	0,000
Weibull	70,114	<0,010	
Weibull de 3 parámetros	187,199	<0,005	0,000
Valor extremo más pequeño	70,221	<0,010	
Valor extremo por máximos	49,312	<0,010	
Gamma	62,166	<0,005	
Gamma de 3 parámetros	218,360	*	0,000
Logística	56,051	<0,005	
Loglogística	55,928	<0,005	
Loglogística de 3 parámetros	172,208	*	0,000

Gráfica de probabilidad Normal respecto a materialidad





Prueba estadística no paramétrica: Kruskal-Wallis

Diámetro-Material

Estadísticas descriptivas

MATERIAL	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
HDPE	690	110	405,4	3,58
PVC	98	110	317,4	-3,58
General	788		394,5	

Longitud-Material

Estadísticas descriptivas

MATERIAL	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
HDPE	719	33,9354	417,0	0,62
HIERRO DUCTIL	6	51,5415	563,0	1,52
PVC	104	27,9000	392,5	-1,02
General	829		415,0	

Año-Material

Estadísticas descriptivas

MATERIAL	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
HDPE	722	2008	451,6	10,79
HIERRO DUCTIL	6	2006	317,5	-1,01
PVC	104	2004	178,7	-10,79
General	832		416,5	

Año-Diámetro

Estadísticas descriptivas

DIAMETRO	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
75	14	2004	235,0	-2,65
110	683	2007	382,6	-3,74
125	31	2017	498,7	2,60
160	60	2008	513,1	4,20
General	788		394,5	

Longitud-Diámetro

Estadísticas descriptivas

DIAMETRO	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
75	14	59,1825	511,7	1,95
110	683	33,7242	392,1	-0,61
125	31	50,9721	455,8	1,55
160	59	32,9223	355,8	-1,34
General	787		394,0	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	1	12,83	0,000
Ajustado para empates	1	36,83	0,000

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

GL	Valor H	Valor p
2	3,26	0,196

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	2	118,26	0,000
Ajustado para empates	2	121,08	0,000

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	3	31,54	0,000
Ajustado para empates	3	32,37	0,000

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

GL	Valor H	Valor p
3	7,76	0,051

Longitud-Año

Estadísticas descriptivas

AÑO	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
2004	178	34,3231	418,1	0,20
2005	103	39,3624	439,3	1,10
2006	107	26,5935	394,4	-0,96
2007	52	41,9378	456,3	1,29
2008	88	34,6106	465,7	2,10
2009	25	28,9905	396,6	-0,39
2010	22	9,7643	282,3	-2,64
2011	2	41,4175	476,0	0,36
2012	15	10,1286	251,5	-2,67
2013	25	20,2602	374,1	-0,87
2014	4	9,3343	301,0	-0,95
2015	7	16,0007	366,6	-0,54
2016	1	6,0000	151,0	-1,10
2017	166	34,9485	431,7	1,00
2018	12	41,2180	426,3	0,17
2019	12	10,3470	275,5	-2,03
2020	1	9,2871	205,0	-0,88
2021	9	36,6211	337,3	-0,98
General	829		415,0	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
 Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

GL Valor H Valor p

17 31,18 0,019

La aproximación de chi-cuadrada podría no ser exacta cuando algunos tamaños de muestra sean menores que 5.

Correlaciones

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
LONGITUD	DIAMETRO 787		-0,050	(-0,120; 0,020)	0,160
AÑO	DIAMETRO 788		0,167	(0,099; 0,235)	0,000
AÑO	LONGITUD 829		-0,037	(-0,105; 0,031)	0,281

Correlaciones en parejas de Spearman

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
LONGITUD	DIAMETRO 787		-0,033	(-0,103; 0,037)	0,350
AÑO	DIAMETRO 788		0,202	(0,133; 0,269)	0,000
Recodificado MATERIAL	DIAMETRO 788		-0,216	(-0,283; -0,148)	0,000
AÑO	LONGITUD 829		-0,035	(-0,103; 0,033)	0,318
Recodificado MATERIAL	LONGITUD 829		-0,023	(-0,091; 0,045)	0,500
Recodificado MATERIAL	AÑO	832	-0,380	(-0,439; -0,318)	0,000

- 3) Redes AP dentro de radio de influencia de 25 metros para reclamos por hundimiento de terreno y reclamos por filtraciones en arranques o matrices de agua potable.

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
DIAMETRO	883	0	118,052	0,918232	27,2855	75	110	110	110	250

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de		Mínimo	Q1	Mediana	Q3
				la media	Desv.Est.				
LONGITUD	883	0	47,8045	1,43614	42,6754	0,244729	12,2874	37,6906	66,6944

Variable	Máximo
LONGITUD	276,448

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
AÑO	883	0	2008.96	0.170815	5.07582	2004	2005	2007	2014	2021

Prueba de valores atípicos

Prueba de Grubbs

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Máx.	G	P
DIAMETRO	838	112,64	13,30	75,00	160,00	3,56	0,295

Prueba de Grubbs

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Máx.	G	P
LONGITUD	880	47,05	40,74	0,24	208,79	3,97	0,059

Prueba de Grubbs

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Máx.	G	P
AÑO	883	2009,0	5,08	2004,0	2021,0	2,37	1,000

Prueba de normalidad

Informe de resumen de DIAMETRO



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	240,06
Valor p	<0,005
Media	112,64
Desv.Est.	13,30
Varianza	176,91
Asimetría	2,20531
Curtosis	8,15315
N	838
Mínimo	75,00
1er cuartil	110,00
Mediana	110,00
3er cuartil	110,00
Máximo	160,00

Intervalo de confianza de 95% para la media

111,74	113,54
--------	--------

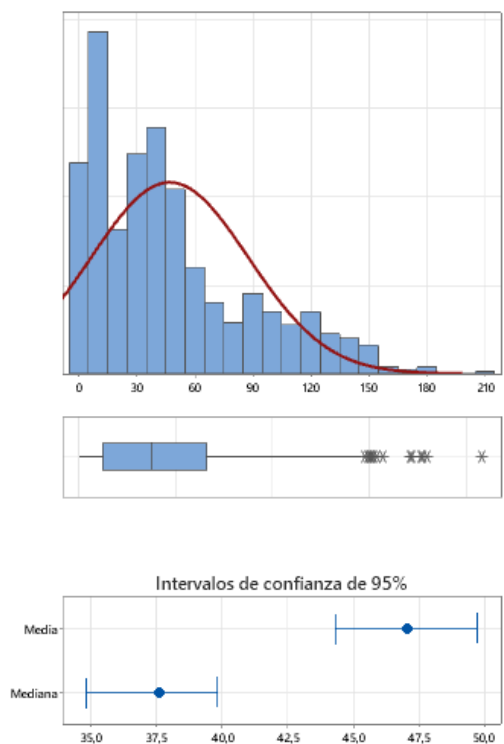
Intervalo de confianza de 95% para la mediana

