

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

Propuesta de soluciones para la conexión a la red de alcantarillado
sanitario de asentamientos informales con condiciones para su
consolidación en la Gran Área Metropolitana

Proyecto de Graduación

Que para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

Farlin Dionisio Valverde Piedra

Director del Proyecto de Graduación:

Ing. Luis Manuel Zamora González

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

HOJA DE APROBACIÓN

Director de Proyecto de Graduación

Ing. Luis Manuel Zamora González

Estudiante

Farlin Dionisio Valverde Piedra



Tribunal de graduación



Ing. Luis Manuel Zamora González



Ing. Francisco Brenes Maltés



Ing. Erick Centeno Mora, MSc.

Fecha: 2019, octubre, 9

El suscrito, **Farlin Dionisio Valverde Piedra**, cédula 1-1567-0907, estudiante de la carrera de Licenciatura de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné **B26881**, manifiesta que es autor del Proyecto Final de Graduación de **Propuesta de soluciones para la conexión a la red de alcantarillado sanitario de asentamientos informales con condiciones para su consolidación en la Gran Área Metropolitana**, bajo la dirección del **Ing. Luis Manuel Zamora González**, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); “no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales”. Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

DEDICATORIA

A mis padres, por los valores inculcados y el soporte dado a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por darme vida y oportunidades para alcanzar esta meta.

Gracias a Luis por confiar en mí este proyecto. También por sus enseñanzas, su paciencia y su dedicación a lo largo de todo este trabajo final de graduación.

Gracias a Erick y Francisco por sus aportes, su apoyo y paciencia.

Gracias a Dani por su gran apoyo, por siempre estar dispuesta a ayudarme con lo que fuera para salir adelante, por creer en mis capacidades y levantar mis ánimos cuando lo necesité.

Gracias a Huberth, de la Municipalidad de Curridabat, por su interés en el proyecto y siempre ayudarme con los insumos necesarios.

Gracias a Doña Isabel, Ramón y Melvin de la Escuela de Geografía de la UCR por la oportunidad y dedicación en el levantamiento topográfico.

Gracias a Johanny, Jefe de la Policía de Curridabat, por permitir el acompañamiento policial en el levantamiento topográfico de Miravalles.

Gracias a Julio, síndico de Tirrases y Suleyka, por su acompañamiento en Miravalles y Barrio San José respectivamente.

Gracias a mis padres y hermanos por ser soporte y apoyo durante toda mi carrera.

Gracias a todos esos compañeros con los que compartí a lo largo de toda mi educación universitaria por el apoyo, la motivación, el ejemplo, las experiencias y la amistad.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	1
1.1.1 Problema específico	1
1.1.2 Importancia.....	3
1.2 Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 Delimitación del problema	6
1.3.1 Alcance	6
1.3.2 Limitaciones	7
1.4 Metodología del proyecto.....	7
1.4.1 Fase 1. Recopilación de información general	8
1.4.2 Fase 2. Proceso de preselección de asentamientos informales.....	9
1.4.3 Fase 3. Investigación de asentamientos informales preseleccionados y proceso para la selección final	10
1.4.4 Fase 4. Diseño de alcantarillado sanitario y estimación de costos	11
1.4.5 Fase 5. Conclusiones y recomendaciones	11

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1 Asentamientos informales.....	12
2.2. Componentes de una red de alcantarillado sanitario	17
2.3 Diseño de un alcantarillado sanitario	30
CAPÍTULO 3. PRESELECCIÓN DE ASENTAMIENTOS INFORMALES	36
3.1 Criterios de preselección	37
3.1.1 Criterios según localización	38
3.1.2 Criterios según consolidación de viviendas.....	40
3.1.3 Criterios según características de comunidad.....	41
3.2 Conjunto inicial de asentamientos informales.....	41
3.3. Criterio de localización respecto a no invadir un Área Silvestre Protegida (ASP) y zonas protegidas de cuerpos de agua, nacientes y captaciones.....	47
3.3.1 Áreas Silvestres Protegidas	48
3.3.2 Zonas protegidas en captaciones y nacientes	53
3.3.3 Zonas protegidas en cuerpos de agua	57
3.4 Criterio de localización respecto a estar fuera de una zona de riesgo por amenaza natural.....	63

3.4.1 Zonas bajo amenaza sísmica y volcánica.....	63
3.4.2 Zonas bajo amenaza de inundación y deslizamiento	69
3.5 Criterio de localización respecto a proximidad a sistemas de alcantarillado sanitario de la GAM.....	73
3.6 Criterio de localización respecto a zonas de bajas pendientes	77
3.7 Criterio de consolidación de vivienda respecto a disponibilidad de tubería de agua en la vivienda	81
3.8 Criterio de consolidación de viviendas respecto a una reducida proporción de viviendas tipo tugurio.....	82
3.9 Criterio de comunidad respecto a una aceptable seguridad ciudadana.....	82
3.10 Criterio de comunidad respecto a una mayor pobreza ...	85
3.11 Criterio de comunidad respecto a un lugar de trabajo cercano	87
3.12 Criterio de comunidad respecto a una reducida proporción de población extranjera	90
3.13 Resultado de la fase de preselección de asentamientos informales	93

CAPÍTULO 4. SELECCIÓN FINAL DE ASENTAMIENTOS INFORMALES 97

4.1 Ausencia de alcantarillado sanitario construido o diseñado para el asentamiento..... 99

4.2. Planes o intervenciones previas, contacto con líderes comunales y seguridad ciudadana..... 105

4.3 Excepción selección final con Miravalles 1/Miravalles 2 108

4.3.1 Ausencia alcantarillado sanitario construido o diseñado en Miravalles 115

4.3.2 Planes o intervenciones previas en Miravalles 116

4.3.3 Contacto con líderes comunales y seguridad ciudadana..... 121

4.4 Resultado de la selección final de asentamientos informales 121

CAPÍTULO 5. DESCRIPCIÓN DE ZONAS DE ESTUDIO EN ASENTAMIENTOS INFORMALES SELECCIONADOS 122

5.1. Descripción de Barrio San José..... 122

5.1.1 Delimitación de área de estudio 122

5.1.2 Topografía 126

5.1.3 Población y vivienda 129

5.1.4 Espacio urbano..... 135

5.2. Descripción de Miravalles	139
5.2.1 Delimitación de área de estudio	139
5.2.2 Topografía	139
5.2.3 Población y vivienda	143
5.2.4 Espacio urbano	146
 CAPÍTULO 6. PROPUESTAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS ASENTAMIENTOS INFORMALES	 149
6.1 Parámetros de diseño en Barrio San José	149
6.1.1 Período de diseño	149
6.1.2 Población de diseño	150
6.1.3 Caudal de diseño	159
6.1.4 Tuberías	165
6.1.5 Resumen de parámetros: Barrio San José	165
6.2 Parámetros de diseño en Miravalles	166
6.2.1 Período de diseño	166
6.2.2 Población de diseño	167
6.2.3 Caudal de diseño	173
6.2.4 Tuberías	174

6.2.5 Resumen de parámetros: Miravalles	174
6.3 Metodología de diseño del alcantarillado sanitario	175
6.3.1 Levantamiento de alcantarillado pluvial	175
6.3.2 Ubicación de pozos de registro y tuberías en Barrio San José y Miravalles	186
6.3.3 Dimensionamiento de diámetros de tuberías, profundidades de pozos y verificación de parámetros	189
6.3.4 Verificación en cruces con el alcantarillado pluvial y modificación de ubicación de pozos y trazado de red.....	196
6.4 Descripción del alcantarillado sanitario propuesto.....	203
6.4.1 Descripción de propuesta para Barrio San José	203
6.4.2 Descripción de propuesta para Miravalles.....	217
6.4.3 Viviendas sin cobertura de alcantarillado sanitario dentro de la propuesta de alcantarillado sanitario en Barrio San José y Miravalles	227
6.5 Estimación preliminar de costos constructivos.....	229
6.5.1 Costos estimados para propuesta en Barrio San José.....	231
6.5.2 Costos estimados para propuesta en Miravalles	232
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	234
7.1 Conclusiones	234

7.1.1 Información general y específica de asentamientos informales	234
7.1.2 Proceso de selección y preselección de asentamientos informales	234
7.1.3 Asentamientos informales seleccionados: Barrio San José y Miravalles	235
7.1.4 Propuestas de alcantarillado sanitario	236
7.2 Recomendaciones	237
7.2.1 Información general y específica de asentamientos informales	237
7.2.2 Proceso de selección y preselección de asentamientos informales	237
7.2.3 Asentamientos informales seleccionados: Barrio San José y Miravalles	238
7.2.4 Propuestas de alcantarillado sanitario.....	239
Fuentes de información	240
Entrevistas	240
Guías de diseño	240
Informes técnicos	240
Leyes, reglamentos y planes	241
Libros de texto	242
Norma técnica	243

Noticias	243
Páginas de internet	244
Proyectos de graduación	244
Publicaciones	244
Apéndices	1
Apéndice 1. Procedimiento del levantamiento de alcantarillado pluvial en los asentamientos informales de Barrio San José y Miravalles	1
Apéndice 2. Cálculos para la estimación de costos en propuestas de alcantarillado sanitario.....	7
Barrio San José.....	7
Miravalles	16
Anexos	20
Anexo 1. Listados de asentamientos y sus características en cada criterio de selección	20
Anexo 2. Zonificación en el distrito de Curridabat y Tirrases según Plan Regulador de Curridabat	36
Anexo 3. Procedimiento del levantamiento de imágenes aérea por dron en los asentamientos informales de Barrio San José y Miravalles	37

Anexo 4. Fichas técnicas de tuberías.....	41
Anexo 5. Propuesta de alcantarillado pluvial y zonas verdes en gradas de Miravalles	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema metodológico del trabajo final de graduación	8
Figura 2. Esquema resumen de la metodología de abordaje a los asentamientos del AyA	17
Figura 3. Clasificación de los sistemas de alcantarillados.....	18
Figura 4. Distribución en planta típica de un alcantarillado sanitario convencional	19
Figura 5. Opciones de elementos de registro simplificado.....	20
Figura 6. Distribución de un sistema de alcantarillado condominal	21
Figura 7. Conexión domiciliar en alcantarillado sanitario de diámetro pequeño.....	22
Figura 8. Nomenclatura relacionada a tuberías de alcantarillado sanitario	24
Figura 9. Detalle en elevación de sifón domiciliar.....	25
Figura 10. Detalle de prevista domiciliar	26
Figura 11. Detalle en elevación y planta de pozo de registro sanitario	27
Figura 12. Vista en planta y elevación de los elementos presentes en una estación de bombeo en vía pública.....	29
Figura 13. Dibujo de sección transversal de alcantarilla circular donde se señalan algunos conceptos	31
Figura 14. Procedimiento para la selección de asentamientos informales	37
Figura 15. Ejemplo de descarte parcial de un asentamiento informal al invadir un ASP....	39
Figura 16. Procedimiento para obtener el conjunto inicial de asentamientos informales entre la fuente del INEC y del MI VAH	43
Figura 17. Visualización de datos ráster y acercamiento a una sección de estos datos	58
Figura 18. Diagrama del procedimiento de cálculo de zonas de protección de ríos	59
Figura 19. Cobertura de alcantarillado sanitario de la GAM.....	73
Figura 20. Procedimiento de evaluación en la fase de selección final de asentamientos informales.....	98
Figura 21. Delimitación del asentamiento informal de Barrio San José y zona de asentamiento consolidado de Barrio San José	107

Figura 22. Extracto de catastro municipal de Curridabat destacando la condición registral de las propiedades en Barrio San José	107
Figura 23. Zonificación de la Zona Protectora Cerros de la Carpintera	113
Figura 24. Distribución de la red de alcantarillado sanitario planeado para Miravalles ...	115
Figura 25. Vista panorámica de Miravalles con la localidad de las gradas y espacios públicos propuestos	116
Figura 26. Fotografía aérea con locaciones de espacios públicos propuestos	117
Figura 27. Ubicación de Miravalles II y Miravalles I respecto al antiguo Relleno sanitario Río Azul	118
Figura 28. Señalamiento de deslizamiento en Miravalles II	120
Figura 29. Extracto de Catastro Municipal de Curridabat identificando entre el uso comercial/industrial y el uso residencial de las propiedades en el área estudio de Barrio San José	125
Figura 30. Área de estudio de Barrio San José junto con los UGM que les corresponden .	129
Figura 31. Procedimiento para determinar proporciones de información a tomar en UGMs que se encuentran parcialmente en el área de estudio	131
Figura 32. Punto de recolección de basura en Barrio San José	134
Figura 33. Agua residual y residuos sólidos en tragante de Barrio San José	135
Figura 34. Resumen del entorno urbano en Barrio San José.....	137
Figura 35. Punto de recolección de basura en Miravalles.....	145
Figura 36. Caída de agua residual a "caja de registro" con residuos sólidos de aguas pluviales en Miravalles.....	146
Figura 37. Resumen del entorno urbano en Miravalles	147
Figura 38. Gráfico lineal de proyección de poblaciones en el distrito de Curridabat desde el año 2000 al 2050	150
Figura 39. Zona de transecto urbano general en el cantón de Curridabat	158
Figura 40. Área de aprovechamiento residencial en Barrio San José.....	160

Figura 41. Extracto de catastro municipal de Curridabat identificando entre los usos de oficina o comercios de bodegas, distribuidoras o industrias en el área de estudio de Barrio San José.....	163
Figura 42. Gráfico lineal de proyección de poblaciones en el distrito de Tirrases desde el año 2000 al 2050	167
Figura 43. Zona de transecto zona de protección forestal del cantón de Curridabat	171
Figura 44. Metodología del diseño de alcantarillado sanitario en Barrio San José	175
Figura 45. Elementos de infraestructura pluvial en Barrio San José, A. Pozo de registro y B. Caja de registro	177
Figura 46. Elementos de infraestructura pluvial en Barrio San José, A. Tragante y B. Rejilla	178
Figura 47. Alcantarillado sanitario PMA Fase 1 y alcantarillado pluvial diseñado en Miravalles	186
Figura 48. Comparación entre pozo convencional y pozo simplificado circular y cuadrado en alameda de Barrio San José.....	189
Figura 49. Representación gráfica de los caudales en una tubería para su diseño	190
Figura 50. Distribución de áreas tributarias en Barrio San José y Miravalles	191
Figura 51. Ubicación de tubería A-13 en Barrio San José	192
Figura 52. Cruce 7 de conducto pluvial y sanitario en Barrio San José.....	199
Figura 53. Números de identificación de alamedas en Barrio San José.....	204
Figura 54. Curvas características de modelos de bombas sumergibles para aguas residuales marca AF	209
Figura 55. Números de identificación de alamedas en Miravalles	218
Figura 56. Conjunto de viviendas que no se consideran como usuarias del sistema de alcantarillado sanitario propuesto en Miravalles	228

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ideas comparativas entre los conceptos de precario, tugurio y asentamiento informal	13
Cuadro 2. Dimensiones que usualmente considera el alcantarillado sanitario simplificado	20
Cuadro 3. Contribuciones al caudal de diseño y la manera de calcularlos	30
Cuadro 4. Parámetros de diseño de alcantarillado sanitario del AyA	32
Cuadro 5. Relaciones hidráulicas para conductos circulares	35
Cuadro 6. Criterios para la preselección de asentamientos informales	38
Cuadro 7. Viviendas de asentamientos informales en Áreas Silvestres Protegidas	49
Cuadro 8. Resultados de asentamientos informales en zonas protegidas de nacientes y captaciones	54
Cuadro 9. Listado de asentamientos informales en zonas de amenaza sísmica y volcánica	65
Cuadro 10. Rangos de pendientes y sus condiciones para proyectos de viviendas	77
Cuadro 11. Listado de zonas restringidas para servicio a domicilio de Correos de Costa Rica	83
Cuadro 12. Asentamientos informales que no entran en la calificación de los barrios más conflictivos	84
Cuadro 13. Cantidad de hogares con al menos 1 carencia en asentamientos informales...	86
Cuadro 14. Población ocupada de asentamientos informales que trabaja en el mismo cantón	89
Cuadro 15. Porcentaje de población extranjera en cada asentamiento informal	92
Cuadro 16. Extracto de acomodos según criterios de consolidación de viviendas respecto a una reducida proporción de viviendas tipo tugurio y al criterio de comunidad respecto a una mayor pobreza con calificación parcial	94

Cuadro 17. Calificación final y prioridad de selección para diseño de recolección de aguas residuales en asentamientos informales preseleccionados	95
Cuadro 18. Factores antrópicos y naturales que aumentan la posibilidad de ocurrencia de deslizamientos en Miravalles II	119
Cuadro 19. Datos generales de población y vivienda en el área de estudio delimitada para Barrio San José	133
Cuadro 20. Datos generales de población y vivienda en el área de estudio delimitada para Miravalles	143
Cuadro 21. Población en el distrito de Curridabat en los años de cada censo nacional ...	151
Cuadro 22. Resultados proyección lineal en distrito de Curridabat para 2020 y 2050	153
Cuadro 23. Resultados proyección geométrica en distrito de Curridabat para 2020 y 2050	153
Cuadro 24. Resultados proyección logarítmica en distrito de Curridabat para 2020 y 2050	154
Cuadro 25. Resultados proyección Wappaus en distrito de Curridabat para 2020 y 2050	155
Cuadro 26. Promedios finales para el año 2020 y 2050 en los métodos de proyección en el distrito de Curridabat	155
Cuadro 27. Cálculo de Servicios Equivalentes según tipo de actividad a desarrollar	162
Cuadro 28. Resumen caudal de diseño de fuentes de aguas residuales en Barrio San José	165
Cuadro 29. Resumen de parámetros de diseño en Barrio San José	166
Cuadro 30. Población en el distrito de Tirrases en los años de cada censo nacional	168
Cuadro 31. Resultados proyección lineal en distrito de Tirrases para 2020 y 2050	169
Cuadro 32. Resultados proyección geométrica en distrito de Tirrases para 2020 y 2050	169
Cuadro 33. Resultados proyección logarítmica en distrito de Tirrases para 2020 y 2050	169
Cuadro 34. Resultados proyección Wappaus en distrito de Tirrases para 2020 y 2050 ...	170

Cuadro 35. Promedios finales para el año 2020 y 2050 en los métodos de proyección en el distrito de Tírrases	170
Cuadro 36. Resumen caudal de diseño de fuentes de aguas residuales en Miravalles	174
Cuadro 37. Resumen de parámetros de diseño en Miravalles	174
Cuadro 38. Datos de conductos pluviales levantados en Barrio San José	180
Cuadro 39. Datos de conductos pluviales levantados y de Ingeniería Total en Miravalles	183
Cuadro 40. Ventajas y desventajas del uso del alcantarillado simplificado	189
Cuadro 41. Datos respectivos a los cruces entre conductos sanitarios y pluviales en Barrio San José	197
Cuadro 42. Datos necesarios en tubería A-11 y tubería pluvial de 600 mm para calcular pendiente	199
Cuadro 43. Datos respectivos a los cruces entre conductos sanitarios y pluviales en Miravalles	201
Cuadro 44. Características de bomba sumergible marca AF modelo 80AFP22.2	210
Cuadro 45. Datos de perfil, caudal de diseño de aportes exclusivos al tramo y cálculos hidráulicos respectivos en propuesta de alcantarillado sanitario Barrio San José.....	213
Cuadro 46. Datos de perfil, caudal de diseño total y cálculos hidráulicos de tramos en propuesta de alcantarillado sanitario en Barrio San José	215
Cuadro 47. Datos de perfil, caudal de diseño de aportes exclusivos al tramo y cálculos hidráulicos respectivos en propuesta de alcantarillado sanitario en Miravalles	223
Cuadro 48. Datos de perfil, caudal de diseño total y cálculos hidráulicos de tramos en propuesta de alcantarillado sanitario en Miravalles	225
Cuadro 49. Costos unitarios para los elementos de la propuesta de alcantarillado sanitario	229
Cuadro 50. Costos estimados para la propuesta de alcantarillado sanitario en Barrio San José	232

Cuadro 51. Costos estimados para la propuesta de alcantarillado sanitario en Miravalles
..... 233

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación de los asentamientos informales en la Gran Área Metropolitana.....	45
Mapa 2. Asentamientos informales y Áreas Silvestres Protegidas.....	51
Mapa 3. Asentamientos informales y zonas protegidas de nacientes y captaciones.....	55
Mapa 4. Asentamientos informales y zonas protegidas de cuerpos de agua.....	61
Mapa 5. Asentamientos informales y zonas de amenaza sísmica y volcánica.....	67
Mapa 6. Asentamientos informales y zonas de amenaza de inundación y deslizamiento.....	71
Mapa 7. Asentamientos informales y coberturas del servicio de alcantarillado sanitario en la GAM.....	75
Mapa 8. Asentamientos informales y MED de la GAM de pendientes mayores o menores a 30%	79
Mapa 9. Distribución de red sanitaria en asentamientos informales preseleccionados (Barrio San José, Los Cipreses, San Martín, 15 de agosto y Ponderosa 1).....	101
Mapa 10. Distribución de red sanitaria en asentamientos informales preseleccionados (El Bambú, Sector 7, Sector 6, Sector 1, Europa).....	103
Mapa 11. Ubicación real del asentamiento informal Miravalles comparado con la ubicación según base de datos del MIVAH e información de la fase de preselección.....	111
Mapa 12. Ubicación y delimitación del área de estudio de Barrio San José.....	123
Mapa 13. Curvas de nivel, modelo digital de terreno e imágenes aéreas de Barrio San José.....	127
Mapa 14. UGMs asociados parcial o totalmente con el área de estudio de Barrio San José.....	132
Mapa 15. Curvas de nivel, modelo digital de terreno e imagen aérea de Miravalles..	141
Mapa 16. UGMs asociados parcial o totalmente con el área de estudio de Miravalles.....	144

Mapa 17. Levantamiento de alcantarillado pluvial en Barrio San José.....	179
Mapa 18. Levantamiento de alcantarillado pluvial en Miravalles.....	184
Mapa 19. Distribución de sistemas sanitario y pluvial en Barrio San José y los cruces entre ellos.....	198
Mapa 20. Distribución de sistemas sanitario y pluvial en Miravalles y los cruces entre ellos.....	202
Mapa 21. Propuesta de alcantarillado sanitario en Barrio San José.....	211
Mapa 22. Propuesta de alcantarillado sanitario en Miravalles.....	221

ÍNDICE DE SIGLAS

ASADAs: Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales.