110,00	110,00
--------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

12,69	13,97
-------	-------

Informe de resumen de LONGITUD



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	28,80
Valor p	<0,005
Media	47,050
Desv.Est.	40,737
Varianza	1659,509
Asimetría	1,03322
Curtosis	0,38729
N	880
Mínimo	0,245
1er cuartil	12,279
Mediana	37,607
3er cuartil	66,299
Máximo	208,786

Intervalo de confianza de 95% para la media

44,355	49,745
--------	--------

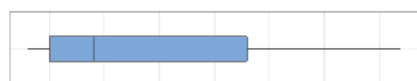
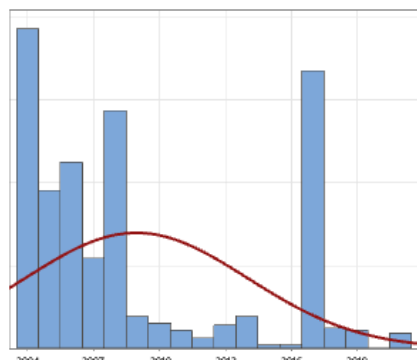
Intervalo de confianza de 95% para la mediana

34,830	39,840
--------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

38,919	42,735
--------	--------

Informe de resumen de AÑO



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	67,23
Valor p	<0,005
Media	2009,0
Desv.Est.	5,1
Varianza	25,8
Asimetría	0,819660
Curtosis	-0,858447
N	883
Mínimo	2004,0
1er cuartil	2005,0
Mediana	2007,0
3er cuartil	2014,0
Máximo	2021,0

Intervalo de confianza de 95% para la media

2008,6	2009,3
--------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la mediana

2007,0	2008,0
--------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

4,8	5,3
-----	-----

Prueba de bondad del ajuste

Diámetro

Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P	LRT	P
Normal	240,063	<0,005		
Transformación Box-Cox	230,155	<0,005		
Lognormal	234,060	<0,005		
Lognormal de 3 parámetros	232,151	*	0,001	
Exponencial	344,260	<0,003		
Exponencial de 2 parámetros	288,148	<0,010	0,000	
Weibull	234,488	<0,010		
Weibull de 3 parámetros	230,242	<0,005	0,000	
Valor extremo más pequeño	238,580	<0,010		
Valor extremo por máximos	227,019	<0,010		
Gamma	236,095	<0,005		
Gamma de 3 parámetros	234,495	*	1,000	
Logística	243,268	<0,005		
Loglogística	241,412	<0,005		
Loglogística de 3 parámetros	239,854	*	0,000	

Longitud

Prueba de bondad del ajuste

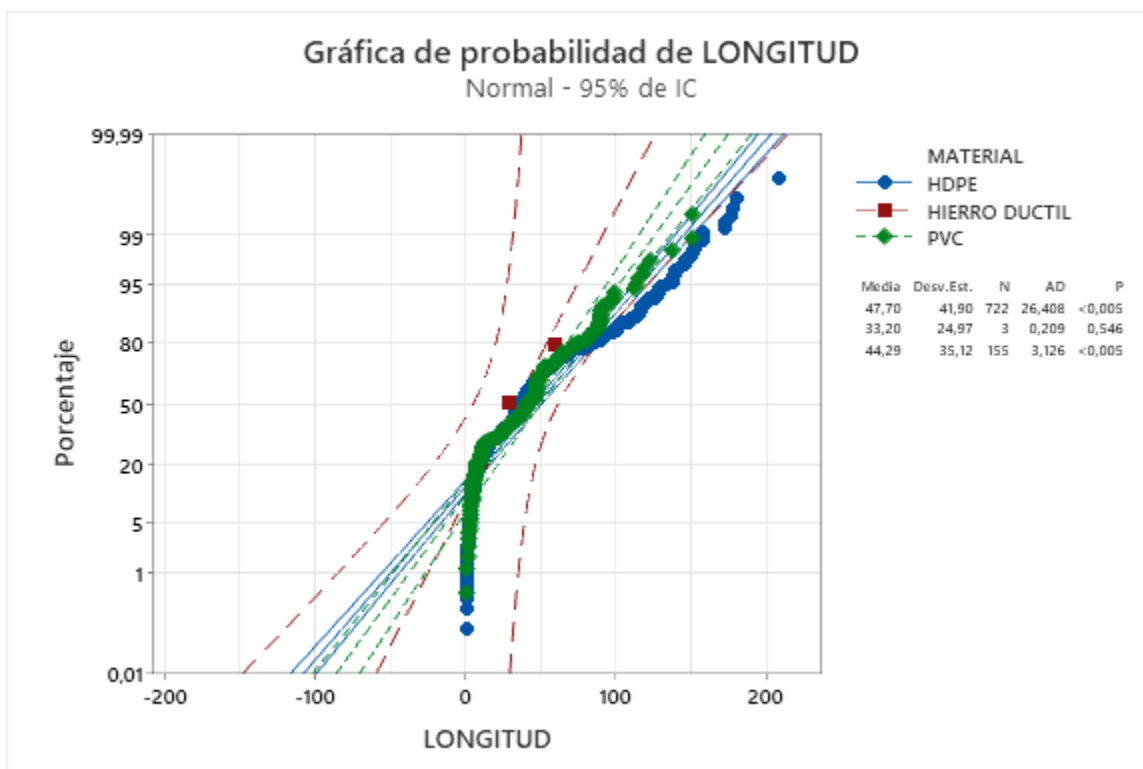
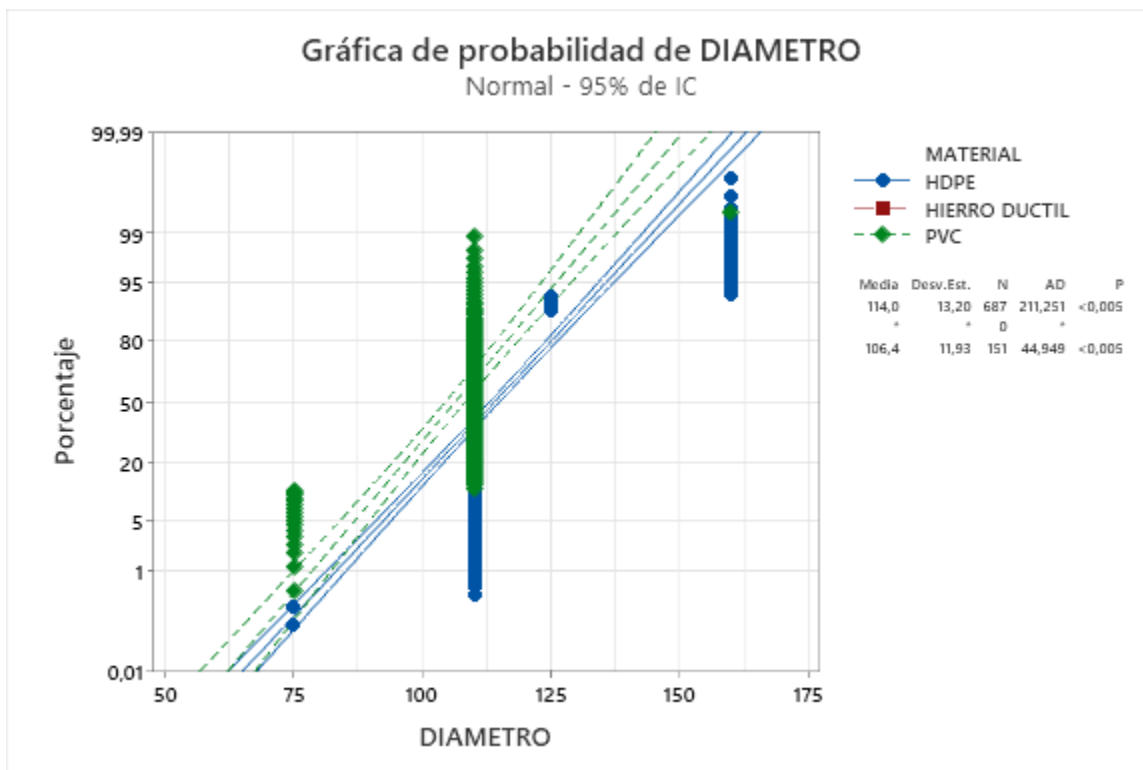
Distribución	AD	P LRT P
Normal	28,800	<0,005
Transformación Box-Cox	5,088	<0,005
Lognormal	18,101	<0,005
Lognormal de 3 parámetros	10,796	* 0,000
Exponencial	4,827	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	4,829	<0,010 0,007
Weibull	4,889	<0,010
Weibull de 3 parámetros	4,931	<0,005 0,015
Valor extremo más pequeño	51,459	<0,010
Valor extremo por máximos	13,530	<0,010
Gamma	4,849	<0,005
Gamma de 3 parámetros	4,859	* 0,027
Logística	22,612	<0,005
Loglogística	15,019	<0,005
Loglogística de 3 parámetros	13,345	* 0,040

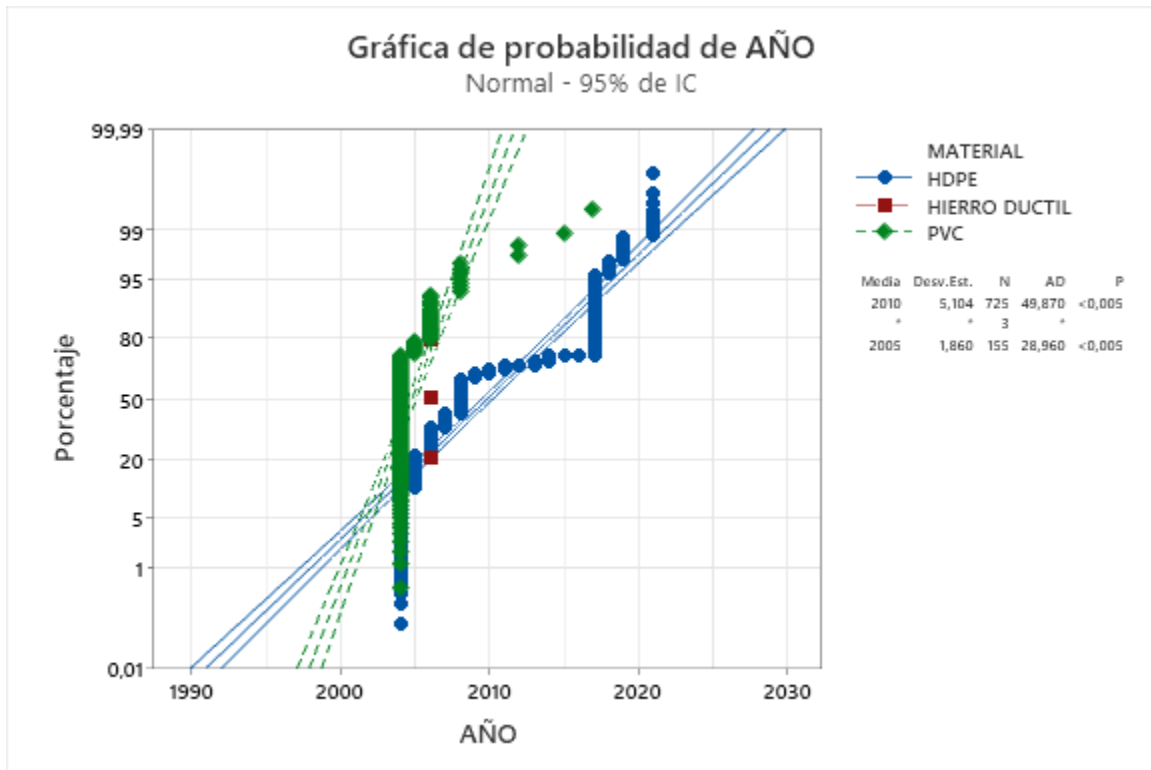
Año

Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P LRT P
Normal	67,228	<0,005
Transformación Box-Cox	66,245	<0,005
Lognormal	67,064	<0,005
Lognormal de 3 parámetros	191,469	* 0,000
Exponencial	403,129	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	185,888	<0,010 0,000
Weibull	78,337	<0,010
Weibull de 3 parámetros	200,794	<0,005 0,000
Valor extremo más pequeño	78,472	<0,010
Valor extremo por máximos	49,738	<0,010
Gamma	67,183	<0,005
Gamma de 3 parámetros	236,302	* 0,000
Logística	59,799	<0,005
Loglogística	59,649	<0,005
Loglogística de 3 parámetros	183,430	* 0,000

Gráfica de probabilidad Normal respecto a materialidad





Prueba estadística no paramétrica: Kruskal-Wallis

Diámetro-Material

Estadísticas descriptivas

MATERIAL	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
HDPE	687	110	434,5	3,82
PVC	151	110	351,3	-3,82
General	838		419,5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	1	14,60	0,000
Ajustado para empates	1	48,69	0,000

Longitud-Material

Estadísticas descriptivas

MATERIAL	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
HDPE	722	36,9399	441,1	0,16
HIERRO DUCTIL	3	29,3529	388,0	-0,36
PVC	155	40,8249	438,6	-0,10
General	880		440,5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

GL	Valor H	Valor p
2	0,14	0,932

La aproximación de chi-cuadrada podría no ser exacta cuando algunos tamaños de muestra sean menores que 5.