ASP: Área Silvestre Protegida.

AyA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

BANHVI: Banco Hipotecario de la Vivienda.

BID: Banco Interamericano de Desarrollo.

CECUDI: Centro de Cuido y Desarrollo Infantil.

CENIGA: Centro Nacional de Información Geoambiental.

CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

CNE: Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias.

ESPH: Empresa de Servicios Públicos de Heredia.

EIA: Evaluación del Impacto Ambiental.

FOSUVI: Fondo de Subsidios para la Vivienda.

GAM: Gran Área Metropolitana.

IGN: Instituto Geográfico Nacional.

IMAS: Instituto Mixto de Ayuda Social.

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos.

INVU: Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo.

ITCR: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

JICA: Siglas en inglés de la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional.

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía.

MIVAH: Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos.

MED: Modelo de Elevación Digital.

NBI: Necesidades básicas insatisfechas.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

ProDUS: Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible.

PMA: Proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José.

PRUGAM: Planificación Regional y Urbana de la Gran Área Metropolitana.

PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales.

RSN: Red Sismológica Nacional.

SIG: Sistemas de Información Geográfica.

SINAC: Sistema Nacional de Áreas de Conservación.

SNIT: Sistema Nacional de Información Territorial.

UGM: Unidades Geoestadísticas Mínima.

Valverde Piedra, Farlin Dionisio

Propuesta de soluciones para la conexión a la red de alcantarillado sanitario de asentamientos informales con condiciones para su consolidación en la Gran Área Metropolitana

Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil-San José, C.R.:

F. D. Valverde P., 2019

xxiv, 246, [53]h; ils. col. – 69 refs.

RESUMEN

Los asentamientos informales son comunidades que requieren mejorar la dotación de los servicios básicos y las condiciones de sus viviendas. En este proyecto se hace una propuesta de alcantarillado sanitario en asentamientos informales que demuestren indicios de consolidación y posibilidades de formalización dentro de la GAM, para utilizar la infraestructura sanitaria disponible como en el caso del Proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José (PMA).

Se genera una metodología de preselección y priorización que señala los asentamientos informales en la GAM con condiciones favorables para la creación de una red sanitaria terciaria que conecte con un sistema de alcantarillado sanitario existente. Esto mediante la evaluación de criterios como su ubicación dentro de un ASP o de la cobertura sanitaria. Dicha metodología evalúa 158 asentamientos informales donde se preseleccionan 55 y se les brinda un orden de prioridad respectivo.

Se selecciona el asentamiento informal de Barrio San José, en el cantón de Curridabat, al tener mayor prioridad y evaluar otros criterios más específicos, como la comprobación de la ausencia del servicio de alcantarillado sanitario. El asentamiento informal de Miravalles, también en Curridabat, se selecciona como una excepción a la metodología mencionada, debido al interés del Gobierno Local en intervenir para la mejora de esta comunidad.

En ambos se realiza un diseño preliminar y se estiman los costos de una red terciaria. En ellos se considera implementar pozos de registro simplificado debido a condiciones físicas de espacio y deja en evidencia la importancia que adquiere diseñar y construir de forma integral los sistemas pluviales, sanitarios y potables.

ALCANTARILLADO SANITARIO, ALCANTARILLADO SANITARIO SIMPLIFICADO, ASENTAMIENTO INFORMAL, DISEÑO PRELIMINAR, METODOLOGÍA DE SELECCIÓN Y PRIORIZACIÓN PARA INTERVENCIÓN, BARRIO SAN JOSÉ, MIRAVALLS, CANTÓN DE CURRIDABAT.

Ing. Luis Zamora González

Escuela de Ingeniería Civil

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

1.1.1 Problema específico

El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) define los asentamientos informales como **“asentamientos que se formaron producto de las llamadas “tomas de tierra”, organizadas o no,** los cuales, unos más que otros, con el tiempo ven mejoradas ciertas condiciones, como la infraestructura de las viviendas y el acceso a servicios” (INEC, 2013). Debido a esa condición irregular es que las condiciones de infraestructura urbana, de vivienda y el acceso a los servicios resulta deficiente y limitado en comparación con el resto del país. Lo anterior es demostrado por Mora (2014) por medio de los resultados del X Censo Nacional de Población en el 2011, donde deja en evidencia que los asentamientos informales poseen un mayor porcentaje de hogares con necesidades básicas insatisfechas (NBI). Entiéndase que las NBI se centran en 4 carencias:

- Acceso a albergue digno.
- Acceso a vida saludable.
- Acceso al conocimiento.
- Acceso a otros bienes y servicios.

En lo que respecta a la prestación del servicio de agua potable y saneamiento, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) no puede brindar ninguno de los dos, de manera formal, a las viviendas que se encuentran en un terreno que no les pertenece, es decir, se requiere ser el propietario oficial del inmueble según se establece en su reglamentación.

El AyA no niega el agua a estas comunidades, ya que es un Derecho Humano, y habilitan una fuente pública, que consiste en un punto específico de abastecimiento para que los vecinos llenen sus recipientes sin ningún cobro (Brenes. F, 2018). No obstante, también el saneamiento básico es un Derecho Humano, desde diciembre del 2015, lo que para De Oliveira (2016) significa un llamado de atención de la necesaria perspectiva de universalizar el saneamiento a las poblaciones sin servicio sanitario o alcantarillado adecuado, siendo de estas en gran parte, las que residen en comunidades informales.

Algunos asentamientos informales, optan por conexiones ilícitas tanto en la obtención de agua potable como en el vertido de aguas residuales. En el caso de aguas residuales, también se opta por el uso de tanques sépticos o letrinas, no obstante, la concepción de viviendas sin los procedimientos de aprobación requeridos no asegura el cumplimiento de las condiciones necesarias para que el impacto al ambiente y la salud pública de estos sistemas sea minimizado. Ejemplo de esto es espacio necesario para ubicar el tanque séptico y su respectivo drenaje, capacidad de infiltración del suelo suficiente o nivel freático alto.

Según la publicación del INEC sobre los Principales Indicadores sobre Asentamientos Informales, basados en el resultado del X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda del 2011, existe una población total de 296 149 personas en asentamientos informales, distribuidas en 76 057 viviendas ocupadas a nivel nacional; un 95% de estas viviendas posee tubería de agua potable en la vivienda y el destino de las aguas residuales de todas esas viviendas se distribuye en un 17,9% con conexión a un alcantarillado sanitario; un 70,9% utilizan el tanque séptico con zona de drenaje; un 5,5% descargan directamente a un río, acequia o zanja; un 5% utiliza pozo negro o letrina y un 1% no cuenta con servicio sanitario (INEC, 2013). Los datos son exclusivos de las aguas provenientes de servicios sanitarios, pero, las aguas de otras actividades, como lavar ropa o cocinar, no se especifican.

Los asentamientos ubicados en zonas urbanas con un uso extendido del tanque séptico y zona de drenaje significan un problema debido a que esta tecnología consume una determinada cantidad de espacio en donde la alta densidad poblacional y el limitado espacio por propiedad no lo permiten. Además, ante niveles freáticos altos, no se puede continuar con el tratamiento en el drenaje y esto provoca la contaminación del agua subterránea. Por esto, lo ideal es conectarlos a un sistema de alcantarillado sanitario con su respectiva planta de tratamiento, especialmente, cuando es posible aprovechar infraestructura existente.

En espacios urbanos de la Gran Área Metropolitana (GAM), se proyectan mejoras sanitarias en Cartago (elmundo.cr, 2018), Alajuela (Morris, 2017), Heredia (ESPH, 2017) y gran parte de la provincia de San José y el cantón de la Unión con el Proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José (PMA). Así que los asentamientos informales deben procurar formar parte de estos servicios para una mejor calidad de vida y reducir la contaminación, siempre que cumplan con las condiciones para mantenerse en el espacio que habitan, de lo contrario, significa que son comunidades que deben ser reubicadas.

La reubicación puede propiciar el fenómeno de la segregación residencial socioeconómica, donde, según Massey y Denton (citado por Pujol R, Sánchez, L & Pérez E, 2012) consiste en “el grado en el que dos o más grupos de población viven distanciados entre sí, en las diferentes partes del entorno urbano”. Para Rodríguez y Arriagada (2004), este fenómeno genera como **consecuencia un “aislamiento de los pobres”, que a grandes rasgos significa que**, la población pobre, al estar en contacto únicamente con sus pares pobres, reducen sus oportunidades de formar parte de una movilidad social ascendente; además, se deteriora la vida comunitaria y la acción colectiva, generando violencia y desconfianza.

Pujol et. al (2012), demuestran cómo la segregación ha ido en aumento durante la primera década del siglo XXI, en parte, al sistema de vivienda costarricense debido a la promoción del estado en generar los proyectos de vivienda social en las periferias o lejos de las ciudades que es donde se concentra la segregación en la GAM.

En resumen, los asentamientos informales demandan mejoras en sus servicios que satisfagan sus necesidades básicas. Algunos pueden aprovechar la infraestructura existente en las comunidades cercanas siempre y cuando, sea viable la permanencia de la comunidad en el sitio ocupado. De lo contrario, se requeriría la reubicación de sus habitantes y dicha acción puede aumentar la segregación residencial socioeconómica.

1.1.2 Importancia

El Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS) propone en el Reglamento de Renovación Urbana del Plan Regulador para el cantón de Alajuela que los asentamientos informales pueden ser candidatas para definirse como zonas de renovación urbana las cuales plantean una mejora de ciudades promoviendo la erradicación de tugurios, rehabilitando áreas urbanas en decadencia, reduciendo el riesgo de amenaza natural y otras acciones más (ProDUS, 2017). Así que este mejoramiento urbano se enfoca en la vialidad y peatonalización, alcantarillado pluvial y sanitario, agua potable, alumbrado público y habilitación de espacios comunes y áreas de parque para la recuperación de asentamientos informales. De esta manera, el asentamiento logra consolidarse en el sitio que ocupa.

El reasentamiento involuntario, definido de la siguiente manera por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), es una **“política que abarca todo desplazamiento físico involuntario de personas causado por un proyecto” (BID, 2017)**. El proceso de renovación urbana evita un reasentamiento involuntario completo de la población de un asentamiento informal, el cual

tiende a ser muy complejo y puede tomar un largo período de tiempo en concretarse. Sin embargo, si el asentamiento se ubica en zonas de riesgo, en zonas de protección de ríos, áreas de parques, sobre el derecho de una vía o servidumbre de tubería, no pueden ser renovadas y deberían ser reubicadas.

En grandes rasgos, el proceso de la renovación urbana a un asentamiento informal (llamado como zona de atención especial dentro de los parámetros zonificación de un plan regulador) consiste en la ejecución de la inversión, por parte de algún ente público o privado, en coordinación con la municipalidad correspondiente, durante un tiempo establecido (al momento de entrar en vigencia el plan regulador), en aras de mejorar las condiciones de infraestructura señaladas previamente por un diagnóstico del sitio. En este tiempo, se establecen una serie de restricciones en construcción y fraccionamiento mientras se ejecutan las mejoras. Pasado el tiempo, la regulación en el sitio será según lo que se establezca en el Reglamento de Zonificación y de Construcciones del Plan Regulador correspondiente. El beneficio para los habitantes es el cambio en el uso de suelo, donde existan regulaciones más flexibles que les permitan optar por un bono para la tenencia oficial del lote y vivienda.

Como se mencionó anteriormente, el sistema de vivienda nacional tiende a generar los proyectos fuera de las ciudades, a los cuales se les invierte para proveerlos de infraestructura urbana. Esto significa que se deben hacer llegar los servicios de agua o electricidad hasta el sitio del proyecto y crear sistemas de alcantarillado y vialidad propios para el lugar. Cuando, con la renovación en la ciudad, es posible aprovechar infraestructura existente e integrar el asentamiento con el resto de la ciudad.

En otras palabras, la intervención en comunidades se puede realizar por medio de un reasentamiento en otro lugar o una consolidación en el sitio ocupado, en ambos casos brindando mejoras a las condiciones de vivienda, servicios y urbanismo. Este trabajo se orienta al diseño y la estimación de costos de una propuesta al manejo y disposición de aguas residuales de al menos dos asentamientos informales con posibilidades de una renovación urbana para su consolidación, buscando el mayor provecho de infraestructura existente de este tipo. Dicha propuesta atiende sólo uno de los aspectos a considerar en la consolidación de un asentamiento informal, siendo el servicio de saneamiento. Por lo que sería una propuesta que pudiera considerar un inversor (público o privado) para implementar.

Se enfoca en la GAM debido a la cantidad de sistemas de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales disponibles. Esto significa que se evitaría considerar en la solución la implementación de sistemas de tratamiento individuales como tanques sépticos con zona de drenaje.

No pueden dejarse de lado los beneficios en materia de salud que obtendría una comunidad al mejorar su sistema de saneamiento, en especial, cuando la comunidad yace en la informalidad y en la irregularidad de servicios. Entre los beneficios que la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2018) menciona se encuentran:

- Reducción de riesgo de diarrea, infección de parásitos o tracoma.
- Reducción de las consecuencias de la desnutrición.
- Promoción de dignidad, asistencia a la escuela y aumento de la seguridad, especialmente a mujeres y niñas.
- Potencial recuperación de agua, energía renovable y nutrientes de desechos fecales.

Incluso la OMS (2018) estima que cada dólar invertido en saneamiento produce 5,5 dólares de ahorro en costo de atención a la salud, más productividad y menos muertes.

Figuereido (2009), en su experiencia con intervenciones en el saneamiento de asentamientos informales del área metropolitana de Belo Horizonte en Brasil, indica que es un proceso que involucra tanto un factor técnico como social y en donde es posible incentivar la sensibilización y una cultura del cuidado y responsabilidad en la gestión del agua. Incluso califica estas intervenciones como un proceso de inclusión social de las comunidades.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Proponer un diseño preliminar de una red terciaria con conexión a un alcantarillado sanitario, en asentamientos informales que presenten condiciones para su consolidación mediante un proceso de priorización y selección.

1.2.2 Objetivos específicos

- Preseleccionar asentamientos informales que puedan renovarse en la GAM, considerando aspectos generales de ubicación, población y de consolidación orientados a la implementación de alcantarillado sanitario.

- Seleccionar los asentamientos informales provenientes de la preselección según la distribución de alcantarillado sanitario, intención de mejoría de condiciones del sitio, seguridad ciudadana y posibilidad de contacto con líderes comunales.
- Describir las condiciones físicas y de infraestructura urbana presentes en los asentamientos informales seleccionados.
- Proponer un diseño hidráulico preliminar de una red terciaria en los asentamientos informales seleccionados.
- Elaborar un presupuesto preliminar de las propuestas en cada asentamiento informal.

1.3 Delimitación del problema

1.3.1 Alcance

- Los asentamientos informales tomados en cuenta son los que se encuentren dentro de la GAM.
- Se asumió que las aguas residuales producidas son de tipo ordinarias y cumplen con el Reglamento de Vertidos y Reuso de Aguas Residuales para hacer uso del servicio de alcantarillado sanitario de las viviendas de los asentamientos informales.
- Se asumió que la red de alcantarillado sanitario existente a donde se pueden conectar las viviendas de los asentamientos informales seleccionados tiene la capacidad para recibir el caudal generado por estos.
- La propuesta de red terciaria de alcantarillado sanitario desarrollada es un diseño preliminar. Esto quiere decir que se limita al trazado, dimensionamiento de elementos, cantidades y especificación de materiales; dejando fuera del alcance la creación de planos detallados del proyecto.
- No se realizaron estudios a detalle de suelos, hidrogeológicos, geomorfológicos o geológicos, aunque, de existir para los asentamientos informales seleccionados, se hacen mención.
- No se hicieron propuestas relacionadas al tratamiento o pretratamiento de las aguas residuales generadas en los asentamientos informales elegidos.

1.3.2 Limitaciones

- Los datos de población y vivienda provinieron del X Censo Nacional de Población y el VI Censo de Vivienda del 2011.
- El trabajo de campo estuvo sujeto a la disponibilidad de líderes comunales o algún contacto importante de la zona que acompañen en la visita.
- No se pudo obtener caudales según información de medidores, por lo tanto, se tomaron de normas y recomendaciones del AyA asociados a la zona.
- Los datos de elevaciones para toda la GAM corresponden a las utilizadas por ProDUS en el proyecto PRUGAM. En la sección 3.3.3 se detalla la fuente de esta información.
- Para realizar un levantamiento topográfico se estuvo sujeto a la disponibilidad de equipo y personal de la Escuela de Geografía de la Universidad de Costa Rica.
- Sólo se contempló la opción de proponer una red de alcantarillado sanitario en asentamientos informales y que esta se uniera a una red existente con tratamiento de las aguas residuales.
- Debido al desarrollo sin planificación de los asentamientos informales, no fue posible cumplir en todos los aspectos la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial del AyA. En donde esto ocurre se hizo la respectiva indicación en el diseño preliminar.

1.4 Metodología del proyecto

La metodología seguida en la elaboración del proyecto propuesto se muestra en la Figura 1.

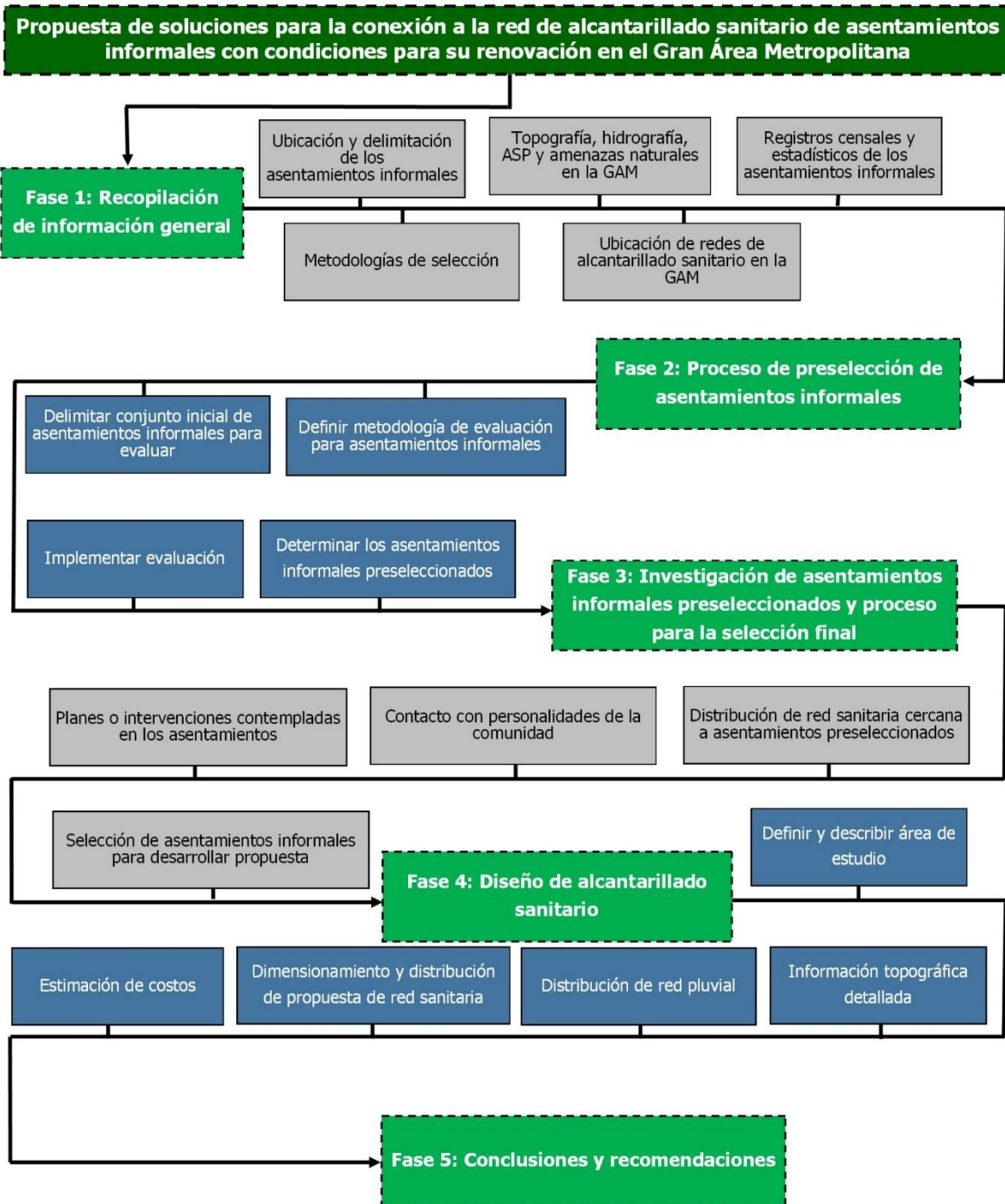


Figura 1. Esquema metodológico del trabajo final de graduación

1.4.1 Fase 1. Recopilación de información general

En esta fase se busca obtener una visión general de la situación que presentan los asentamientos informales dentro de la GAM. Se tomó la metodología oficial de la Unidad de

Gestión Social del AyA (se explica más a detalle en la sección 2.1), llamada Modelo de abordaje en asentamientos en proceso de consolidación y precarios, como guía para generar una metodología que permita determinar qué asentamientos informales tienen mejor viabilidad de abordaje. Junto a esta, también se consideraron criterios de la metodología desarrollada por Sanabria (2017) en su trabajo final de graduación para la obtención del grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, cuyo propósito es la creación de una metodología para identificar territorios con potencial urbanístico para ubicar viviendas de interés social en la GAM.