Año-Material

Estadísticas descriptivas

MATERIAL	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
HDPE	725	2008	499,6	14,38
HIERRO DUCTIL	3	2006	343,5	-0,67
PVC	155	2004	174,4	-14,39
General	883		442,0	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	2	208,06	0,000
Ajustado para empates	2	213,36	0,000

La aproximación de chi-cuadrada podría no ser exacta cuando algunos tamaños de muestra sean menores que 5.

Año-Diámetro

Estadísticas descriptivas

DIAMETRO	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
75	19	2004	144,3	-5,01
110	744	2007	413,0	-2,17
125	25	2017	532,1	2,36
160	50	2008	563,8	4,35
General	838		419,5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	3	48,28	0,000
Ajustado para empates	3	49,59	0,000

Longitud-Diámetro

Estadísticas descriptivas

DIAMETRO	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
75	19	72,4611	606,8	3,42
110	744	37,0620	414,1	-1,67
125	25	55,6256	497,8	1,65
160	49	33,1758	380,9	-1,14
General	837		419,0	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

GL	Valor H	Valor p
3	15,64	0,001

Longitud-Año

Estadísticas descriptivas

AÑO	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
2004	192	41,1360	455,6	0,93
2005	95	39,4282	442,6	0,09
2006	112	29,4928	386,2	-2,42
2007	54	42,0989	474,1	1,00
2008	143	34,5005	451,4	0,56
2009	19	30,2717	427,9	-0,22
2010	15	6,9138	257,7	-2,81
2011	11	52,0491	532,6	1,21
2012	6	19,6846	314,2	-1,22
2013	14	55,5786	459,5	0,28
2014	18	36,1511	500,7	1,02
2015	2	3,5009	70,0	-2,06
2016	2	52,2164	440,0	-0,00
2017	167	40,5544	475,5	1,98
2018	11	31,4057	328,9	-1,47
2019	11	9,5121	269,8	-2,24
2021	8	35,5000	312,1	-1,44
General	880		440,5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

GL	Valor H	Valor p
16	35,37	0,004

La aproximación de chi-cuadrada podría no ser exacta cuando algunos tamaños de muestra sean menores que 5.

Correlaciones

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p
LONGITUD	DIAMETRO	837	-0,050	(-0,117; 0,018)	0,149
AÑO	DIAMETRO	838	0,199	(0,133; 0,263)	0,000
AÑO	LONGITUD	880	0,012	(-0,054; 0,078)	0,729

Correlaciones en parejas de Spearman

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p
LONGITUD	DIAMETRO	837	-0,052	(-0,120; 0,016)	0,132
AÑO	DIAMETRO	838	0,231	(0,165; 0,295)	0,000
Recodificado MATERIAL	DIAMETRO	838	-0,241	(-0,305; -0,175)	0,000
AÑO	LONGITUD	880	-0,010	(-0,076; 0,056)	0,767
Recodificado MATERIAL	LONGITUD	880	-0,005	(-0,071; 0,061)	0,881
Recodificado MATERIAL	AÑO	883	-0,491	(-0,542; -0,436)	0,000

- 4) Redes AP dentro de radio de influencia de 10 metros para reclamos por hundimiento de terreno y reclamos por filtraciones en arranques o matrices de agua potable.

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
DIAMETRO	230	0	114,326	1,28796	19,5328	75	110	110	110
LONGITUD	228	2	61,1086	2,73578	41,3093	2,34069	31,6291	50,7632	90,3011
AÑO	230	0	2007,5	0,285046	4,32294	2004	2004	2006	2008

Variable	Máximo	Modo	N para moda
DIAMETRO	200	110	200
LONGITUD	177,891	*	0
AÑO	2021	2004	60

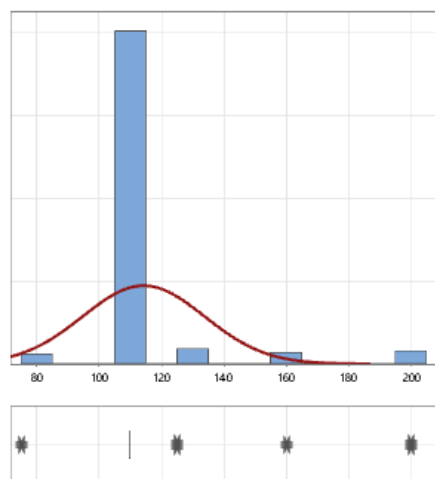
Prueba de valores atípicos

Prueba de Grubbs

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Máx.	G	P
DIAMETRO	230	114,33	19,53	75,00	200,00	4,39	0,002
LONGITUD	228	61,11	41,31	2,34	177,89	2,83	0,999
AÑO	230	2007,5	4,32	2004,0	2021,0	3,12	0,371

Prueba de normalidad

Informe de resumen de DIAMETRO



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	63,12
Valor p	<0,005
Media	114,33
Desv.Est.	19,53
Varianza	381,53
Asimetría	3,1492
Curtosis	11,6191
N	230
Mínimo	75,00
1er cuartil	110,00
Mediana	110,00
3er cuartil	110,00
Máximo	200,00

Intervalo de confianza de 95% para la media

111,79	116,86
--------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la mediana

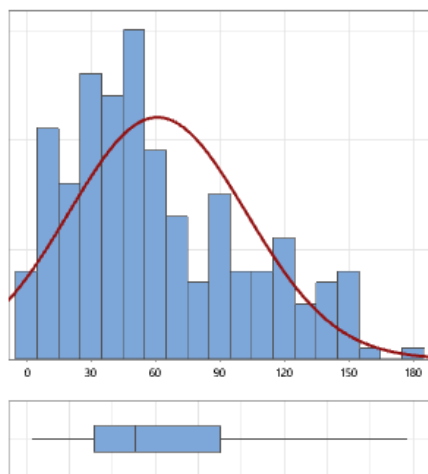
110,00	110,00
--------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

17,90	21,50
-------	-------



Informe de resumen de LONGITUD



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	4,18
Valor p	<0,005
Media	61,109
Desv.Est.	41,309
Varianza	1706,459
Asimetría	0,647172
Curtosis	-0,465044
N	228
Mínimo	2,341
1er cuartil	31,629
Mediana	50,763
3er cuartil	90,301
Máximo	177,891

Intervalo de confianza de 95% para la media

55,718	66,499
--------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la mediana

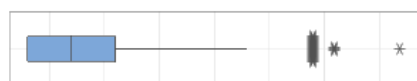
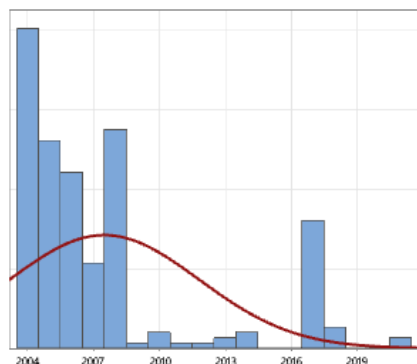
47,198	59,691
--------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

37,834	45,494
--------	--------



Informe de resumen de AÑO



Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	22,60
Valor p	<0,005
Media	2007,5
Desv.Est.	4,3
Varianza	18,7
Asimetría	1,53655
Curtosis	1,18458
N	230
Mínimo	2004,0
1er cuartil	2004,0
Mediana	2006,0
3er cuartil	2008,0
Máximo	2021,0

Intervalo de confianza de 95% para la media

2006,9	2008,1
--------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la mediana

2006,0	2006,0
--------	--------

Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

4,0	4,8
-----	-----

Prueba de bondad del ajuste

Diámetro

Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P	LRT	P
Normal	63,123	<0,005		
Transformación Box-Cox	59,219	<0,005		
Lognormal	61,184	<0,005		
Lognormal de 3 parámetros	59,973	*	0,000	
Exponencial	90,746	<0,003		
Exponencial de 2 parámetros	72,418	<0,010	0,000	
Weibull	61,690	<0,010		
Weibull de 3 parámetros	59,734	<0,005	0,000	
Valor extremo más pequeño	63,778	<0,010		
Valor extremo por máximos	59,626	<0,010		
Gamma	61,868	<0,005		
Gamma de 3 parámetros	61,751	*	0,039	
Logística	62,009	<0,005		
Loglogística	61,674	<0,005		
Loglogística de 3 parámetros	61,213	*	0,000	

Longitud

Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P LRT P
Normal	4,179	<0,005
Transformación Box-Cox	0,886	0,023
Lognormal	5,423	<0,005
Lognormal de 3 parámetros	1,135	* 0,000
Exponencial	7,837	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	6,250	<0,010 0,000
Weibull	1,054	<0,010
Weibull de 3 parámetros	1,189	<0,005 0,602
Valor extremo más pequeño	8,725	<0,010
Valor extremo por máximos	1,397	<0,010
Gamma	1,545	<0,005
Gamma de 3 parámetros	1,369	* 0,734
Logística	3,667	<0,005
Loglogística	3,278	<0,005
Loglogística de 3 parámetros	1,334	* 0,000

Año

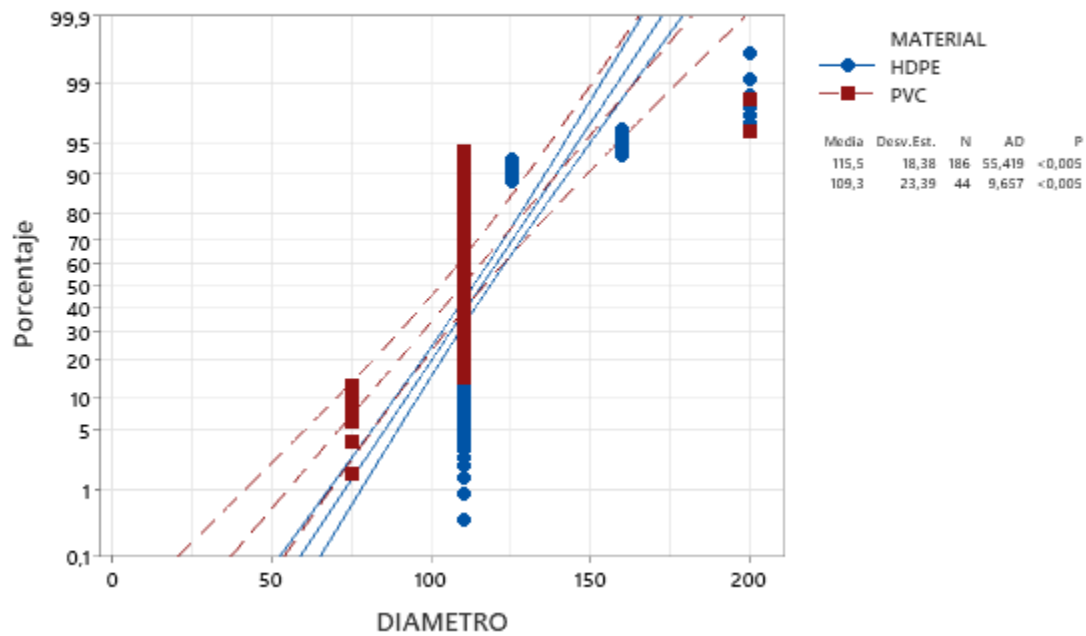
Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P LRT P
Normal	22,604	<0,005
Transformación Box-Cox	22,228	<0,005
Lognormal	22,541	<0,005
Lognormal de 3 parámetros	46,367	* 0,000
Exponencial	105,113	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	49,283	<0,010 0,000
Weibull	28,780	<0,010
Weibull de 3 parámetros	49,361	<0,005 0,000
Valor extremo más pequeño	28,836	<0,010
Valor extremo por máximos	13,737	<0,010
Gamma	22,592	<0,005
Gamma de 3 parámetros	57,729	* 0,000
Logística	17,321	<0,005
Loglogística	17,272	<0,005
Loglogística de 3 parámetros	43,950	* 0,000