Además, se tomaron datos estadísticos y censales provenientes del Censo del 2011 para la caracterización general de los asentamientos y, que en el proceso sirvieron de criterio para seleccionar los sitios en donde se propuso un alcantarillado sanitario.

Fue necesario comprender el alcance y la distribución de las redes de alcantarillado sanitario existentes o por realizarse en la GAM, ya que, de estas depende la propuesta a realizar en los asentamientos informales elegidos. Se consultó información del AyA, PRUGAM y de la ESPH disponible en internet. Incluso una propuesta de ProDUS para el sistema sanitario en la ciudad de Alajuela.

Conocer la ubicación de cada asentamiento informal y el área que cubre fue clave en la elaboración del proyecto porque define si se selecciona para realizar una propuesta de alcantarillado sanitario o no. Mediante la colaboración del MIVAH es que es posible saber esta información.

La información sobre topografía, amenazas naturales, hidrografía y Áreas Silvestres Protegidas (ASP) en la GAM también compete en los asentamientos informales y fue importante para definir con cuales asentamientos desarrollar una propuesta de conexión de alcantarillado sanitario.

La manipulación de gran parte de la información general de los asentamientos informales y la GAM se hizo por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG), siendo ArcGIS el programa computacional utilizado para este propósito.

1.4.2 Fase 2. Proceso de preselección de asentamientos informales

Se definió un conjunto inicial de asentamientos informales en los cuales evaluar la información recolectada en la Fase 1.

La evaluación destacó a los asentamientos en donde la realización de una renovación e implementación de una red terciaria que conecte a un alcantarillado sanitario existente o ya diseñado sea favorable. Es decir, brindó un comienzo para la selección de comunidades en donde se puede llevar a cabo una intervención de mejora en servicios o vivienda, enfocándose principalmente, al servicio de alcantarillado sanitario. Por lo tanto, es una metodología exploratoria.

Lo anterior no significa que los asentamientos que quedaron fuera de la preselección no deben tener ninguna intervención o mejora en sus servicios o vivienda, al contrario, lo ideal es que todas estas comunidades puedan resolver sus problemas de informalidad, pero, se establece un modo de definir a donde puede ser más ágil y efectivo la implementación de un proyecto que satisfaga la necesidad de un servicio de saneamiento.

Esta fase concluyó con un conjunto de asentamientos informales preseleccionados que pasan a la Fase 3 de este proyecto.

1.4.3 Fase 3. Investigación de asentamientos informales preseleccionados y proceso para la selección final

Como parte de la metodología de evaluación, los asentamientos preseleccionados pasaron a evaluarse bajo criterios más específicos. La información para evaluar en esta fase no se obtiene de la fase 1, por lo que requirió una investigación más enfocada en los asentamientos informales, principalmente, en la distribución de la red sanitaria cercana, reconocimiento del área y contacto con líderes comunales o personalidades reconocidas en el lugar.

Establecer contacto con personas de estos sitios permitió tener una perspectiva por parte de ellos sobre la vivencia en el asentamiento y haber conocido más sobre los avances que han tenido en materia de servicios, vivienda y comunidad. Además, se realizó una investigación sobre planes o intervenciones que se contemplan en el lugar y la perspectiva de la Municipalidad de estas comunidades.

Basándose en la información recopilada, se procedió con la evaluación y se seleccionaron los asentamientos con los cuales se continua el desarrollo del proyecto.

1.4.4 Fase 4. Diseño de alcantarillado sanitario y estimación de costos

Se definió el área de estudio en cada asentamiento seleccionado en donde se abarcó hasta el punto o los puntos donde se conecta la propuesta diseñada con la red sanitaria existente. También se describieron aspectos del espacio urbano y el uso en el área de estudio.

López (2003) determina que la escala mínima de levantamiento topográfico para alcantarillados sanitarios debe ser de 1:2000 con curvas de nivel a cada metro. Es decir, conocer con gran detalle cómo se distribuyen las curvas de nivel en el sitio de interés tomó prioridad en esta fase. Como no estaba cubierto por las curvas de nivel disponibles en el SNIT a cada dos metros a la escala de 1:1000, fue necesario realizar un levantamiento topográfico. Para dicho levantamiento se contó con la ayuda de la Escuela de Geografía de la Universidad de Costa Rica.

Se realizó un levantamiento en el sitio de la infraestructura pluvial existente, como posible interferencia a la propuesta a desarrollar.

Con los insumos de la topografía y el alcantarillado pluvial obtenido se elaboró la propuesta de trazado del alcantarillado sanitario que permitió la conexión de las viviendas a un sistema de saneamiento. También se utilizó bibliografía que presentara el conocimiento técnico respectivo, así como la normativa nacional y sus disposiciones sobre diseño.

Cuando ya se tuvo contemplado lo que se podía realizar para conectar el asentamiento informal a una red de alcantarillado sanitario existente, se calculó el costo preliminar de los materiales implicados en el diseño. Se consultó a profesionales experimentados en este tipo de proyectos para obtener costos unitarios de los elementos de un alcantarillado sanitario.

1.4.5 Fase 5. Conclusiones y recomendaciones

Esta fase define el cumplimiento de los objetivos, así también el conocimiento producido a partir del trabajo realizado en cada una de las etapas de proyecto. Además, parte de las conclusiones incluyen análisis del producto obtenido.

Se desprenden comentarios relacionados a las lecciones aprendidas durante el desarrollo de las tareas implicadas en cada fase como una serie de recomendaciones.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Asentamientos informales

La definición de asentamiento informal presentado en la sección 1.1.1, proviene de una perspectiva exclusivamente del tipo de tenencia, siendo esta la concepción tradicional en Costa Rica (Pujol et. al, 2012). Sin embargo, puede llegar a ser confundido con el concepto de precario y de tugurio, debido a la cercana relación que suelen tener.

El precario es un concepto asociado a la tenencia de una residencia por parte de las personas que habitan en ella, definido como aquellas **“viviendas que se ubican en terrenos que han sido ocupados sin mediar para ello mecanismos legales de posesión o propiedad. Se trata de lo que comúnmente se llama como toma de tierra” (INEC, 2013)**. Otros tipos de tenencia de la vivienda definidos por el INEC para propósitos censales son:

- Totalmente pagada.
- Propia pagando a plazos.
- Alquilada.
- Prestada (por ejemplo, por motivos de trabajo).




Con respecto al concepto de tugurio, este se asocia a la condición física de la vivienda, así lo define la Ley de Erradicación de Tugurios y Defensa de sus Arrendatarios:

Local destinado a vivienda, establecido en un inmueble, objeto de declaratoria oficial de inhabitabilidad. Compréndase en ese concepto casas, apartamentos, cuartos y, en general, toda construcción o estructura destinada total o parcialmente al expresado fin, aunque sólo se trate de refugio en sitio urbano de carácter improvisado (Ley 2760, 1961, art. 2).

Desde la perspectiva del INEC, los tugurios son recintos contruidos con materiales de desecho, de forma improvisada y para la solución inmediata de albergue (INEC, 2013).

Así que, para recapitular y aclarar mejor las diferencias entre asentamiento informal, precario y tugurio, se presentan ideas aclaratorias en el Cuadro 1 junto con fotografías con fines ilustrativos de cada concepto. Se resalta en negrita la idea clave con la que se define y se diferencia entre los tres términos.

Cuadro 1. Ideas comparativas entre los conceptos de precario, tugurio y asentamiento informal

		
<p><i>Precario</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Concepto asociado al tipo de tenencia de cada vivienda. •Es asociado a una vivienda. •Que una vivienda sea precario no hace referencia a su condición física. •Un vivienda en precario o unas viviendas en precario dispersas no se consideran un asentamiento informal. 	<p><i>Tugurio</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Concepto asociado a la condición física de cada vivienda. •Es asociado a una vivienda. •Que una vivienda sea tugurio no hace referencia a tipo de tenencia (no necesariamente es un precario). 	<p><i>Asentamiento informal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> •Concepto asociado a comunidades que inician como un conjunto de viviendas en precario, sin servicios básicos ni infraestructura urbana. •En general, al inicio del asentamiento informal, algunas viviendas tienen la condición de ser tugurios. •Con el tiempo, realizan algunas mejoras de infraestructura, servicios y viviendas. •Es probable que surjan viviendas con tipos de tenencia diferentes a precario, pero, aún se consideran dentro de un asentamiento informal.

A pesar de lo mencionado anteriormente, para Pujol et. al (2012) resulta difícil llegar a definir la informalidad de las viviendas debido a las características y la génesis del fenómeno. No obstante, consideran que la informalidad es un concepto que puede expandirse al incluirse las siguientes condiciones en cualquier vivienda ocupada:

1. Viviendas sin acceso a infraestructura esencial: Sin electricidad, sin disponibilidad de agua ni saneamiento en la vivienda.
2. Viviendas en mal estado: Materiales de las paredes, pisos o techos son de desecho o el piso es de tierra. También si en el Censo del 2011 se considera la vivienda en mal estado.
3. Viviendas ilegalmente ocupadas: Viviendas con tipo de tenencia precario.

Es decir, basado en lo que propone Pujol et. al (2012), un asentamiento informal podrá ser considerado formal hasta el momento en que todas sus viviendas dejen de cumplir con algunas de las 3 condiciones anteriores.

En la sección 1.1.2, al definir la importancia de este trabajo final de graduación, se menciona el concepto de renovación urbana que puede aplicarse a ciertos asentamientos informales, que según la Ley de Planificación Urbana lo que se busca es un mejoramiento que permita la erradicación de tugurios y la rehabilitación de áreas urbanas defectuosas o en decadencia o la conservación de áreas urbanas y prevenir su deterioro (Ley 4240, 1968, art. 1).

Por lo tanto, dentro de los asentamientos informales pueden existir tugurios que no necesitan ser reubicados, debido a que lo que necesitan es una mejoría en la infraestructura para considerarlo habitable (mientras no se encuentre dentro de una zona de riesgo, de protección ambiental o de algún otro interés público en el sitio ocupado por el asentamiento informal). Sobre todo, en casos donde existe un cierto grado de consolidación en los asentamientos, la renovación urbana podría implementar infraestructura de servicios faltantes y así se podría realizar un cambio en el uso de suelo y establecer regulaciones apropiadas a esa área urbana.

Dentro de la corriente de asistir asentamientos informales, la Unidad de Gestión Social y Participación Ciudadana del AyA desarrolló una metodología para el abordaje en asentamientos en proceso de consolidación y precarios con el propósito de incorporar estas poblaciones al sistema de facturación regular mientras reciben un servicio de agua potable y saneamiento adecuado, además, entre sus objetivos se incluye el hacer un estudio de las condiciones socioeconómicas, técnico-comerciales y jurídicas de cada asentamiento para valorar la viabilidad del suministro de los servicios del AyA. Además, con esta metodología se busca disminuir la cantidad de agua no contabilizada y realizar aportes a acciones relacionadas a inclusiones sociales de dichas comunidades (Unidad de Gestión Social y Participación Ciudadana AyA, 2017). El AyA tiene claro dentro de esta metodología que el abordaje integral a las comunidades requiere de un esfuerzo conjunto de otras instituciones como el MIVAH, el Ministerio de Salud, Municipalidades, Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS) y el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), entre otras.

Dicha metodología inicia por medio de una apreciación prediagnóstica que define la viabilidad de abordaje mediante la consideración de tres ejes fundamentales: vulnerabilidad social,

vulnerabilidad ambiental y vulnerabilidad física. De ellos se desprenden 19 indicadores que aprueban el abordaje eficiente y eficaz en cada asentamiento. Tales indicadores son:

- Vulnerabilidad ambiental.
- Vulnerabilidad física.
- Estudios técnicos ambientales y físicos.
- Representatividad de inmuebles.
- Servicio de agua potable.
- Servicio de alcantarillado sanitario.
- Servicio de electricidad.
- Infraestructura física habitacional.
- Hacinamiento.
- Vías de acceso.
- Vulnerabilidad sanitaria.
- Seguridad ciudadana.
- Organización comunal.
- Servicios comunales (EBAIS, centros educativos, recolección de basura).
- Cohesión social (solidaridad).
- Tipos de familias.
- Tipos de empleos.
- Existencia de salón comunal.
- Existencia de áreas de recreo.

Con estos indicadores se tipifican los asentamientos en A, B+, B- y C. Si la tipificación resulta en A o B+ (gran parte del asentamiento refleja en sus indicadores una tendencia cercana a A), significa que el asentamiento es favorable para su abordaje mediante las fases de inserción e intervención. Por el contrario, de resultar en B- (gran parte del asentamiento con tendencia cercana a un tipo C) o C, quiere decir que es desfavorable y las acciones se enfocan en mitigar riesgos, especialmente desde la perspectiva sanitaria y ambiental. Dentro de esta metodología, los asentamientos tipo B- o C, son comunidades que ameritan desalojo o traslado debido a su ubicación dentro de reservas biológicas, sobre mantos acuíferos, en zonas con inminente amenaza de deslizamiento o reclamo de las propiedades invadidas.

La fase de inserción contempla los siguientes pasos a seguir:

1. *Antecedentes históricos:* Además de conocer las razones que permitieron la concepción de un asentamiento determinado, también se investigan características de la población, aspectos físicos del sitio, condiciones de los servicios, problemas sociales existentes, conocer el grado de organización de los vecinos y la presencia o actividad de otras instituciones u organizaciones.
2. *Encuesta a población:* Recoge información sobre la conformación de hogares, tenencia de vivienda, situación económica, legal, salud y problemas o necesidades percibidas.

3. *Elaboración del Diagnóstico*: Procesa la información de los pasos anteriores y da pie a la generación de conclusiones y recomendaciones para el abordaje que se inicia en la fase siguiente.

La fase de intervención continúa el proceso anterior con los siguientes pasos:

1. *Devolución de hallazgos y recomendaciones del diagnóstico a la comunidad*: Se convoca a la población para darles a conocer las limitantes de intervención, recursos, problemas y necesidades del sitio.
2. *Jerarquizar problemas y necesidades*: Por medio de un taller comunal se concientiza a la comunidad de sus problemas y necesidades prominentes, con el propósito de incentivar acciones conjuntas entre comités vecinales e instituciones.
3. *Actores para intervención de problemas y necesidades*: Se enuncian los organismos públicos, privados y comunales dispuestos a laborar de forma conjunta e integral en la solución de problemas y necesidades.
4. *Red organizacional*: Esto para forjar alianzas estratégicas y un mejor aprovechamiento de los recursos, evitando duplicidad de acciones.
5. *Abordaje integral de asentamientos informales*: El conjunto de actores definen su accionar proyectados hacia la comunidad, con el fin de la solución de problemas y necesidades.

El AyA propone mantener un seguimiento de las actividades de abordaje comunitario, aportando evaluaciones al accionar de las instituciones, organizaciones y vecinos en el transcurso de las fases anteriores.

Con respecto a las comunidades tipo B- o C, en esta metodología, el AyA tiene el objetivo de desarrollar proyectos que reduzcan el impacto ambiental y los riesgos del asentamiento al mismo tiempo que se reducen costos institucionales mediante una mejora en el servicio de agua potable y servicio de recolección de aguas residuales que reduzcan fugas, exposición a aguas servidas y desperdicio; esto junto con la participación de la comunidad y demás instituciones. El AyA propone medidas de mitigación en el orden de los 3 ejes de acción (vulnerabilidad social, ambiental y física) siendo algunas de ellas las siguientes:

- | | | |
|---------------------------------|------------------------------|-----------------|
| ✓ Construir muros de contención | ✓ Canalizar aguas pluviales | ✓ Macromedición |
| ✓ Recolección aguas residuales | ✓ Capacitación en fontanería | ✓ Reforestación |

✓ Capacitación uso racional de agua ✓ Reducción de contaminación ✓ Evitar más viviendas

En la Figura 2 se presenta un esquema que resume la metodología del AyA para el abordaje de asentamientos anteriormente explicada.

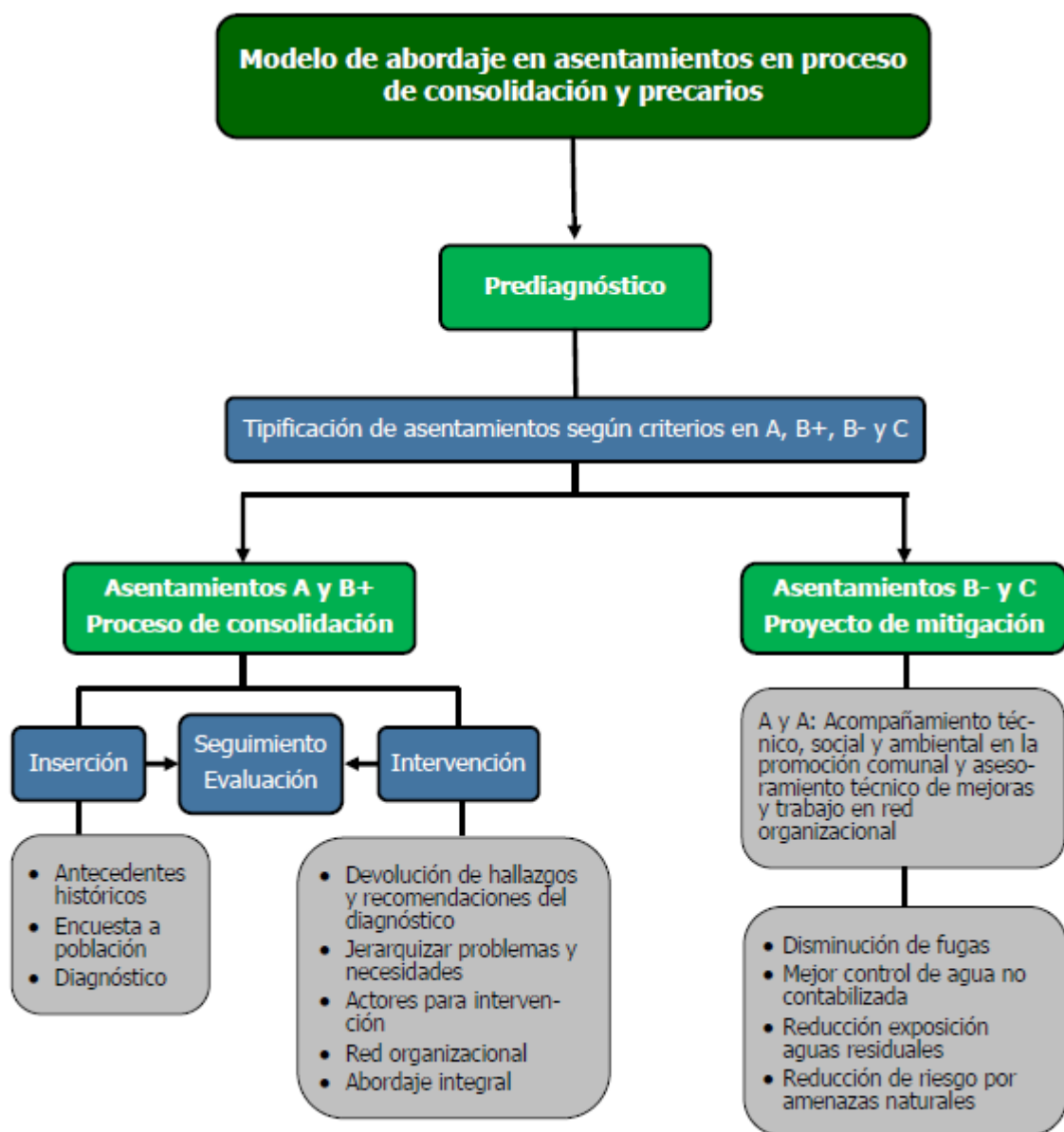


Figura 2. Esquema resumen de la metodología de abordaje a los asentamientos del AyA

Fuente: Unidad de Gestión Social y Participación Ciudadana del AyA, 2017

2.2. Componentes de una red de alcantarillado sanitario

En la Figura 3 se presenta la manera de clasificar los sistemas de alcantarillado sanitario.