Gráfica de probabilidad Normal respecto a materialidad

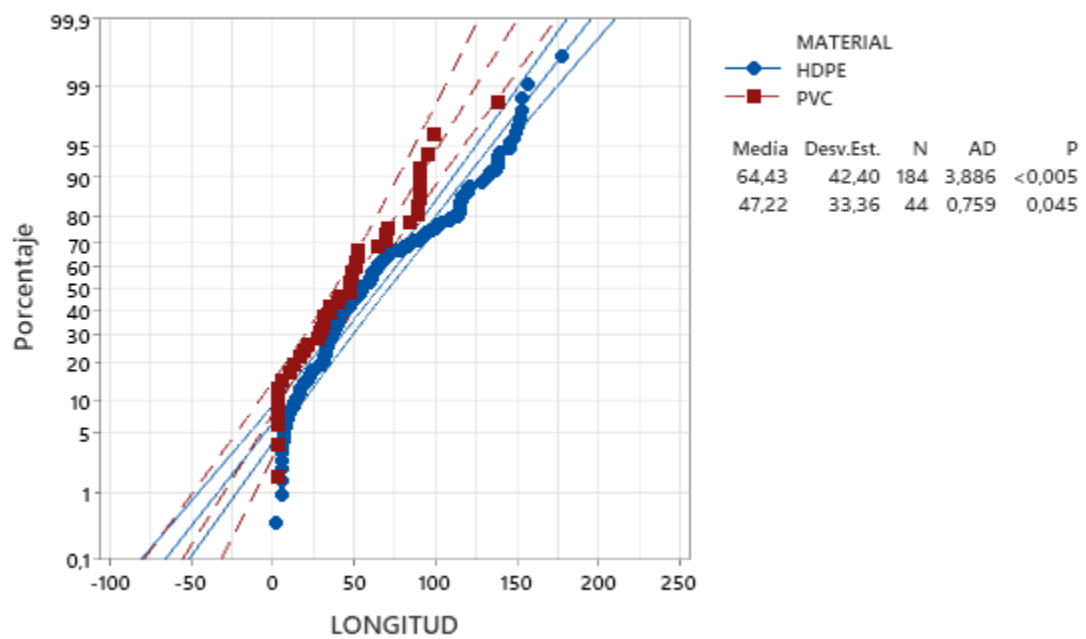
Gráfica de probabilidad de DIAMETRO

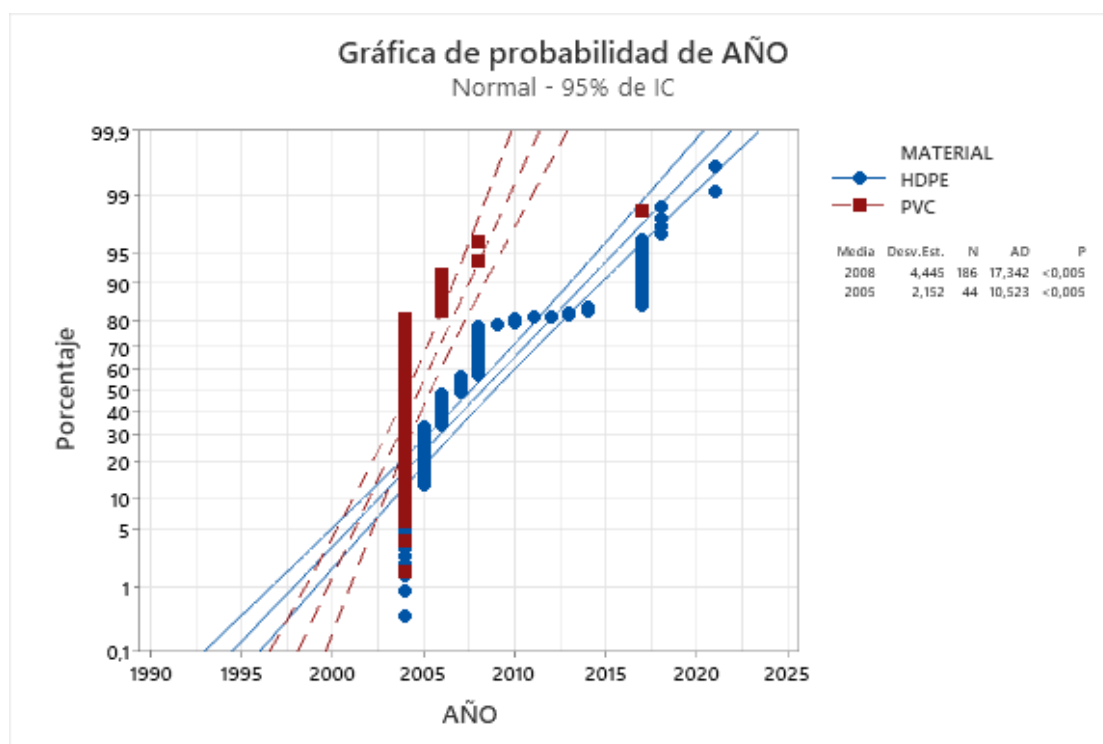
Normal - 95% de IC



Gráfica de probabilidad de LONGITUD

Normal - 95% de IC





Prueba estadística no paramétrica: Kruskal-Wallis

Diámetro-Material

Estadísticas descriptivas

MATERIAL	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
HDPE	186	110	119,7	1,95
PVC	44	110	97,9	-1,95
General	230		115,5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	1	3,80	0,051
Ajustado para empates	1	11,11	0,001

Longitud-Material

Estadísticas descriptivas

MATERIAL	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
HDPE	184	54,4618	119,5	2,36
PVC	44	47,4307	93,4	-2,36
General	228		114,5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

GL	Valor H	Valor p
1	5,57	0,018

Año-Material

Estadísticas descriptivas

MATERIAL	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
HDPE	186	2007	130,8	7,19
PVC	44	2004	50,6	-7,19
General	230		115,5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	1	51,68	0,000
Ajustado para empates	1	53,43	0,000

Año-Diámetro

Estadísticas descriptivas

DIAMETRO	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
75	6	2004	60,8	-2,04
110	200	2006	112,0	-2,04
125	9	2006	146,9	1,44
160	7	2008	160,3	1,81
200	8	2017	168,8	2,31
General	230		115,5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	4	14,90	0,005
Ajustado para empates	4	15,41	0,004

Longitud-Diámetro

Estadísticas descriptivas

DIAMETRO	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
75	6	90,0349	158,5	1,66
110	200	50,0719	113,1	-0,84
125	9	59,8488	121,2	0,31
160	7	46,2722	132,9	0,75
200	6	39,3663	85,0	-1,11
General	228		114,5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

GL	Valor H	Valor p
4	4,59	0,332

Longitud-Año

Estadísticas descriptivas

AÑO	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
2004	60	47,431	102,9	-1,58
2005	39	49,180	104,6	-1,03
2006	33	52,274	114,7	0,02
2007	16	63,650	143,0	1,79
2008	41	54,804	122,3	0,84
2009	1	60,969	134,0	0,30
2010	3	112,682	148,3	0,89
2011	1	52,049	117,0	0,04
2012	1	78,762	159,0	0,68
2013	2	132,117	207,5	2,00
2014	2	87,504	164,5	1,08
2017	24	55,515	110,2	-0,34
2018	3	47,386	114,0	-0,01
2021	2	40,500	88,5	-0,56
General	228		114,5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

GL	Valor H	Valor p
13	13,17	0,435

La aproximación de chi-cuadrada podría no ser exacta cuando algunos tamaños de muestra sean menores que 5.

Correlaciones

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p
LONGITUD	DIAMETRO	228	-0,062	(-0,190; 0,069)	0,352
AÑO	DIAMETRO	230	0,327	(0,207; 0,438)	0,000
AÑO	LONGITUD	228	0,053	(-0,077; 0,182)	0,425

Correlaciones en parejas de Spearman

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p
LONGITUD	DIAMETRO	228	-0,049	(-0,178; 0,082)	0,463
AÑO	DIAMETRO	230	0,257	(0,130; 0,375)	0,000
Recodificado MATERIAL	DIAMETRO	230	-0,220	(-0,341; -0,092)	0,001
AÑO	LONGITUD	228	0,125	(-0,005; 0,252)	0,059
Recodificado MATERIAL	LONGITUD	228	-0,157	(-0,282; -0,027)	0,018
Recodificado MATERIAL	AÑO	230	-0,483	(-0,581; -0,371)	0,000

Anexo 8

Tabulación formulario expertos

Resultados tesina Magister "Correlación de fallas de redes AP en suelo salino, Alto Hospicio"

5 respuestas

[Publicar datos de análisis](#)

Dada las estimaciones con presencia de suelo salino soluble en Alto Hospicio, cuyo terreno es capaz de disolverse en poco tiempo ante la presencia de agua escurriendo. Se contabilizó que el 85% de los eventos de emergencia registrados se reparan sin cortar el suministro de agua, o sea, con el "agua corriendo". ¿Cree pertinente este tipo de reparación? ¿Conoce otra metodología?