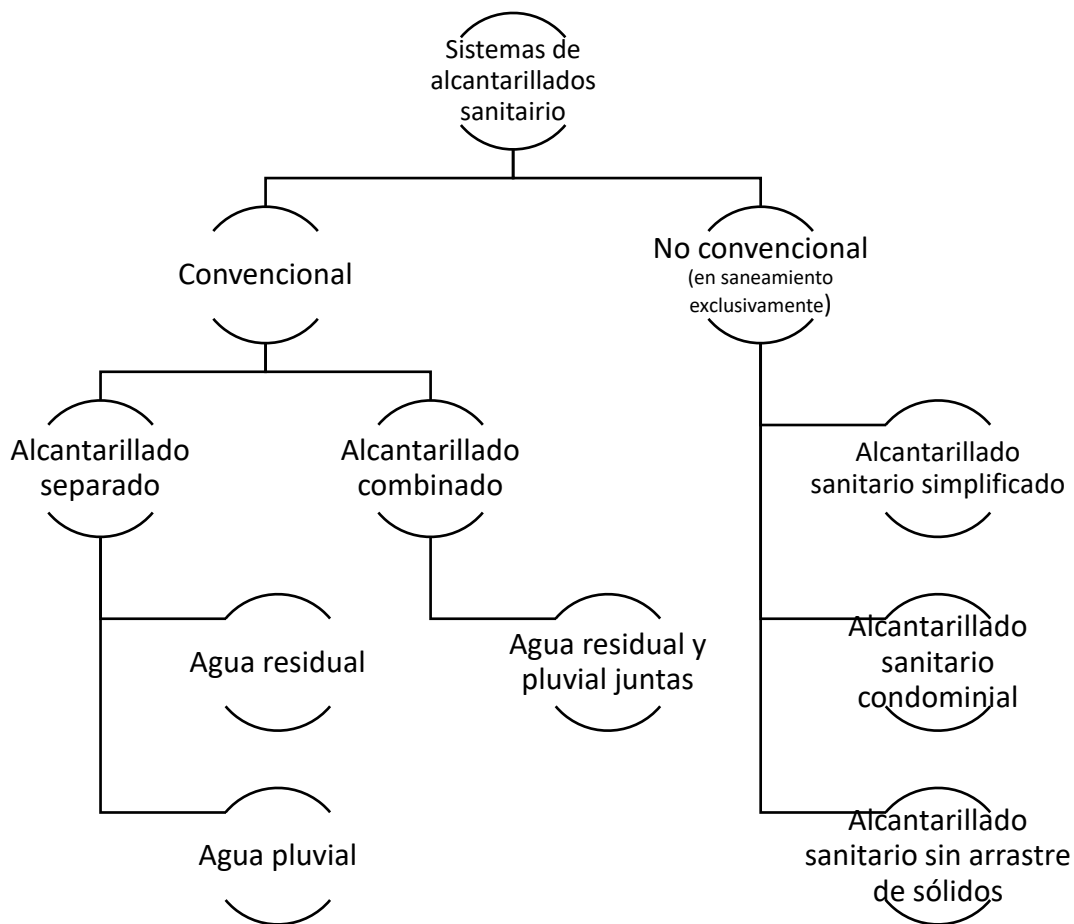


Figura 3. Clasificación de los sistemas de alcantarillados

Fuente: López, 2003

El concepto de cada alcantarillado se muestra a continuación:

- *Convencional*

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) indica que el alcantarillado sanitario convencional consiste en redes colectoras colocadas, por lo general, en el centro de calles y avenidas que aprovechan la gravedad para conducir el agua residual hacia una Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) o una estación de bombeo, para enviarla a un punto donde el agua residual pueda seguir por gravedad. Los colectores tienen como mínimo de 150 a 200 mm de diámetro, enterradas a más de 1 m, con conexión independiente a cada domicilio o propiedad y hacen uso de pozos de registro para cada cambio de pendiente, dirección, diámetro o en tramos muy largos y rectos (CEPIS, 2005). La Figura 4 muestra una típica distribución en planta del alcantarillado sanitario convencional.

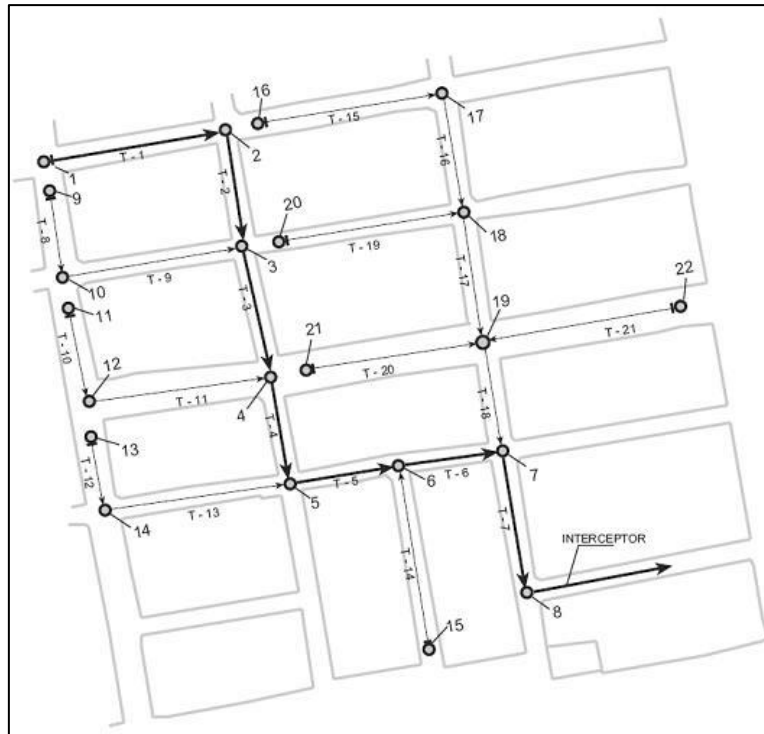


Figura 4. Distribución en planta típica de un alcantarillado sanitario convencional

Fuente: CEPIS, 2005

- *No convencional*

Sistemas poco flexibles que requieren mayor definición, mayor control de caudales, un mantenimiento intensivo y comprensión por parte de los usuarios sobre las limitaciones que estos tienen (López, 2003).

- *Alcantarillado separado y alcantarillado combinado*

Básicamente, si recolecta tanto aguas residuales como aguas provenientes de la lluvia, es un alcantarillado sanitario combinado, pero, si recolecta exclusivamente aguas residuales es un alcantarillado sanitario separado; es decir, existe un alcantarillado que únicamente se encarga del agua residual (alcantarillado sanitario) y también otro que se encarga únicamente del agua pluvial (alcantarillado pluvial).

- *Alcantarillado sanitario simplificado*

Diseñado bajo los mismos lineamientos de un alcantarillado convencional, con la posibilidad de un diámetro más reducido, una profundidad más reducida y elementos de inspección simplificados o reducidos. Estos siempre deben conectarse hasta una red de alcantarillado

convencional y no necesariamente deben colocarse en calles o avenidas, pueden ir en espacio públicos bajo jardines o aceras (CEPIS; 2005). Las dimensiones que suele considerar este sistema se indican en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Dimensiones que usualmente considera el alcantarillado sanitario simplificado

<i>Profundidad de rasante a corona de tubería en áreas verdes</i>	0,45 m a 0,65m
<i>Profundidad de rasante a corona en calzada de vía pública</i>	0,85 m a 1 m
<i>Diámetro interno pozo de registro (puede ser rectangular)</i>	0,60 m a 0,90 m
<i>Diámetro mínimo de tubería</i>	100 mm

CEPIS, 2005

Algunos elementos de registro simplificados se muestran en la Figura 5.

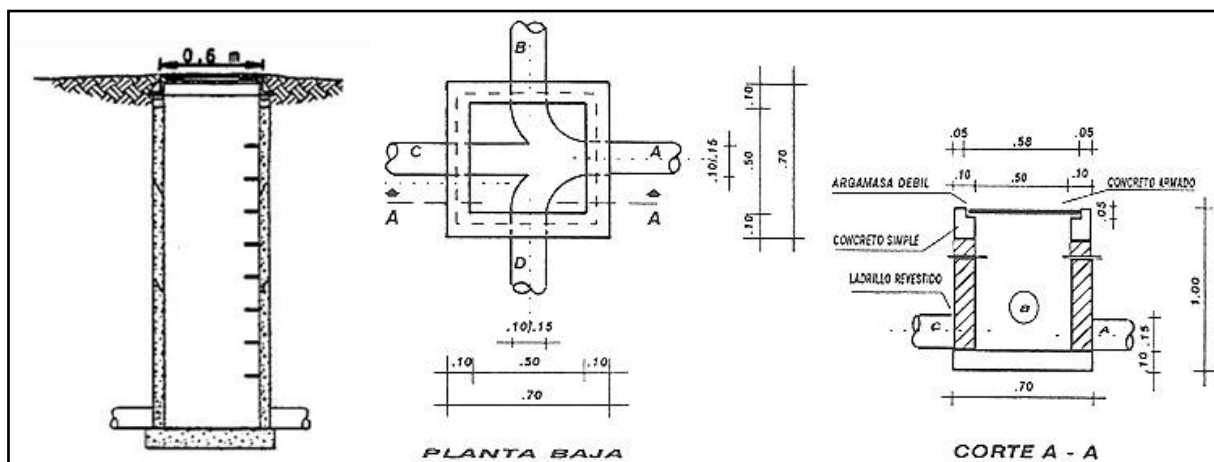


Figura 5. Opciones de elementos de registro simplificado

Fuente: CEPIS, 2005

- *Alcantarillado sanitario condominal*

Los colectores pueden colocarse dentro de las propiedades de los usuarios, así como también en jardines o aceras del espacio público. A diferencia del convencional, el sistema condominal toma como unidad generadora de aguas residuales a un conjunto o bloque de viviendas (condominio), en vez de una a una de las viviendas. Se usan diámetros y profundidades menores al convencional, con dispositivos de inspección más simples. El agua residual debe ser llevado a un alcantarillado convencional (CEPIS, 2005). La Figura 6 muestra un esquema en planta de cómo puede darse este sistema sanitario.

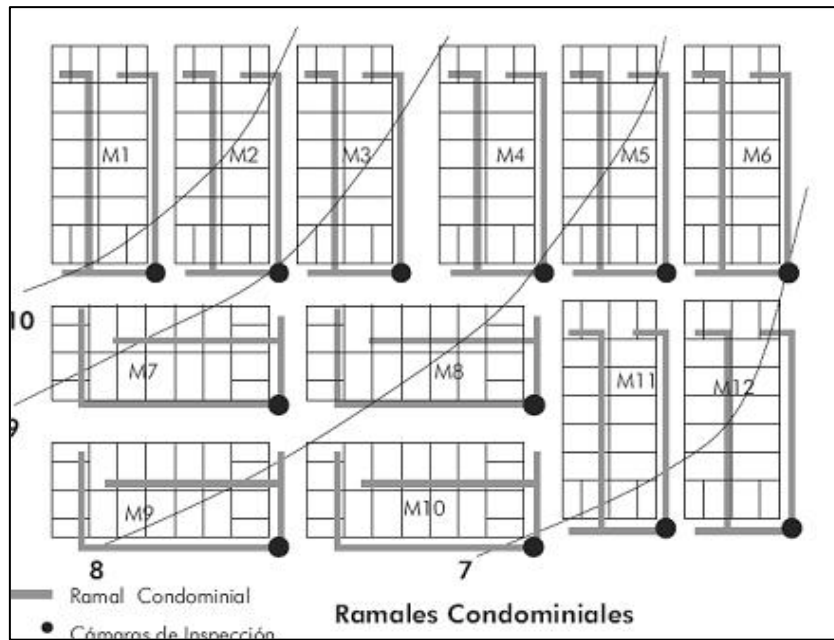


Figura 6. Distribución de un sistema de alcantarillado condominial

Fuente: CEPIS, 2005

- *Alcantarillado sanitario sin arrastre de sólidos o de diámetro pequeño*

Tiene el propósito de que los colectores reciban únicamente la porción líquida de las aguas residuales. La separación se realiza por medio de un tanque interceptor que se ubica entre el generador y el colector. Incluso, varias viviendas pueden hacer uso del mismo tanque.

Una característica propia de este sistema es la posibilidad de que las tuberías funcionen a presión o a gravedad para el flujo de las aguas residuales. Este sistema también permite diámetros reducidos, pendientes reducidas y elementos de inspección reducidos. La Figura 7 muestra cómo es la conexión entre la vivienda generadora de aguas residuales, el tanque interceptor y el colector.

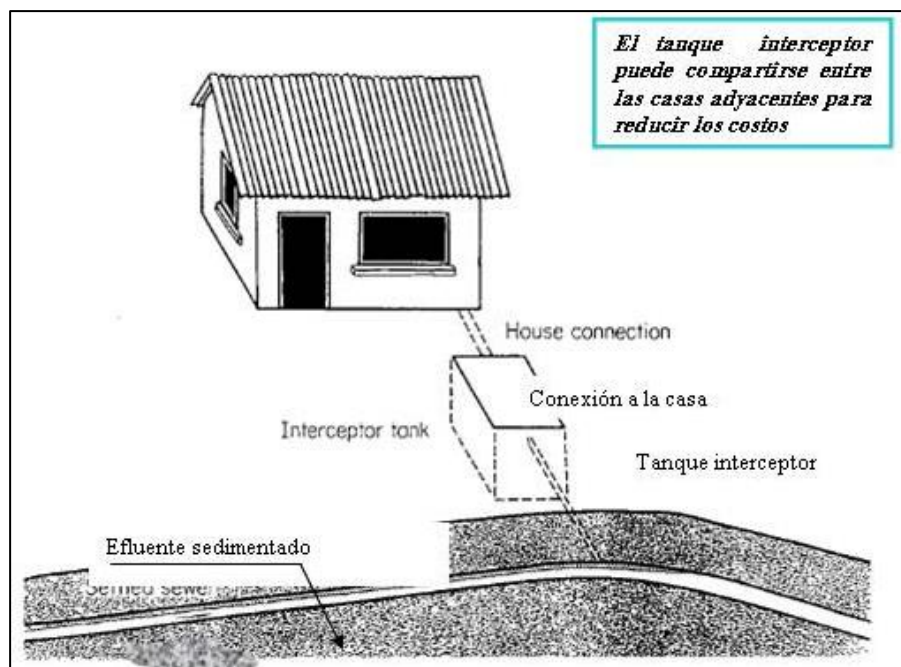


Figura 7. Conexión domiciliar en alcantarillado sanitario de diámetro pequeño
CEPIS, 2005

En Costa Rica sólo se permiten redes de alcantarillado sanitario separado y, aunque, esto eleve los costos de instalaciones mecánicas y duplica la red que existiría si fuera combinada, se evita que una PTAR tenga que lidiar con variaciones de caudal excesivas, ya que, como indica Tchobanoglous (1981) al comparar ambos sistemas convencionales, en el sistema combinado se da que **"los caudales punta y la relación del caudal punta con el caudal medio son mayores"** (p. 243). Esto implica mayor costo en una PTAR y posibilidad de rebalses en la PTAR.

Según el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales o Decreto 33 601, las viviendas unifamiliares y ciertas actividades comerciales e industriales definidas tienen permitido verter sus aguas residuales a los alcantarillados sanitarios debido a que estos son del tipo ordinario (Decreto 33 601, art. 5, 2017), es decir, se asocian a actividades humanas domésticas como aseo personal, inodoros, lavado de ropa, entre otros. Otras actividades pueden verter sus aguas residuales a los alcantarillados sanitarios si comprueban que los parámetros de sus aguas cumplen los límites establecidos en el Decreto 33 601. Estas actividades, en general, generan aguas residuales especiales, que son aquellas todas aquellas que no entran en el concepto de agua residual ordinaria.

Como parte de la terminología de elementos de una red de alcantarillado sanitario, López (2003) clasifica las tuberías de la manera que se muestra a continuación:

- Laterales o iniciales: Reciben el agua residual proveniente de los domicilios.
- Secundarias: Reciben caudal de dos o más laterales o iniciales.
- Colector secundario: Recibe caudal de dos o más tuberías secundarias.
- Interceptor: Colector (primario o secundario) paralelo a un río o canal.
- Colector principal: Capta caudal de dos o más colectores secundarios.
- Emisario final: Reúne todo el caudal y lo conduce al punto de entrega.

La Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial del AyA (2017) sintetiza la clasificación de redes de alcantarillado sanitario en tres tipos:

- Red terciaria o general: Recolecta el agua directamente de las viviendas, comercios u otros.
- Red secundaria o subcolectores: Recogen el agua residual de la red terciaria y la llevan a los colectores.
- Red primaria o colectores: Lleva el agua residual de los subcolectores hasta la PTAR.

Con respecto a las tuberías o conductos, existe una nomenclatura relacionada a ellas que se utiliza a lo largo de todo este trabajo final de graduación y se muestra en la Figura 8.

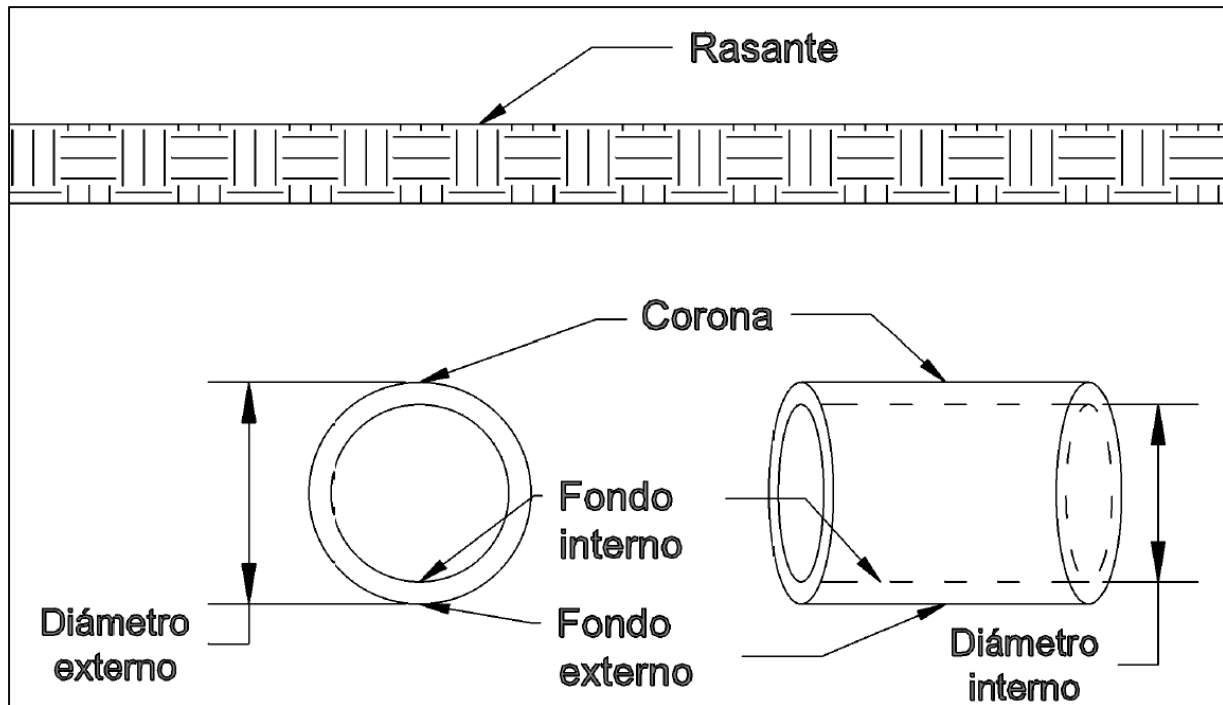


Figura 8. Nomenclatura relacionada a tuberías de alcantarillado sanitario

Otros elementos en medio de las redes de alcantarillado que funcionan en mejorar las conducciones y el mantenimiento del sistema son:

- Sifón sanitario: Son los primeros elementos que se colocan a la salida de la vivienda del usuario, en la acera pública, cuya función es ser un punto de inspección y evitar que los malos olores regresen por la tubería a la vivienda (AyA, 2017). La Figura 9 muestra un corte en elevación de un sifón y el señalamiento de sus partes, así como, lo que corresponde estar en vía pública y lo que corresponde estar dentro de la propiedad privada.