5 respuestas

No la creo pertinente. En general se utilizan técnicas de reducción de presión habiendo grifos y forzando a la tubería. Esto puede generar problemas de bajas presiones en algunos sectores y daños a la infraestructura. Conozco otras metodologías pero no involucran corte de agua como es el uso de by pass en la zona de rotura.

Es posible que genere algún daño en las tuberías. Sería adecuado cortar el agua y reostrar sin agua corriendo

Si es una rotura en matrices de diámetro pequeño pero en diámetros mayores es necesario realizar cortes de suministro

No es lo óptimo. La premura por cerrar interfiere con la evaluación del nivel de daño en el tubo y la afectación al entorno. La zona en donde estaba la fuga debe ser estabilizada para restituir los finos perdidos por la disolución de las partículas salinas, de lo contrario la tubería reparada estará sometida a esfuerzos/deformaciones que afectarán luego.

No. Line stop puede ser, aunque también genera filtración. Quita mucho tiempo en emergencia por instalación



La metodología de reparación llamada "pinzado" consiste en apretar con una prensa la sección donde se realizará la renovación, siendo parcialmente hermético ante la presencia de agua. ¿Ud. cree que el pinzado genera un daño en las tuberías de HDPE y PVC? ¿por qué?

5 respuestas

El pinzado genera un daño a la tubería de polietileno. Ya que no está diseñada para sufrir estas deformaciones. En el largo plazo puede ocasionar fallas en la zona intervenida. Pinzado en PVC no es factible por las características de este material que es rígido.

Si. Mayor el daño en PVC ya que es mas rigido. Pero en ambos materiales produce daño debido a la deformacion que se realiza

No creo que genere daño, si es correctamente ejecutada.

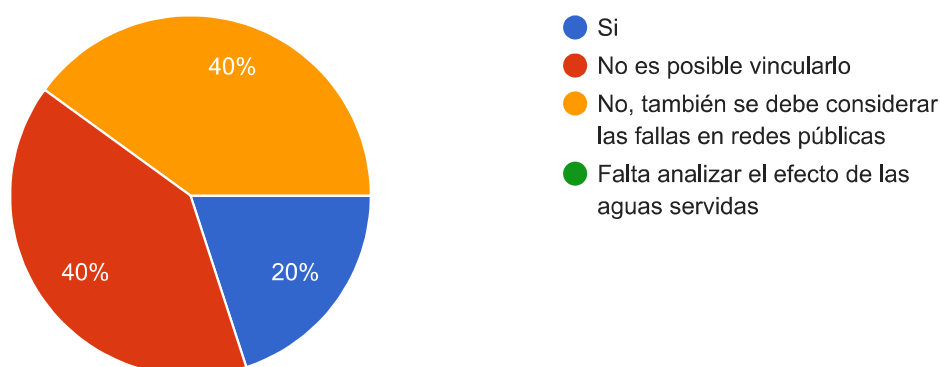
Se requiere que el trabajador esté debidamente capacitado en cuanto a los pasos a seguir y a cómo lo hace

Si. PVC no se ocupa pinzado. HDPE con pinzado queda débil, allí se pone la copla de unión para reforzar

 Copiar

Para el análisis geoespacial, se ubicaron en la localidad todos los reclamos por filtraciones de agua potable y todos los eventos de emergencias por roturas dentro de distintos radios de influencia donde existen denuncias por hundimiento de terreno. Como resultado se obtuvo para un mismo radio de influencia de 25 metros, los cortes de suministro tienen una menor vinculación que los reclamos por filtraciones con respecto al hundimiento de terreno (35%-92% respectivamente) ¿Cree que la mayor cantidad de socavones se manifiesta a través de fallas en arranques?

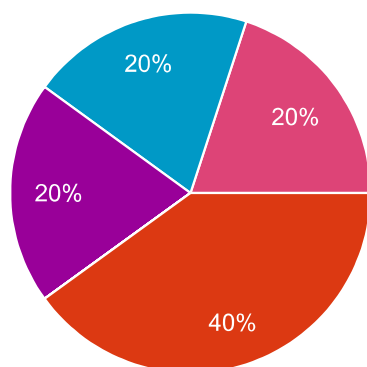
5 respuestas





Revisando solo los registros de cortes de emergencia y de reclamos por hundimiento de terreno para el radio de influencia de 25 metros, se constató que las tuberías de HDPE tienen un 50% más de fallas que el PVC en promedio ¿Cuáles pueden ser las posibles causas de mayor afectación en el HDPE?

5 respuestas



- Mala calidad del material
- Deficiencias en la instalación y uniones
- Inexperiencia de técnicos
- Problemas operativos de la red (presión y presencia de aire)
- Es difícil determinarlo. En general el PE debería tener u...
- Puede ser problema de instal...
- Falta cama de arena, tubería...

De los reclamos y registros de cortes dentro de un mismo radio de influencia, se analizaron las redes públicas de agua potable y sus características principales (año de instalación, material, diámetro y longitud). Estadísticamente se obtuvo una correlación baja a nula para todas las combinaciones de variables, sin significancia para los escenarios planteados ¿Considera que se puede hablar de aleatoriedad de fallas? ¿Cree que faltó alguna variable por considerar?

5 respuestas

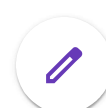
Tal vez si al pasar de empresa pública a privada si algo cambió en la inspección o requisitos de instalacion

Quizas el instalador, tecnico en soldadura...

Faltaria considerar las empresas que construyeron estas redes, es una localidad pequeña en la cual trabajan pocas empresas de la región

No es aleatorio, la causa puede esconderse, pero se debe identificar. La presión, la cercanía a otras instalaciones (hidraulicas o de otros tipos), nivel y distancia a otras fallas previas, etc., son también temas a contemplar.

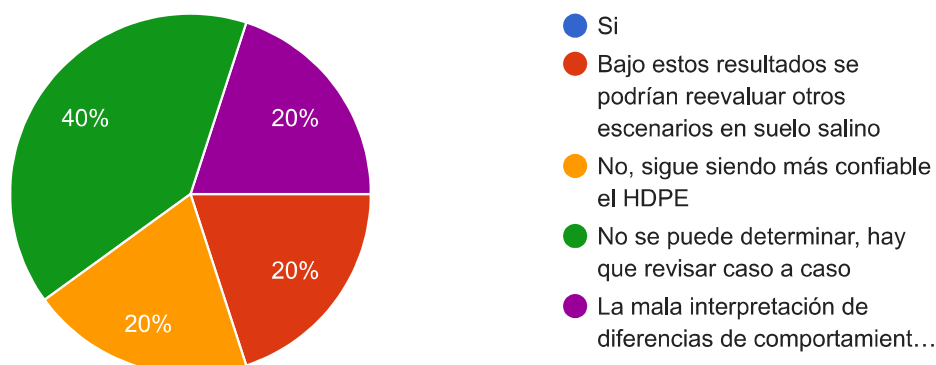
Si. Faltó incluir la variable de criticidad por sectores





Al revisar el nivel de afectación en el HDPE por cortes de emergencia para un radio de 50 mts se obtiene una proporción similar a la obtenida de los reclamos por filtraciones en un radio de 25 mts (55%-54% respectivamente). Sin embargo, para el PVC se aprecia diferente nivel de afectación para los mismos escenarios (36%-50% respectivamente) ¿Tendrá el PVC un mejor comportamiento ante filtraciones?

5 respuestas



Del total de reclamos por hundimiento de terreno debido a deficiencias en arranques se obtuvo un promedio del 77% favorable al cliente, es decir, se corroboró que la formación de un socavón se produjo por filtraciones en el arranque o el medidor. ¿Cree necesario incorporar tecnología en el conjunto medidor para detectar fugas? ¿Qué otra tecnología o medida se podría implementar?

5 respuestas

La entrada de los medidores digitales será un aporte en el aviso de fuga interior. Además se debería estudiar a nivel nacional el nivel de falla por material. Para evaluar su se debe restringir alguno.

-

Si es necesario considerar metodología de detección de fugas, a través por ejemplo de sensores en la red

Sí, por medio de equipos de análisis de señales en el cuerpo del tubo y/o viajando en el caudal

Si es necesario. Medidor digital determina fugas internas, el problema es en las redes externas. Se debe realizar revisión de caudales nocturnos por ERP diariamente. Se están instalando prelocalizadores en válvulas y por señal indican ruidos por fugas.



Dentro de la normativa de construcción para viviendas sociales en la región, se instauró una restricción que impide la consideración del PVC para redes públicas, solo se permite el uso de HDPE. Según los resultados mostrados, donde presentan mayor cantidad de fallas y mayor afectación las redes de HDPE ¿cree que es prudente analizar la utilización del PVC para redes sanitarias en Alto Hospicio?

5 respuestas

Es complejo por el sistema de unión que tiene. Sobre todo la unión anger que puede tener filtraciones en el tiempo.

Si.

Por supuesto, lo importante es que se respeten las normas del buen construir

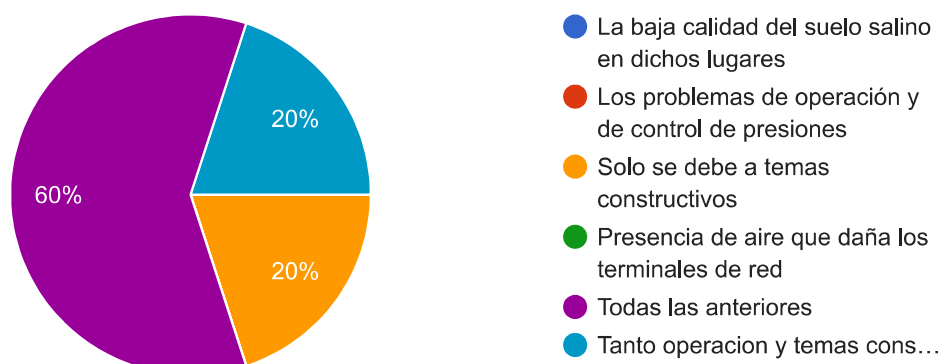
Sí, se deben depurar los procesos contrctivos para ambos casos, incluyendo los restrictores externos para las conexiones tubo-accesorio en PVC con junta mecánica. Y un código de procesos y verificaciones en obra para ekl HDPE, el que se vea el labio en el punto de fusión dista muchísimo de que se pueda garantizar que no hay fugas

No, más confianza el HDPE pese a la instalación

 Copiar

En base a la zonificación existente de la localidad para el control de presiones en la red, se calculó un indicador que contabiliza el número de deficiencias (reclamos o cortes) respecto a la cantidad de arranques dentro de un mismo cuartel de presión. Para todos los escenarios se mostraron los mismos tres sectores con mayores indicadores, ubicados al extremo norte y sur de la localidad (final de red) y mayoritariamente con tuberías de HDPE ¿Qué variables considera más influyentes para la generación de fallas en redes de agua potable?

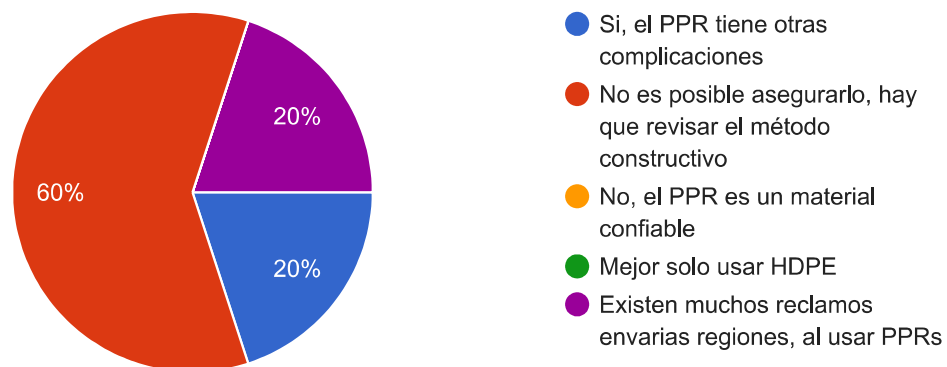
5 respuestas





Alto Hospicio se caracteriza por ser una comuna donde el principal urbanizador es el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, generando programas de viviendas sociales en su mayoría. Este estudio no contempla el análisis de fallas en redes sanitarias interiores (desde el medidor hacia los artefactos de cada vivienda), sin embargo, la mayoría de las viviendas sociales utiliza el material PPR. Si se contabilizó que el 48% de los reclamos por hundimientos de terreno no son responsabilidad de la empresa sanitaria, o sea, red interior ¿Puede este material presentar los mismos problemas que el HDPE?

5 respuestas



Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. [Denunciar abuso](#) - [Términos del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios