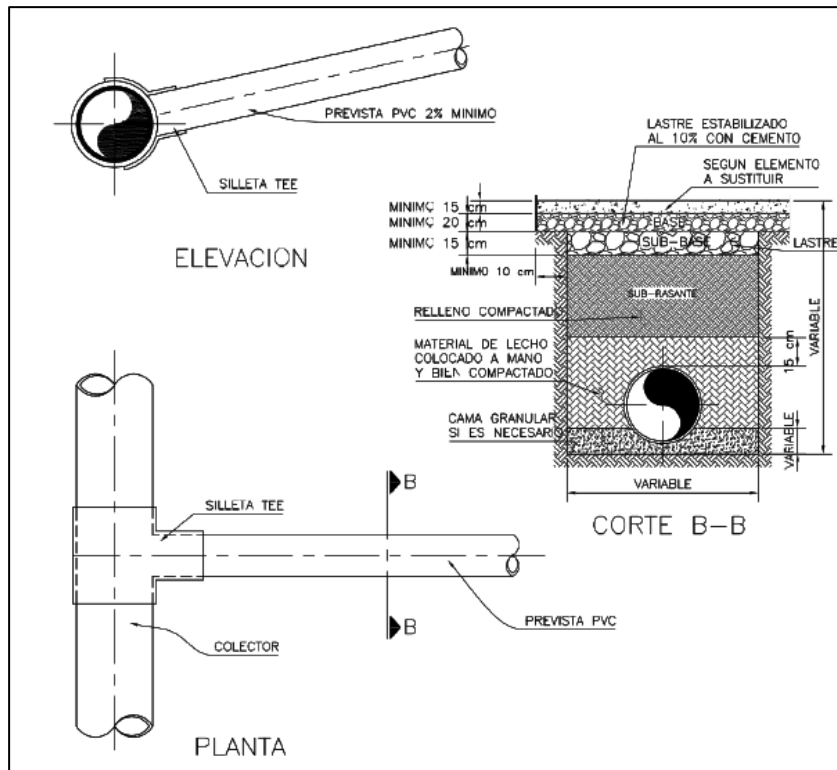


Figura 10. Detalle de prevista domiciliar

Fuente: AyA, 2017

- Pozos de registro: También llamados buzones o pozos de inspección, son elementos que permiten realizar labores de mantenimiento, inspección y limpieza en la red, así como, la unión de tuberías entre las cuales existe un cambio en la alineación horizontal, vertical, cambio de diámetro o sección transversal (López, 2003). La Figura 11 muestra el detalle de un típico pozo de registro sanitario del AyA.

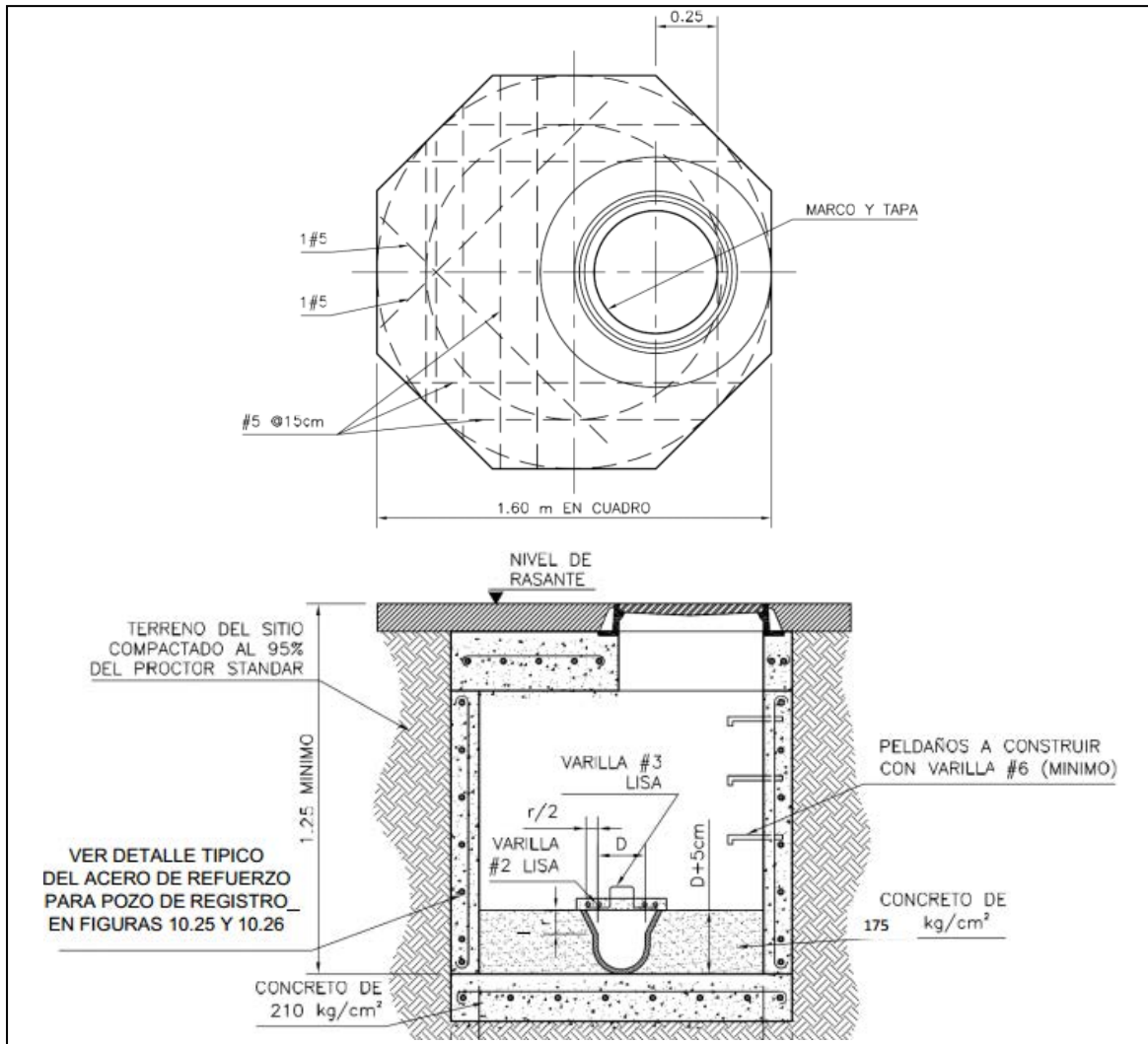


Figura 11. Detalle en elevación y planta de pozo de registro sanitario

Fuente: AyA, 2017

- Cámara de caída: Elementos que unen tuberías de alta pendiente que permiten un control en la velocidad del agua residual y evitar erosión en la tubería (López, 2003). Básicamente, resultan ser pozos de registro en donde las tuberías de entrada están a una cota superior de la tubería de salida.
- Estaciones de bombeo: Cuando la topografía no permite que las aguas residuales se conduzcan por gravedad hasta el punto de conexión de un sistema de alcantarillado sanitario existente, este elemento resulta ser una solución ante esta situación. Pueden ubicarse en calle pública o en un predio (AyA, 2017). Los elementos básicos en una estación de bombeo son:
 - Caja de válvula de entrada.

- Sistema de recolección de sólidos.
- Tanque cisterna o cámara húmeda.
- Caja de cachera de impulsión.
- Sistemas electromecánicos y mecánicos.
- Sistemas de control y protección.

En la Figura 12 se presenta una vista en planta y elevación, en detalle, de los elementos que componen una estación de bombeo.

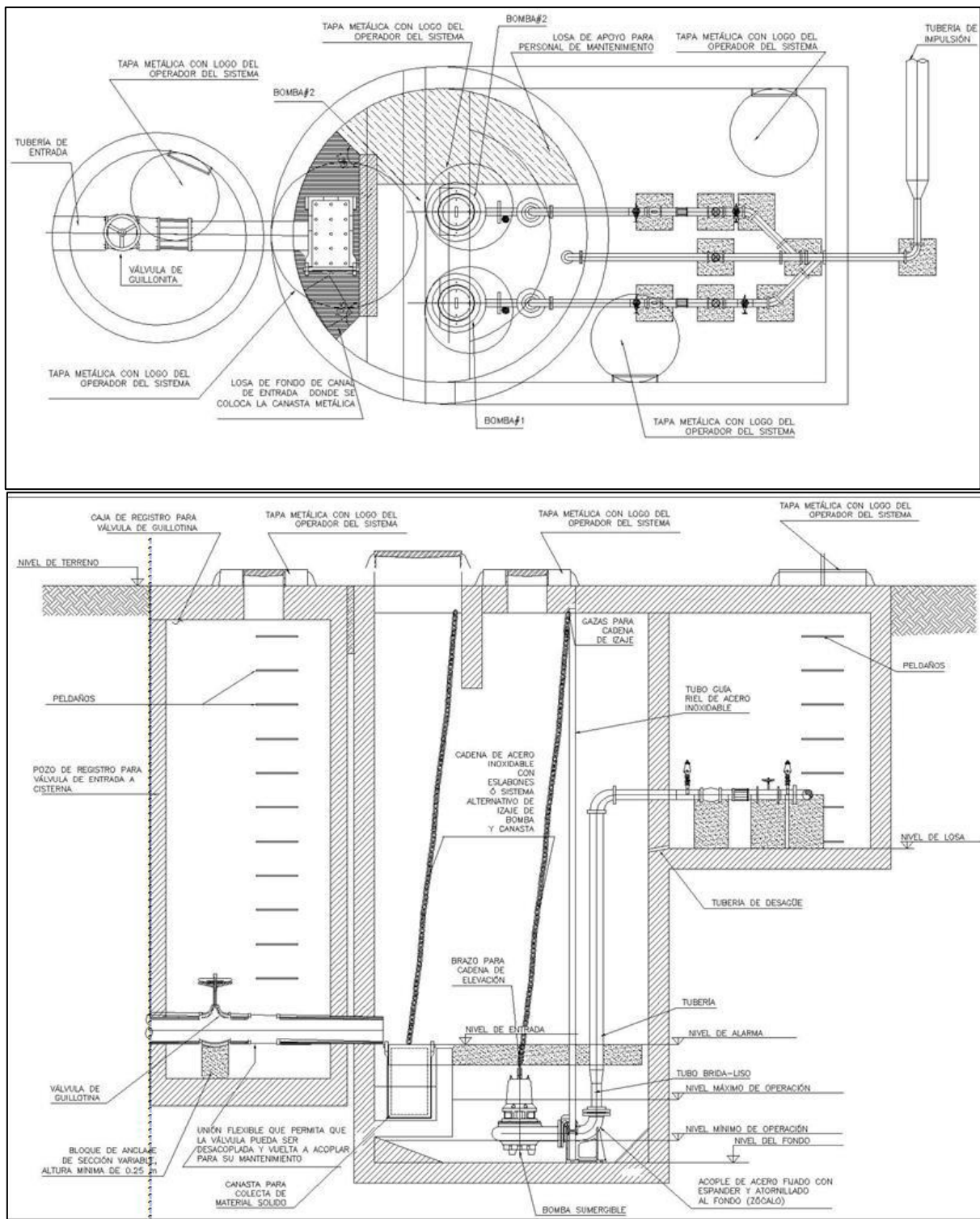


Figura 12. Vista en planta y elevación de los elementos presentes en una estación de bombeo en vía pública.

Figura: AyA, 2017

2.3 Diseño de un alcantarillado sanitario

El caudal de diseño (Q_{dis}) se calcula según lo acumulado hasta el pozo de registro aguas abajo considerando las siguientes contribuciones:

- Caudal de aguas residuales ordinarias (Q_{or}): Ya sean que provengan de residencias, comercios, instituciones o cualquier uso que genere este tipo de agua residual.
- Caudal de aguas residuales especiales tratadas previamente (Q_{es}): Por lo general, de industrias en donde los parámetros de las aguas residuales, después de tratadas, cumplen con los límites establecidos en el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales para que puedan hacer uso del servicio de alcantarillado sanitario.
- Caudal de contribuciones externas (Q_{ex}): Considera el aporte de otras redes de alcantarillado sanitario futuras o presentes.
- Caudal de infiltración (Q_{in}): Considera la entrada de agua que se puede dar a través de uniones de tuberías o fisuras.
- Caudal de conexiones ilícitas (Q_{ci}): López (2003) recomienda considerar la contribución que puede darse por vertidos de agua de lluvia en conexiones erradas o clandestinas al alcantarillado sanitario. Esto como una medida de seguridad en el diseño.

La manera de calcular cada uno de estos aportes se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Contribuciones al caudal de diseño y la manera de calcularlos

Q_{or}	
<ul style="list-style-type: none"> • Patrones de consumo del sitio o en su defecto dotaciones brutas. • Dotación bruta (Dot) en la GAM según AyA (2017): 375 L/personas/día. • Factor de retorno: 0,8 (AyA, 2017). Es decir, se considera que el 80% del agua consumida termina como agua residual. • Factor máximo diario (FMD): 1,2. • Factor máximo horario (FMH): 1,8. $Q_{or} = \text{Dot (L/persona/día)} * \text{Población (personas)} * \text{FR} * \text{FMD} * \text{FMH}$	
Q_{es}	Q_{ex}
Según cada actividad específica	Según lo estimado en redes presentes y futuras
Q_{in}	Q_{ci}
<ul style="list-style-type: none"> • Tuberías de concreto, PVC o PEAD: 0,25 L/s/km $Q_{in} = 0,25 \text{ L/s/km} * \text{Longitud tubería (km)}$	<ul style="list-style-type: none"> • López (2003) recomienda entre 0,1 a 0,2 L/s/ha a comunidades con alcantarillado pluvial o más de 2 L/s/ha donde no hay. • Es posible también 5 L/persona/día (López, 2003). $Q_{ci} = 0,2 \text{ L/s/ha} * \text{área tributaria (ha)}$

Por lo que el caudal de diseño se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{dis} = Q_{or} + Q_{es} + Q_{ex} + Q_{in} + Q_{ci} \quad (1)$$

Si el resultado de evaluar la ecuación 1 resulta menor a 1,5 L/s, se toma el valor de 1,5 L/s como caudal de diseño (AyA, 2017).

Algunos conceptos relacionados al diseño de alcantarillado sanitario que son requeridos saber son:

- Área mojada (A_m): Espacio ocupado por el agua en la sección transversal de una alcantarilla.
- Perímetro mojado (P_m): Perímetro de la sección transversal de la alcantarilla en contacto con el agua.
- Radio hidráulico (R): Relación entre área y perímetro mojados (A_m/P_m).
- Tirante hidráulico (d): Distancia perpendicular de la superficie del agua al punto más bajo de la alcantarilla.
- Espejo o ancho de lámina de agua (T): Anchura de la superficie del agua en sección transversal de la alcantarilla.
- Profundidad hidráulica (D): Relación entre área mojada y espejo de lámina de agua (A_m/T).

Estos conceptos se presentan en la Figura 13 en donde se muestra un dibujo de una sección transversal de una alcantarilla circular.

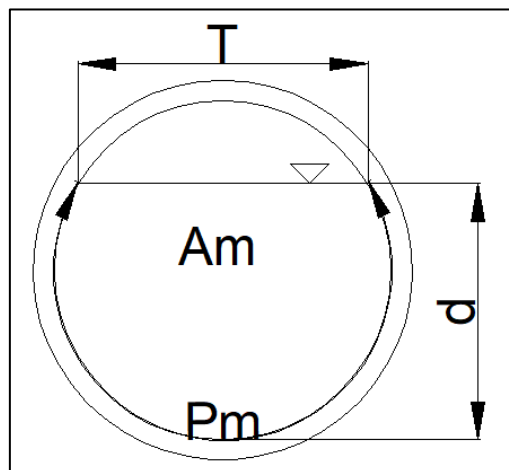


Figura 13. Dibujo de sección transversal de alcantarilla circular donde se señalan algunos conceptos

Otro concepto es la fuerza tractiva (también llamada fuerza cortante o fuerza de arrastre), la cual, se genera cuando el agua fluye en un canal y se desarrolla una fuerza sobre el lecho en

dirección del flujo (Chow, 1994). En otras palabras, la magnitud de esta fuerza podría arrastrar materiales que se encuentren en el fondo. El valor promedio de la fuerza tractiva por unidad de área mojada (llamada fuerza tractiva unitaria) se calcula con la siguiente fórmula.

$$\tau_0 = \gamma * R * S \quad (2)$$

En donde:

- γ : Peso específico del agua (kg/m³).
- R: Radio hidráulico (m).
- S: Pendiente de tubería (m/m).

Para efectos de este trabajo final de graduación, se considera el peso específico del agua residual igual a 1000 kg/m³.

La Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial del AyA indica algunos parámetros en el diseño de alcantarillados sanitarios que se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Parámetros de diseño de alcantarillado sanitario del AyA

<i>Velocidad</i>	<i>Tubería</i>
<ul style="list-style-type: none"> • No mayor a 5 m/s. • La mínima es la producida por la fuerza tractiva mínima de 0,1kg/m² (define la pendiente mínima también). 	<ul style="list-style-type: none"> • Profundidad mínima de 1,20 m de la rasante a la corona. • Diámetro mínimo de 150 mm. • No se puede reducir el diámetro con respecto a la tubería aguas arriba. • Deben estar por encima del pluvial, al menos a 20 cm de espacio libre.
<i>Pozos de registro</i>	<i>Tirante hidráulico</i>
<ul style="list-style-type: none"> • No más de 120 m uno de otro en vía pública. • No más de 40 m entre pozos en donde no ingresen vehículos. • Profundidad mínima: 1,25 m (1,30 m si es pozo de inicio). • Diámetro interno mínimo: 1,20 m (1,40 m con una caída). • Pueden tener más de una entrada, pero sólo pueden tener una salida. 	<ul style="list-style-type: none"> • No mayor al 75% del diámetro interno en el caudal de diseño.

Fuente: AyA, 2017

Otros aspectos de la norma del AyA para tener en cuenta con respecto a construcción y el espacio que abarca un sistema de alcantarillado sanitario son los siguientes:

- El ancho de zanja no puede ser mayor al diámetro más 50 cm (ejemplo: una de 150 mm, no se puede tener más de 65 cm de zanja) ni menor al diámetro más 40 cm (ejemplo: una de 150 mm, no se puede tener una zanja menor a 55 cm).

- Un pozo de 1,20 m de diámetro interno, sobre la rasante y en planta abarca un área similar al de una circunferencia de 1,60 m de diámetro aproximadamente, debido a la losa superior y la tapa (como se presenta en la Figura 11). Es decir, se asume que el espacio real que abarca un pozo resulta ser similar al de una circunferencia con un diámetro 0,40 m mayor al diámetro interno.

López (2003) indica que el número de Froude en la tubería debe mantenerse mayor a 1,1 y menor a 0,9 para mantener un flujo estable y evitar saltos o caídas hidráulicas. Entiéndase el número de Froude como el valor adimensional cociente de las fuerzas de inercia y las fuerzas de gravedad en la tubería. Un número de Froude menor a 1 se conoce como flujo subcrítico, mayor a 1 es supercrítico e igual a 1 es un flujo crítico.

Conservando el valor del número de Froude alejado de 1 se reduce la posibilidad de que haya un cambio de régimen de supercrítico a subcrítico (salto hidráulico) o viceversa (caída hidráulica). Dicho número es el resultado de la siguiente ecuación.

$$F = \frac{V}{\sqrt{gD}} \quad (3)$$

En donde:

- F: Número de Froude.
- V: Velocidad del fluido (m/s).
- g: Aceleración de la gravedad (m/s²).
- D: Profundidad hidráulica (m).

Dimensionar el diámetro de las tuberías se consigue al considerar los tramos entre pozos como canales, que escurren por gravedad como un flujo permanente y uniforme (velocidad y profundidad del agua constantes en el tiempo y espacio) donde se suele utilizar la ecuación de Gaukler-Manning (otra opción es la ecuación de Chézy).

$$Q = \frac{1}{n} * R^{2/3} * Am * S^{1/2} \quad (4)$$

En donde:

- Q: Caudal (m³/s).
- n: Coeficiente de rugosidad de Manning (s/m^{1/3})

- R: Radio hidráulico (m).
- Am: Área mojada (m²).
- S: Pendiente de tubería (m/m).

Al considerar la tubería totalmente llena (al punto máximo antes de que sea una tubería a presión, es decir, manteniendo la condición de un canal que fluye por gravedad) sucede lo siguiente con el radio hidráulico:

$$R_0 = \frac{Am}{Pm} = \frac{\frac{\pi}{4} * d_0^2}{\pi * d_0} = \frac{d_0}{4}$$

En donde:

- R₀: Radio hidráulico a tubo lleno (m).
- d₀: Tirante hidráulico a tubo lleno o diámetro interno de tubería (m).

Y si se evalúa R₀ en la ecuación 4 y se despeja d₀, se obtiene el diámetro teórico. Este despeje se muestra a continuación.

$$d_0 = \left(\frac{4^{5/3} * n * Q}{\pi * S^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (5)$$

Con el resultado de la ecuación 5 se elige una tubería comercial con el diámetro interno inmediatamente superior. Este diámetro interno comercial (d_{oc}) elegido se evalúa en la ecuación 4, suponiendo tubo lleno nuevamente, y se obtiene un caudal a tubo lleno (Q₀). Con este caudal, se calcula la velocidad a tubo lleno correspondiente al d_{oc} con la siguiente ecuación.

$$V_0 = \frac{Q_0}{\frac{\pi}{4} * d_{oc}^2} \quad (6)$$

Si se calcula la razón entre el caudal real o de diseño (Q) y el caudal a tubo lleno (Q₀), se pueden obtener resultados de varias relaciones hidráulicas para conductos circulares que permiten conocer la velocidad real, tirante hidráulico real, radio hidráulico real y profundidad hidráulica real. Es decir, con el resultado de Q/Q₀, se busca en el Cuadro 5 de relaciones hidráulicas de conductos circulares el valor correspondiente y este a su vez indica un valor de V/V₀, d/d₀, R/R₀ y D/d₀ en donde:

- V/V₀: Razón entre velocidad real y velocidad a tubo lleno.

- d/d_0 : Razón entre tirante hidráulico real y diámetro interno comercial.
- R/R_0 : Razón entre radio hidráulico real y radio hidráulico a tubo lleno.
- D/d_0 : Profundidad hidráulica real y diámetro interno comercial.

De esta manera, es cuestión de despejar el valor requerido de alguna de estas relaciones para conocer la condición real en que se desempeña una tubería de diámetro interno comercial ante un caudal de diseño específico.

Cuadro 5. Relaciones hidráulicas para conductos circulares

Q/Q ₀	V/V ₀	d/d ₀	R/R ₀	H/D	Q/Q ₀	V/V ₀	d/d ₀	R/R ₀	H/D	Q/Q ₀	V/V ₀	d/d ₀	R/R ₀	H/D
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,35	0,760	0,460	0,950	0,354	0,70	0,945	0,692	1,175	0,623
0,01	0,292	0,092	0,239	0,041	0,36	0,768	0,468	0,962	0,361	0,71	0,951	0,699	1,179	0,633
0,02	0,363	0,124	0,315	0,067	0,37	0,776	0,476	0,974	0,368	0,72	0,955	0,705	1,182	0,644
0,03	0,400	0,148	0,370	0,086	0,38	0,781	0,482	0,983	0,374	0,73	0,958	0,710	1,184	0,654
0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	0,39	0,787	0,488	0,992	0,381	0,74	0,961	0,719	1,188	0,665
0,05	0,453	0,182	0,449	0,116	0,40	0,796	0,498	1,007	0,388	0,75	0,955	0,724	1,190	0,677
0,06	0,473	0,196	0,481	0,128	0,41	0,802	0,504	1,014	0,395	0,76	0,969	0,732	1,193	0,688
0,07	0,492	0,210	0,510	0,140	0,42	0,806	0,510	1,021	0,402	0,77	0,972	0,738	1,195	0,700
0,08	0,505	0,220	0,530	0,151	0,43	0,810	0,516	1,028	0,408	0,78	0,975	0,743	1,197	0,713
0,09	0,520	0,232	0,554	0,161	0,44	0,816	0,523	1,035	0,415	0,79	0,980	0,750	1,200	0,725
0,10	0,540	0,248	0,586	0,170	0,45	0,822	0,530	1,043	0,422	0,80	0,984	0,756	1,202	0,739
0,11	0,553	0,258	0,606	0,179	0,46	0,830	0,536	1,050	0,429	0,81	0,987	0,763	1,205	0,753
0,12	0,570	0,270	0,630	0,188	0,47	0,834	0,542	1,056	0,436	0,82	0,990	0,770	1,208	0,767
0,13	0,580	0,280	0,650	0,197	0,48	0,840	0,550	1,065	0,443	0,83	0,993	0,778	1,211	0,783
0,14	0,590	0,289	0,668	0,205	0,49	0,845	0,557	1,073	0,450	0,84	0,997	0,785	1,214	0,798
0,15	0,600	0,298	0,686	0,213	0,50	0,850	0,563	1,079	0,458	0,85	1,001	0,791	1,216	0,815
0,16	0,613	0,308	0,704	0,221	0,51	0,855	0,570	1,087	0,465	0,86	1,005	0,798	1,219	0,833
0,17	0,624	0,315	0,716	0,229	0,52	0,860	0,576	1,094	0,472	0,87	1,007	0,804	1,219	0,852
0,18	0,634	0,323	0,729	0,236	0,53	0,865	0,582	1,100	0,479	0,88	1,011	0,813	1,215	0,871
0,19	0,645	0,334	0,748	0,244	0,54	0,870	0,588	1,107	0,487	0,89	1,015	0,820	1,214	0,892
0,20	0,656	0,346	0,768	0,251	0,55	0,875	0,594	1,113	0,494	0,90	1,018	0,826	1,212	0,915
0,21	0,664	0,353	0,780	0,258	0,56	0,880	0,601	1,121	0,502	0,91	1,021	0,836	1,210	0,940
0,22	0,672	0,362	0,795	0,268	0,57	0,885	0,608	1,125	0,510	0,92	1,024	0,843	1,207	0,968
0,23	0,680	0,370	0,809	0,273	0,58	0,890	0,615	1,129	0,518	0,93	1,027	0,852	1,204	0,995
0,24	0,687	0,379	0,824	0,280	0,59	0,895	0,620	1,132	0,526	0,94	1,030	0,860	1,202	1,027
0,25	0,695	0,386	0,836	0,287	0,60	0,900	0,626	0,136	0,534	0,95	1,033	0,868	1,200	1,063
0,26	0,700	0,393	0,848	0,294	0,61	0,903	0,632	1,139	0,542	0,96	1,036	0,876	1,197	1,103
0,27	0,706	0,400	0,860	0,300	0,62	0,906	0,639	1,143	0,550	0,97	1,038	0,884	1,195	1,149
0,28	0,713	0,409	0,874	0,307	0,63	0,913	0,645	1,147	0,559	0,98	1,039	0,892	1,192	1,202
0,29	0,720	0,417	0,886	0,314	0,64	0,918	0,651	1,151	0,568	0,99	1,040	0,900	1,190	1,265
0,30	0,729	0,424	0,896	0,321	0,65	0,922	0,658	1,155	0,576	1,00	1,041	0,914	1,172	1,344
0,31	0,732	0,431	0,907	0,328	0,66	0,927	0,666	1,160	0,585	1,01	1,042	0,920	1,164	1,445
0,32	0,740	0,439	0,919	0,334	0,67	0,931	0,672	1,163	0,595	1,02	1,042	0,931	1,150	1,584
0,33	0,750	0,447	0,931	0,341	0,68	0,936	0,678	1,167	0,604					
0,34	0,755	0,452	0,938	0,348	0,69	0,941	0,686	1,172	0,614					

Fuente: López, 2003

CAPÍTULO 3. PRESELECCIÓN DE ASENTAMIENTOS INFORMALES

La preselección consiste en determinar un conjunto de asentamientos informales (preseleccionarlos) a partir de una serie de criterios que los destaquen por tener indicios de avance en su consolidación e incluso con mayores posibilidades para su formalización. Esto sería un indicativo de que intervenir en la comunidad con un servicio de recolección de aguas residuales resulta favorable en su ejecución. Como se menciona en la sección 1.5.2, lo anterior no significa que los asentamientos fuera de la preselección se les deba negar la posibilidad de solucionar algún problema en servicios debido a su informalidad. Por el contrario, lo ideal es poder brindar esta solución a todos los asentamientos informales de una u otra forma, sin embargo, se debe establecer algún punto de inicio.

Para desarrollar esta fase, se toma como modelo la etapa de prediagnóstico de la metodología de abordaje del AyA (mencionada en la sección 2.1), que intenta distinguir entre asentamientos favorables para su intervención de los que no, sin embargo, a diferencia de la metodología del AyA, la preselección se implementa con información más general y en todos los asentamientos informales considerados a la vez.

Mediante una serie de criterios para evaluar se genera un proceso de descarte y priorización hasta llegar a la lista de las comunidades preseleccionadas en donde se indique aquellas con mayor preferencia para el desarrollo de la propuesta de alcantarillado sanitario.

Los criterios se crean desde una perspectiva general de localización, de consolidación de las viviendas y de características de la comunidad, los cuales, pueden evaluarse en todos los asentamientos informales identificados en la GAM mediante información disponible sin necesidad de visitas de campo. Los criterios también intentan destacar aquellos asentamientos informales con posibilidades de implementar una red de alcantarillado sanitario que pueda integrarse a un sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales existente. No obstante, se debe tener presente que este es sólo uno de los aspectos de infraestructura a implementar o mejorar en una posible intervención en una comunidad, sino que también la implementación de un mejor servicio de agua potable, electricidad, vías de acceso, habilitación de áreas verdes y alcantarillado pluvial.

Al preseleccionar un conjunto de asentamientos informales en esta fase, se eligen los de mayor prioridad para evaluar con criterios más específicos en la Fase de selección final, esto en el Capítulo 4.

En la Figura 14 se resume el procedimiento a seguir para seleccionar el asentamiento o los asentamientos en donde se propondría una solución para implementar alcantarillado sanitario y conectarlos a un sistema ya existente.



Figura 14. Procedimiento para la selección de asentamientos informales

3.1 Criterios de preselección

Estos criterios se clasifican desde 3 perspectivas:

1. Localización
2. Consolidación de viviendas
3. Características de la comunidad.

En el Cuadro 6 se enlistan los criterios en las 3 perspectivas mencionadas, que de cumplirse hacen elegible y quedaría preseleccionado al asentamiento informal.

Cuadro 6. Criterios para la preselección de asentamientos informales

<i>Localización</i>	<i>Consolidación de viviendas</i>	<i>Características de la comunidad</i>
1. No invade un Área Silvestre Protegida (ASP) ni zonas protegidas de cuerpos de agua, nacientes y captaciones de agua.	1. Disponibilidad de tubería de agua en la vivienda	1. Aceptable seguridad ciudadana.
2. Fuera de una zona de riesgo por amenaza natural.		2. Mayor Pobreza.
3. Proximidad a sistemas de alcantarillado sanitario público de la GAM.	2. Reducida proporción de viviendas tipo tugurio	3. Lugar de trabajo cercano
4. Bajas pendientes		4. Reducida proporción de población extranjera ¹

A continuación, se explica la forma de evaluar los criterios según las 3 perspectivas planteadas.

3.1.1 Criterios según localización

Los criterios de localización hacen elegible a un asentamiento informal para su preselección si este se encuentra fuera de una zona protegida, fuera de una zona de amenaza de riesgo natural, dentro o próximo de la cobertura de un sistema de alcantarillado sanitario público y que haya bajas pendientes en el área del asentamiento informal. Sin embargo, es probable que los asentamientos cumplan estos criterios de forma parcial, es decir, sólo una sección del área del asentamiento incumple con los criterios mientras que el resto sí los cumple.

En la Figura 15, se muestra un ejemplo de este caso mencionado con los asentamientos informales Linda Vista-Loma Gobierno/Pueblo Nuevo y El Sapo Triste/Pueblo Nuevo, donde los polígonos rojos representan los asentamientos, los cuales están parcialmente dentro de un Área Silvestre Protegida (ASP). La decisión que se toma en estos casos es descartar parcialmente al asentamiento informal, es decir, sólo la sección del asentamiento que cumple con los criterios podría ser elegible. Las viviendas en el área de estos asentamientos dentro del ASP requieren ser reubicadas, por eso no se consideran aptas para diseñar un alcantarillado sanitario.

El objetivo de los criterios de localización es estimar la cantidad de viviendas que aún podrían ser elegibles en cada asentamiento informal. Para estimar la cantidad de viviendas, ya sea en el área elegible o no elegible, se asume una distribución uniforme de las viviendas en toda el área del asentamiento informal, esto debido a que no se conoce el espacio ocupado por las

¹ Se aclara que este criterio no tiene relación con el hecho de ser extranjero, si no, con la dificultad para los habitantes de una comunidad informal en implementar la consolidación y formalización si estos son extranjeros con una condición irregular en el país. Más detalle de este criterio en la Sección 3.12.

viviendas ni por calles, alamedas, áreas comunes, entre otras. Así, a cada asentamiento se le calcula la densidad de viviendas por hectárea (1 hectárea = 10 000 m²) y al conocer un área determinada del asentamiento (ya sea el área elegible o no) se multiplica por esta densidad mencionada y da como resultado un estimado de la cantidad de viviendas en el área determinada.

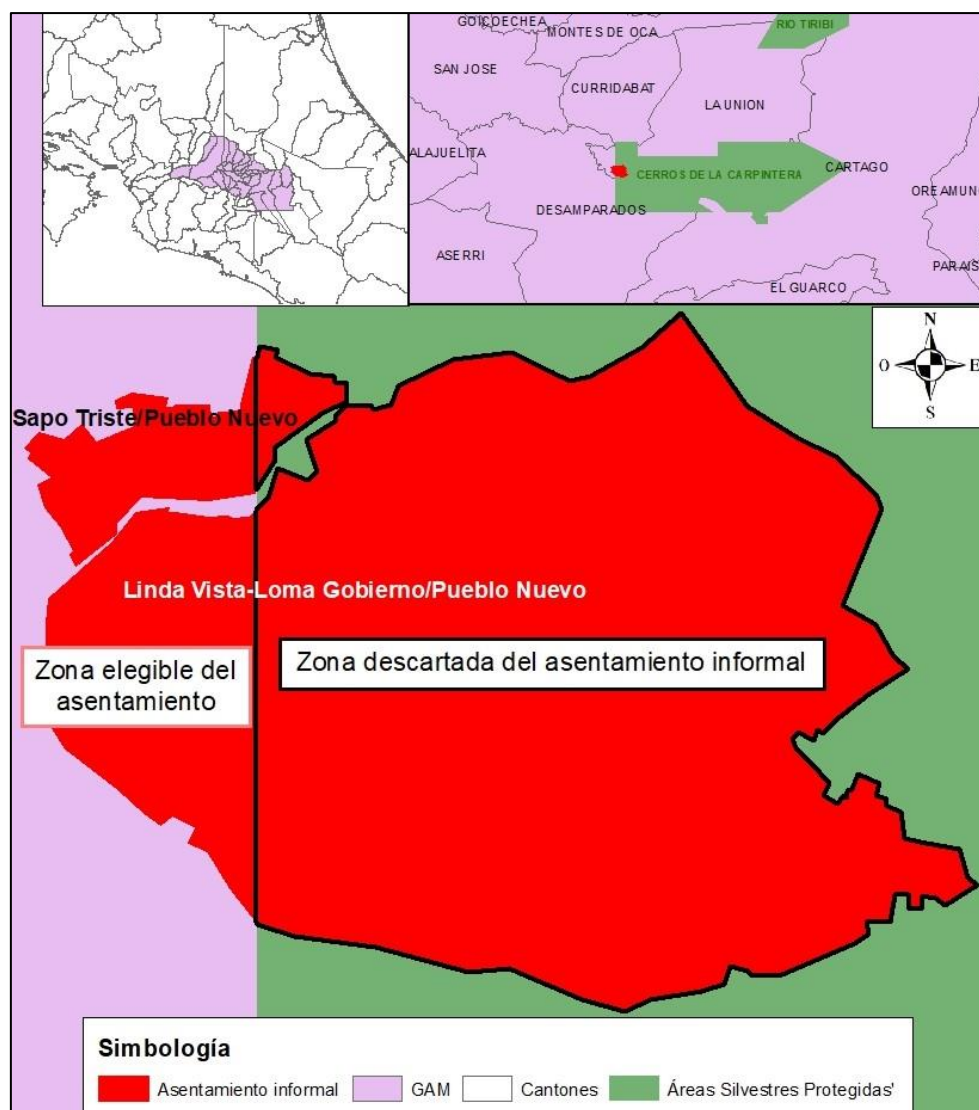


Figura 15. Ejemplo de descarte parcial de un asentamiento informal al invadir un ASP

Fuente: Atlas ITCR, 2008 y MIVAH, 2013

A continuación, se presenta un ejemplo de este cálculo con el asentamiento informal Linda Vista-Loma Gobierno/ Pueblo Nuevo.

$$\text{Viviendas ocupadas} = 1236 \quad \text{Área} = 22,2 \text{ ha}$$

$$Densidad = \frac{1236}{22,2} = 55,8 \text{ Viviendas/ha}$$

$$\text{Área invadiendo ASP} = 19 \text{ ha}$$

$$\text{Cantidad de viviendas ocupadas invadiendo ASP} = 55,8 \frac{\text{Viviendas}}{\text{ha}} * 19 \text{ ha} = 1060 \text{ viviendas}$$

$$\text{Cantidad de viviendas aún elegibles} = 1236 - 1060 = 176 \text{ viviendas}$$

Los asentamientos informales que contengan una mayor cantidad de viviendas tendrán prioridad durante la evaluación de criterios que brinden órdenes de priorización, ante igualdad de condiciones en la evaluación del propio criterio, como en el criterio de bajas pendientes o en el de reducida proporción de viviendas tipo tugurio.

3.1.2 Criterios según consolidación de viviendas

Los criterios de consolidación de vivienda se enfocan en comparar entre asentamientos informales, la existencia de tuberías de agua dentro de las viviendas (sin considerar la calidad del servicio ni tampoco si se da por medios lícitos o no) y estimar la cantidad de viviendas que se encuentran en condición de tugurio. Entre más reducida sea la cantidad de viviendas tipo tugurio y entre más viviendas con tubería de agua en ellas, más prioritario se vuelve el asentamiento a ser elegible, ya que, ambos criterios son señales de que se ha dado un avance de consolidación de los habitantes con respecto a las viviendas, haciendo del inmueble, un mejor lugar para habitar.

Es posible conocer las cantidades de viviendas que cumplen con estos criterios gracias a información del INEC.

La razón de elegir la disponibilidad de agua en las viviendas como criterio se debe a que dicha disponibilidad propicia un mayor consumo y, por lo tanto, a una mayor generación de aguas residuales, además, que al tener un ente que brinde el servicio de agua potable, permite considerarlo como el ente administrador del alcantarillado sanitario a proponer.

Con respecto a las viviendas tipo tugurio, entre menos de estas haya, se toma como indicativo de una mayor inversión en el sitio por los habitantes; de una mayor convicción de permanecer en el sitio y de mayor disposición en buscar mejoras a los servicios públicos.

Aspectos de infraestructura urbana como caminos, aceras y alcantarillado pluvial no se consideran debido a que requerirían de un estudio más detallado de sus condiciones en cada asentamiento informal, como se presenta en la propuesta de Reglamento de Renovación Urbana para el Plan Regulador de Alajuela. ProDUS (2017). En dicha propuesta se investiga, en cada comunidad considerada como Zona de Atención Especial en Alajuela, si se cumplen con una serie de condiciones para poder determinar que poseen servicios e infraestructura urbana. El alumbrado público o la electricidad en las viviendas es otro servicio que no se considera como criterio para comparar asentamientos debido a que su presencia, en mayor o menor medida, no influye en la posibilidad de conectar a un sistema de recolección de aguas residuales a la comunidad.

3.1.3 Criterios según características de comunidad

Los criterios de población tienen el objetivo de hacer destacar los asentamientos informales que más necesiten y obtengan mayor provecho de una intervención para la mejora de los servicios públicos debido a su vulnerabilidad social y que, además, la tramitación de una eventual formalización no sea un asunto entrabado o aún más difícil de llevar a cabo.

La forma de conocer valores para este criterio es a partir de información brindada por el INEC, a diferencia del criterio de tener una seguridad ciudadana aceptable, que se evaluará mediante información de fuentes alternas.

3.2 Conjunto inicial de asentamientos informales

El conjunto de asentamientos inicial debe cumplir con la delimitación espacial, es decir, localizarse dentro de la GAM. Para conocer la ubicación y el área que abarcan estos asentamientos informales se toma como fuente la capa de información geográfica o geodato brindado por el arquitecto Roy Jiménez del Departamento de Análisis Técnico de Vivienda del MIVAH, cuya información es del año 2013. Consiste en una base de datos donde los asentamientos informales se pueden ubicar geográficamente con la ayuda de un SIG y se representan por medio de polígonos que guardan a su vez información específica del asentamiento informal como población, viviendas, año de fundación entre otros. El SIG que se utiliza es ArcGIS 10.4.

Aunque el geodato mencionado anteriormente cuenta con ciertos datos específicos de cada asentamiento informal, no tiene los suficientes para la evaluación en esta etapa de

preselección. Por lo tanto, se utiliza la publicación del INEC llamada Principales Indicadores sobre Asentamientos Informales, del cual se extraen los datos de cada asentamiento informal. Dicha publicación es de acceso público en internet, creado a partir de la información recolectada en el X Censo Nacional de Población y el VI Censo de Vivienda del 2011 de Costa Rica y publicado en el 2013. Aunque esta publicación cuenta con su propio geodato de polígonos que ubican y definen la extensión territorial de cada asentamiento informal, este no se logra obtener debido a que no es de acceso público y por esta razón es que se utiliza el geodato del MIVAH.

Ambas fuentes de información (una del MIVAH y otra del INEC), discrepan sobre la cantidad de asentamientos informales e incluso en cantidad de viviendas o población para un mismo asentamiento informal. Esto se debe a que los datos de la publicación del INEC también hacen uso del geodato del MIVAH, pero, lo contrastan con información geográfica de la propia unidad de cartografía del INEC. Es así que, redefinieron la extensión territorial de cada asentamiento informal y luego, verificaron a cuáles Unidades Geoestadísticas Mínimas (UGM) estaban asociados, para luego asignarles la información del Censo correspondiente. Entiéndase como UGM a las divisiones territoriales mínimas de un grupo de viviendas, edificios, lotes o predios en las que se agrupa la información estadística del Censo (INEC, 2013).

Con el procedimiento anterior, también el INEC logra identificar nuevos asentamientos informales y considera ciertos conjuntos de asentamientos informales como si se trataran de un solo asentamiento mientras que el MIVAH los considera apartes y diferentes.

Debido a lo mencionado es que se sigue el procedimiento indicado en la Figura 16, para crear un conjunto inicial de asentamientos informales a los cuales evaluar en la Fase de preselección. Dicha fase involucra tanto la información geográfica que aporta el geodato del MIVAH como la información de datos en la publicación del INEC.

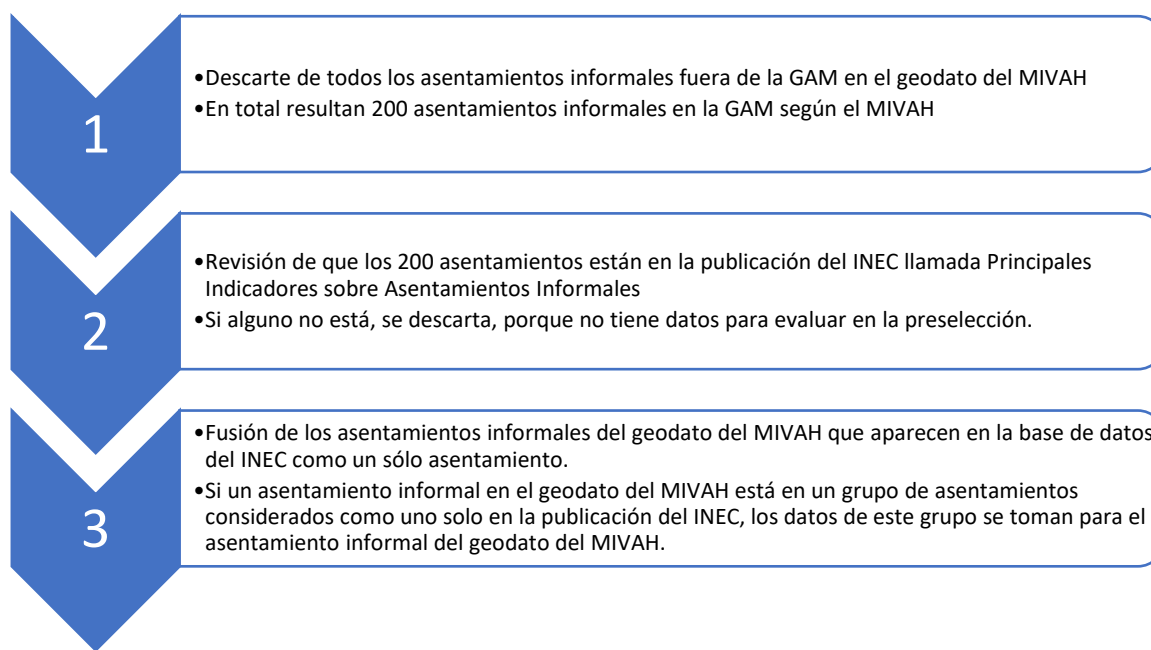
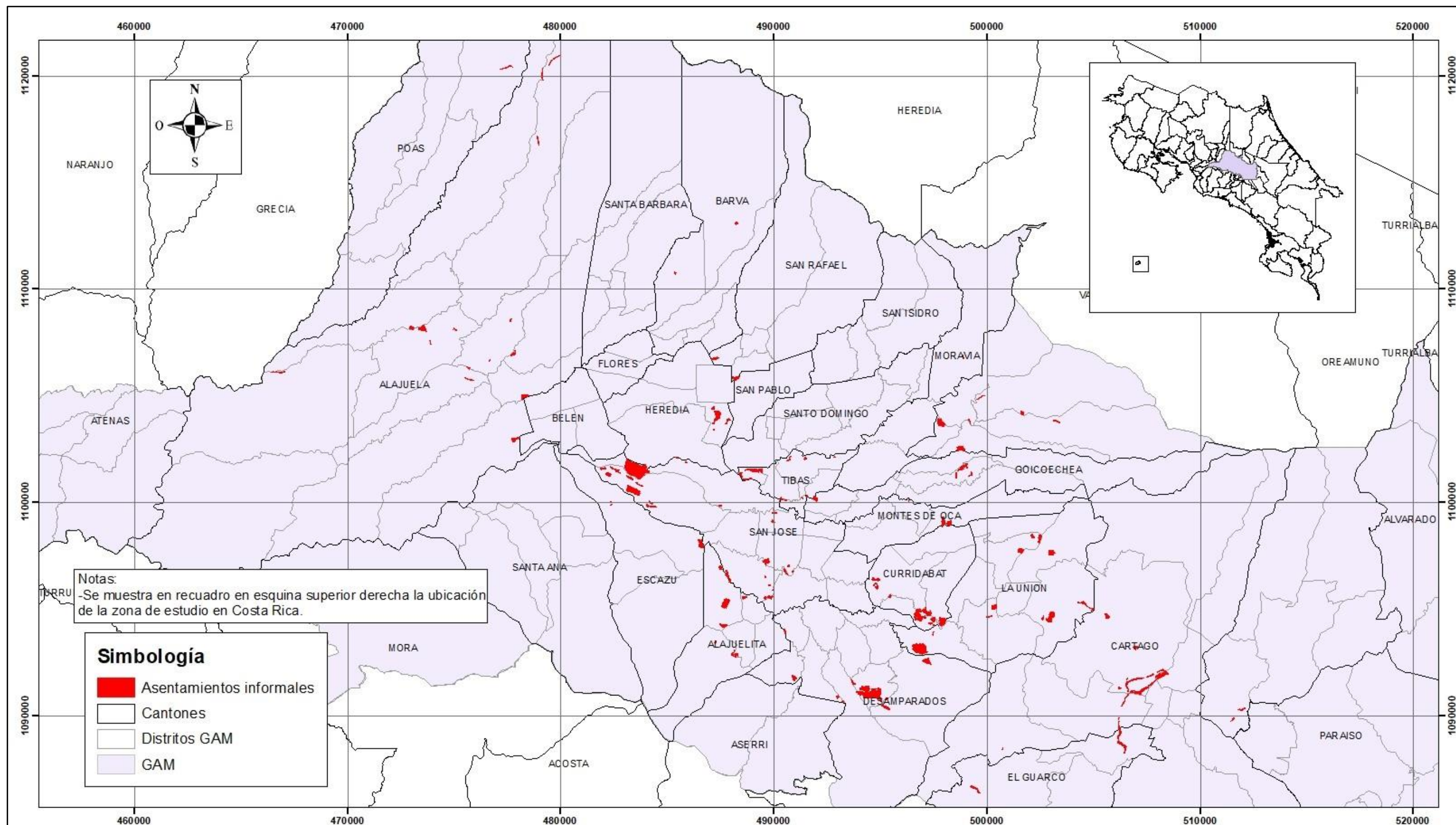


Figura 16. Procedimiento para obtener el conjunto inicial de asentamientos informales entre la fuente del INEC y del MIVAH

Con el procedimiento anterior se llega a tener 158 asentamientos informales, el cual será el conjunto inicial de asentamientos informales para evaluar los criterios de preselección. En el Cuadro A 14 en el Anexo 1 se muestra la lista completa, junto a su área comprendida, población, viviendas ocupadas, porcentaje de viviendas en precario, densidad de viviendas por hectárea (1 hectárea = 10 000 m²) y la ubicación por distrito, cantón y provincia. En el Mapa 1. Ubicación de los asentamientos informales en la Gran Área Metropolitana, se muestran los polígonos de todos los asentamientos que se consideran del conjunto inicial.



3.3. Criterio de localización respecto a no invadir un Área Silvestre Protegida (ASP) y zonas protegidas de cuerpos de agua, nacientes y captaciones

Cuando el área contemplada por un asentamiento informal traslapa con el área correspondiente a las zonas protegidas de ríos, quebradas, lagos, embalses, nacientes, captaciones o las ASP, pierde por completo la viabilidad de una renovación y formalización del lugar. Las leyes que amparan no traspasar los límites de estas zonas protegidas, para propósitos habitacionales, se mencionan a continuación:

En la Ley Orgánica del Ambiente, refiriéndose a las ASP, se autoriza al Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) a tomar las medidas necesarias para la prevención o eliminación de la ocupación o aprovechamiento de toda el área protegida con el fin de cumplir los objetivos para los cuales han sido establecidos (Ley 7554, art. 34, 1998).

Por medio de la Ley 7575 o Ley Forestal, en su artículo 33, se declara área de protección de una naciente permanente toda la zona alrededor de esta en un radio de 100 m medidos horizontalmente. Además, en ríos o quebradas, se declara área protegida una franja de 15 m correspondiente a zona rural o 10 m a zona urbana, medidos de forma horizontal hacia ambos lados de la ribera del río o quebrada. Sin embargo, lo anterior mencionado aplica para un terreno relativamente plano, si es relativamente quebrado (mayor a un 40% de pendiente según el Decreto 25 721 o Reglamento a la Ley Forestal), la franja es de 50 m independientemente de la zona. Para lagos o embalses naturales o artificiales (creados por el Estado y sus instituciones) se declara área de protección lo que se abarque en 50 m horizontales desde la ribera de estos cuerpos de agua.

El área en 200 m a la redonda de un sitio de captación de agua potable se declara reserva de dominio a favor de la Nación según el artículo 31 de la Ley 276 o Ley de Aguas de 1942.

Verificar cuáles asentamientos invaden zonas protegidas o ASP se realiza mediante información geográfica visualizada en ArcGIS 10.4 y utilizando la herramienta *Interseca* (Intersect en su versión en inglés) donde se obtiene una capa de información geográfica de las áreas de traslape entre asentamientos informales y zonas protegidas, con el cual se puede calcular el área y con ella la cantidad de viviendas.

3.3.1 Áreas Silvestres Protegidas

Un ASP es el “espacio geográfico definido, declarado oficialmente y designado con una categoría de manejo en virtud de su importancia natural, cultural y/o socioeconómica, para cumplir con determinados objetivos de conservación y de gestión” (Decreto 34 433, art. 3, 2008). Dichos objetivos y categoría de manejo generan una clasificación de las ASP según se establece en la Ley Orgánica del Ambiente o Ley N°7554 y del Decreto 34 433 o Reglamento a la Ley de Biodiversidad vigente desde 8 de agosto del 2008 se definen cada uno de los tipos de ASP. En la GAM se tienen los siguientes tipos de ASP:

- Reservas forestales: Áreas geográficas formadas por los bosques o terrenos de aptitud forestal cuyo fin principal es la protección de los recursos genéticos forestales para asegurar la producción nacional sostenible de los recursos forestales en el largo plazo, y por aquellos terrenos forestales que por naturaleza sean especialmente aptos para ese fin.
- Zonas protectoras: Áreas geográficas formadas por los bosques o terrenos de aptitud forestal, en que el objetivo principal sea la regulación del régimen hidrológico, la protección del suelo y de las cuencas hidrográficas.
- Parques nacionales: Áreas geográficas, terrestres, marinas, marino-costeras, de agua dulce o una combinación de éstas, de importancia nacional, establecidas para la protección y la conservación de las bellezas naturales y la biodiversidad, así como para el disfrute por parte del público. Estas áreas presentan uno o varios ecosistemas en que las especies, hábitat y los sitios geomorfológicos son de especial interés científico, cultural, educativo y recreativo o contienen un paisaje natural de gran belleza.
- Refugios nacionales de vida silvestre: Áreas geográficas que poseen ecosistemas terrestres, marinos, marino-costeros, de agua dulce o una combinación de estos. Sus fines principales serán la conservación, la investigación, el incremento y el manejo de la flora y la fauna silvestres, en especial de las que se encuentren en vías de extinción. Estos se clasifican en los Refugios de propiedad estatal, privada y mixta.

Las ASP que no se encuentran en la GAM son las reservas biológicas, monumentos nacionales, humedales, reservas y áreas marinas de manejo.

En el Mapa 2. Asentamientos informales y Áreas Silvestres Protegidas, se presenta la distribución entre las ASP presentes en la GAM y el conjunto inicial de asentamientos

informales. De los 158 asentamientos informales, solamente 5 traspasan los límites de un ASP. Los 5 asentamientos tienen parcial o totalmente su área dentro de la zona protectora de los Cerros de la Carpintera. En el Cuadro 7 se presenta el área en invasión de los asentamientos, así como las viviendas estimadas dentro de la zona protectora y las viviendas fuera de ella.

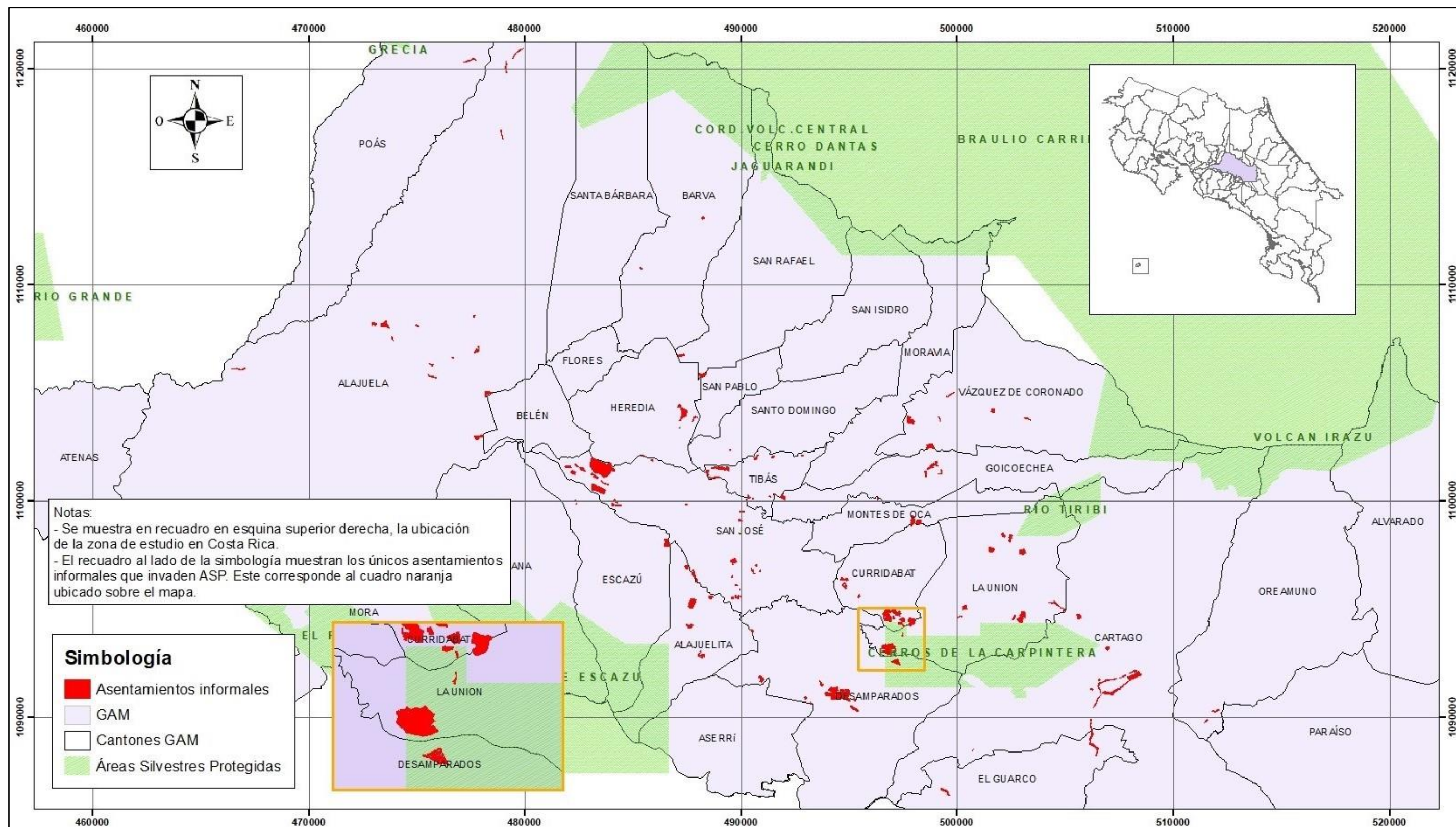
Cuadro 7. Viviendas de asentamientos informales en Áreas Silvestres Protegidas

<i>Nombre</i>	<i>Viviendas ocupadas</i>	<i>Densidad Viviendas/ha</i>	<i>*Área en invasión (ha)</i>	<i>Viviendas invadiendo</i>	<i>Viviendas no invadiendo</i>
Calle Garita	70	123,3	0,57	70	0
Kira de Castillo	87	79,1	1,08	86	1
El Sapo Triste - Pueblo Nuevo	207	139,6	0,32	44	163
Linda Vista - Loma Gobierno/Pueblo Nuevo	1236	55,8	18,99	1059	177
Proyecto Los Ángeles-El Quebrador	147	52,4	2,81	147	0

*Unidad de área utilizada en referencias bibliográficas como Plan GAM 2013 y PRUGAM

De los resultados anteriores, es claro que Calle Garita, Kira del Castillo y Proyecto Los Ángeles - El Quebrador son los primeros asentamientos que quedan fuera de la preselección, ya que todas sus viviendas están dentro de una ASP. Linda Vista-Loma Gobierno/Pueblo Nuevo tiene el 86% de sus viviendas en invasión, no obstante, aún 177 viviendas podrían resultar preseleccionadas para la implementación de un sistema de recolección de aguas residuales; incluso supera en cantidad de viviendas estimadas a El Sapo Triste-Pueblo Nuevo, donde solo el 21% de las viviendas están dentro los límites de la zona protectora, quedando con 163 viviendas como posibles candidatas de la preselección.

Después de esta evaluación, el conjunto de asentamientos informales pasa a ser de 155 y los asentamientos Linda Vista-Loma Gobierno/Pueblo Nuevo y El Sapo Triste-Pueblo Nuevo seguirán siendo evaluados en los siguientes criterios, pero considerando solamente las viviendas que no se encuentran en invasión.



Mapa 2. Asentamientos informales y Áreas Silvestres Protegidas

Elaborado por Farlin Dionisio Valverde Piedra

Fuente: Atlas ITCR, 2008.
MIVAH, 2013.

Coordenadas en proyección CRTM05

0 1,5 3 6 9 12 Km

Escala: 1:165.000

3.3.2 Zonas protegidas en captaciones y nacientes

La delimitación de estas zonas se define en la Ley de Aguas y en la Ley Forestal, para captaciones y nacientes correspondientemente, como se definió anteriormente.

De la misma manera que se hizo con las ASP, se pretende descubrir mediante la herramienta de geoprocésamiento *Interseca* de ArcGIS 10.4 el área en que se traslapan los asentamientos y estas zonas protegidas. Para esto es necesario conocer donde se ubican las captaciones y nacientes.

Sanabria (2017), en su trabajo final de graduación para la obtención del grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, cuyo propósito es la creación de una metodología para identificar territorios con potencial urbanístico para ubicar viviendas de interés social en la GAM, toma como ubicación de nacientes el punto donde comienzan los ríos y quebradas en la capa de información geográfica respectiva. Sanabria utiliza la misma capa de información geográfica de líneas de ríos que se utiliza en este trabajo, la cual proviene del proyecto Planificación Regional y Urbana de la Gran Área Metropolitana (PRUGAM), de las hojas cartográficas a escala 1:10 000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Así que, se adopta el criterio de Sanabria para la ubicación de las nacientes.

Con respecto a las captaciones de agua potable, la ubicación de estos se consulta en los reportes técnicos digitales de la Dirección de Aguas del MINAE, reflejándose como una capa de puntos en ArcGIS 10.4 que corresponden a concesiones en estado inscrito y otorgado de pozos, nacientes, ríos o quebradas para consumo humano bajo la administración del AyA y Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes (ASADAs). Dicha dirección tiene como función el otorgamiento de concesiones para el aprovechamiento de agua y fuerza hidráulica, así como los permisos de vertido, dictámenes de cuerpos de agua, permisos para realizar obras en cauces y permisos de descarga de agua de drenaje agrícola.

Al tener ubicación puntual de nacientes y captaciones, se utiliza la herramienta de geoprocésamiento de Zona de influencia en ArcGIS 10.4 (*Buffer* en la versión en inglés), que permite la visualización del área comprendida por los 100 m (en nacientes) y 200 m (en captaciones) a la redonda de cada punto. En el Mapa 3. Asentamientos informales y zonas protegidas de nacientes y captaciones, se presentan los 155 asentamientos informales junto con las áreas protegidas de nacientes y captaciones de agua.

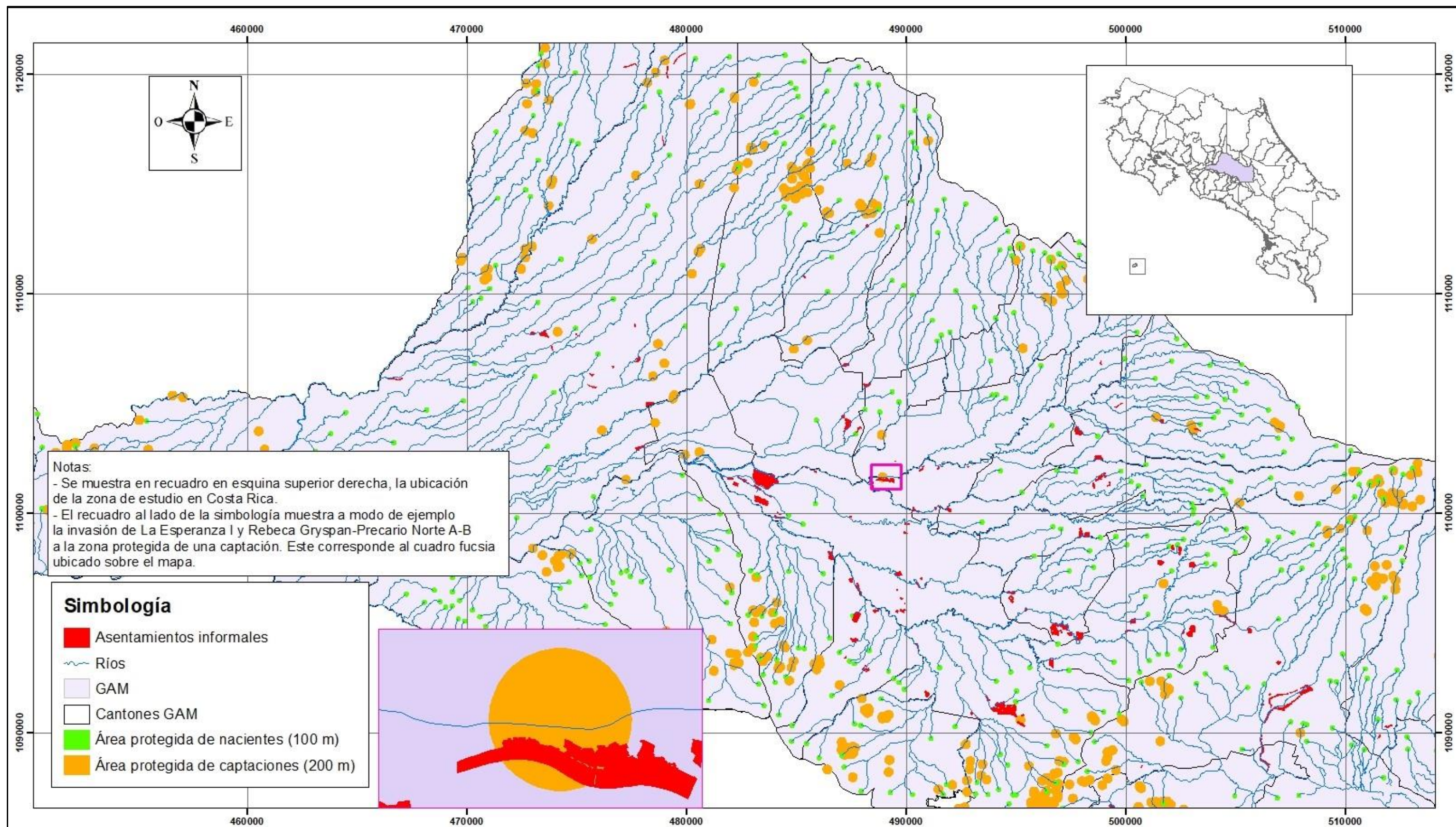
En el Cuadro 8 se muestran los asentamientos informales cuya área traslapa las zonas que se considera de protección de nacientes y de captación de agua potable, junto con la cantidad de viviendas estimadas dentro de dichas zonas.

Cuadro 8. Resultados de asentamientos informales en zonas protegidas de nacientes y captaciones

<i>Nombre</i>	<i>Zona protegida invadida</i>	<i>Viviendas ocupadas</i>	<i>Densidad Viviendas/ha</i>	<i>*Área en invasión (ha)</i>	<i>Viviendas invadiendo</i>	<i>Viviendas no invadiendo</i>
Barrio El Bosque	Captación	206	93,6	1,431	134	72
Barrio Las Gardenias	Captación	127	310,2	0,039	12	115
Buena Vista - El Ciprés/La Cima 2	Naciente	97	68,5	0,001	0	97
Calle Las Pavas - Barrio La Unión	Captación	88	183,2	0,205	38	50
La Cuenca Este	Naciente	421	361,6	0,047	17	404
La Esperanza I	Captación	114	60,1	1,493	90	24
Las Violetas	Naciente	200	32,8	0,646	21	179
Quebrada El Fierro	Captación	171	67,1	0,029	2	169
Rebeca Gryspan - Precario Norte A-B	Captación	699	238,6	0,838	200	499

*Unidad de área utilizada en referencias bibliográficas como Plan GAM 2013 y PRUGAM

Con base en los resultados anteriores, no hay descartes de asentamientos informales de forma completa, sin embargo, La Esperanza I es de los asentamientos en donde su preselección se ve más comprometida debido a las pocas viviendas que le restan en comparación al resto.



3.3.3 Zonas protegidas en cuerpos de agua

Plasmar la zona que se debe proteger en las riberas de ríos, quebradas, lagos o embalses en un SIG requiere de ciertos aspectos a considerar para cumplir con lo que se estipula en la Ley Forestal. Para esto se adoptan las mismas consideraciones de Sanabria (2017) para delimitar las zonas protegidas en ríos y quebradas.

La zona de protección de embalses y lagos es constante en todos ellos, por lo que se resuelve generando, con la herramienta de geoprocésamiento *Zona de influencia*, el área correspondiente a 50 m medidos horizontalmente desde la ribera sobre el terreno. No obstante, los ríos y quebradas requieren de la interpretación de la pendiente de las riberas y si se encuentran en una zona urbana o rural. Esto último presenta una mayor variabilidad de interpretación, ya que, como se expresa en el Plan GAM 2013, el modelo de esta región se debate entre lo urbano y lo rural sin identidad o centralidad definida (Consejo Nacional Planificación Urbana, 2013).

Sanabria (2017) propone utilizar el anillo de contención urbana, delimitado y propuesto en el Plan GAM 82, el cual consiste en un espacio geográfico donde se permitirían obras de infraestructura, urbanismo y expansión de las ciudades, dejando fuera de este anillo una Zona Especial de Protección para la producción agropecuaria, fuentes de agua subterránea y conservación de zonas boscosas y paisajes (Consejo Nacional de Planificación Urbana, 2013). Así que, lo que se encuentre dentro del anillo de contención se considera zona urbana y fuera de este, rural. También se consideran algunos desarrollos urbanos en la GAM que se ubican fuera del anillo de contención, correspondiendo generalmente con cabeceras de cantón, como zonas urbanas.

Antes de explicar la obtención de las pendientes promedio en las riberas de los ríos o quebradas en la GAM que definen si el terreno es quebrado o plano según la Ley Forestal, se debe aclarar el concepto de los datos tipo ráster y de la información que se debe obtener de antemano para poder calcular las pendientes de la GAM.

Los datos ráster son una matriz de celdas donde cada una contiene un valor que representa información sobre algo en específico, por ejemplo, pendiente del terreno. En la Figura 17 se muestra cómo es que se visualizan los datos ráster en un SIG como ArcGIS 10.4. Cabe mencionar que la cantidad de celdas es proporcional a la precisión de la información en total,

sin embargo, la carga de procesamiento computacional también es proporcional a la precisión demandada al ráster.

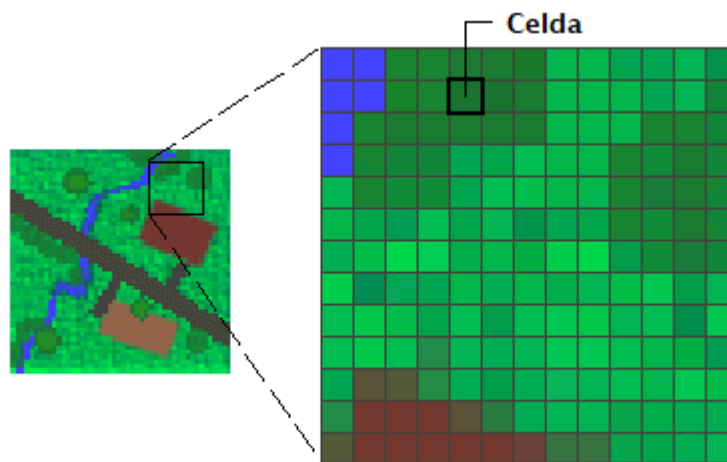


Figura 17. Visualización de datos ráster y acercamiento a una sección de estos datos

Fuente: ESRI, 2017
Modificado por Valverde, 2018

Para poder generar un ráster de pendientes es necesario el uso de curvas nivel, que, para un SIG, resultan en una capa información de polilíneas (conjunto de líneas segmentadas). Se utilizan las capas de curvas de nivel utilizadas por ProDUS en el proyecto PRUGAM que consisten en:

- Curvas de nivel a escala 1:10000, a cada 5 m, generadas por el IGN junto con Japan International Cooperation Agency (JICA) con una cobertura del 68% de la GAM, de 1989.
- Curvas de nivel a escala 1:25000, separadas a 10 m, generadas por el Centro Nacional de Información Geoambiental (CENIGA), en 1998, con una cobertura del 28% de la GAM.
- Curvas de nivel a escala 1:50000, separadas a cada 20 m, generadas por el IGN en 1967, con una cobertura del 4%.

Utilizando dichas capas y la herramienta de interpolación llamada *Topo a Raster* (Topo to Raster en la versión en inglés), es que se obtiene un ráster de elevaciones de terreno conocido como Modelo de Elevación Digital (MED). Con el MED y la herramienta de ArcGIS 10.4 llamada *Pendiente* (Slope en la versión en inglés) se obtiene el ráster de pendientes para la GAM.

Se retoma la capa de ríos utilizada para conocer las nacientes en la sección 3.3.2, y con la herramienta de geoprocésamiento de *Zona de Influencia*, se genera un área que abarca 50 m horizontales en cada lado de los segmentos o líneas que forman la capa de polilíneas de ríos. Luego, con la herramienta de *Estadísticas Zonales* (Zonal Statistics en la versión en inglés), la cual permite calcular valores estadísticos de los datos de un ráster dentro de una zona específica, se utiliza para obtener el valor promedio del ráster de pendientes dentro de las zonas de influencia creadas en los segmentos de la capa de ríos. El resultado de esta herramienta es un nuevo ráster con las pendientes promedio en las riberas (hasta 50 m a cada lado) de cada segmento de la capa de ríos.

Después se distinguen aquellos segmentos de las riberas de ríos con pendientes mayores y menores a 40% (valor que determina un terreno quebrado de uno plano, según el Decreto 25 721 o Reglamento a la Ley Forestal) y si está en zona urbana o rural para así saber si la zona de protección está dentro de los 10, 15 o 50 m en cada lado de los ríos o quebradas, para así generar con la herramienta *Zonas de Influencia*, los retiros de 10m y 15m, que son los que faltarían por hacer. En la Figura 18, se presenta un diagrama que resume todo el procedimiento mencionado anteriormente.

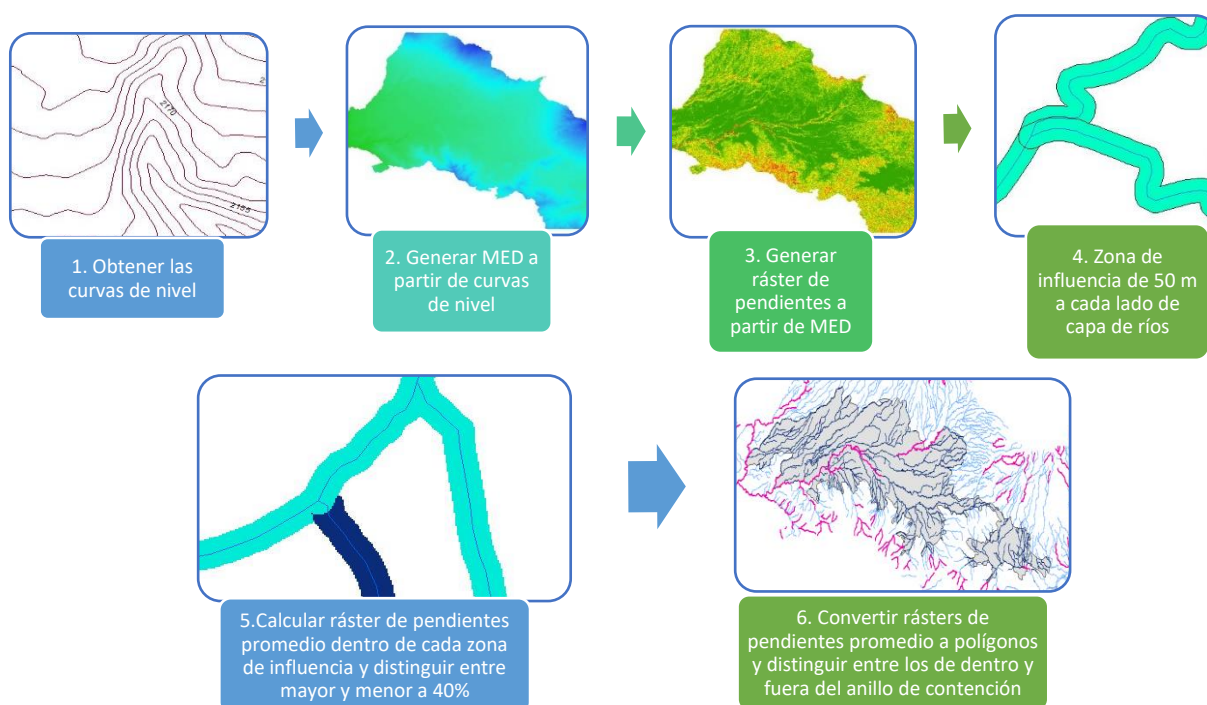
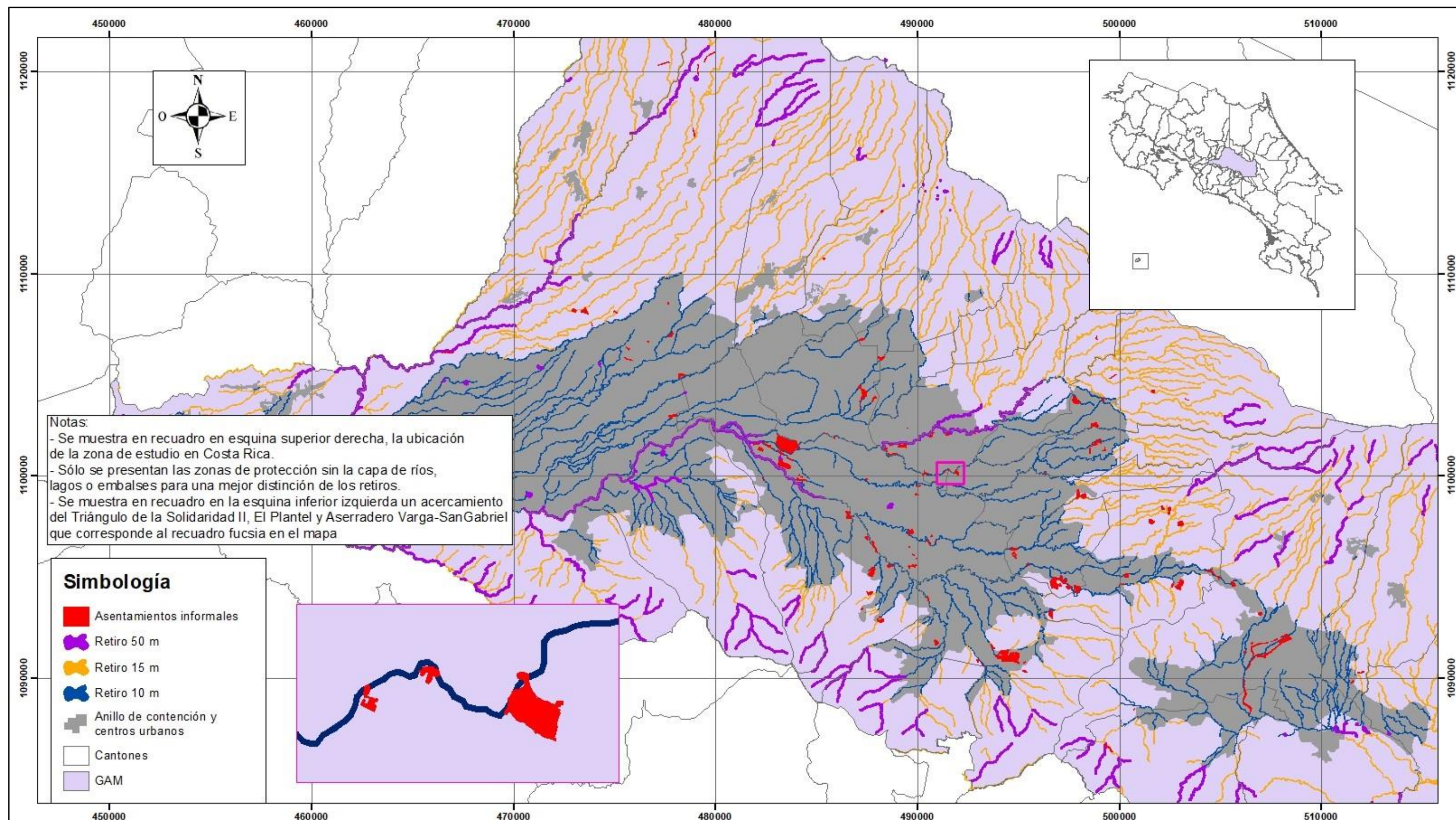


Figura 18. Diagrama del procedimiento de cálculo de zonas de protección de ríos

En el Mapa 4. Asentamientos informales y zonas protegidas de cuerpos de agua, se muestran las capas de información de los asentamientos informales y las zonas protegidas, en donde, utilizando la herramienta *Intersecar* de ArcGIS 10.4, se conoce en donde existe traslape entre ambos. La capa de información de lagunas y embalses se obtiene del Atlas del ITCR del 2008.

En el Anexo 1, en el Cuadro A 15, se presenta el listado de los asentamientos informales en invasión de las zonas protección de los cuerpos de agua. En estos resultados, ningún asentamiento está totalmente descartado y el caso más crítico es el de la comunidad de Santa Gertrudis-Santa Fe-Diques Sur, donde el 68,8% de las viviendas están en invasión, pero aún le restan 54 viviendas con posibilidad de intervención.



Mapa 4. Asentamientos informales y zonas protegidas de cuerpos de agua
Elaborado por Farlin Dionisio Valverde Piedra

Fuente: Atlas ITCR, 2008. MIVAH, 2013.
PRUGAM, 2007
Coordenadas en proyección CRTM05

0 1,75 3,5 7 10,5 14 Km
Escala: 1:176.000

3.4 Criterio de localización respecto a estar fuera de una zona de riesgo por amenaza natural

La Ley 4240 o Ley de Planificación Urbana, establece en su artículo 58, inciso 5, que ninguna **municipalidad debe permitir construcciones** “En tanto lo vede alguna limitación impuesta por reserva uso público o una declaratoria formal de inhabitabilidad del área, motivada en renovación urbana o protección contra inundaciones, derrumbes y otros peligros evidentes.” (Ley 4240, 1968, art. 58). Esto en conjunto con lo planteado en la sección 1.1.2, donde se menciona que la renovación urbana también procura reducir el riesgo por amenaza natural es que se decide descartar aquellas zonas de los asentamientos informales que se encuentren en sitios declarados bajo amenaza de deslizamiento, inundaciones, volcanes o de fallas geológicas, por la CNE.

Mediante la georreferenciación de los mapas a escala 1:50 000 en formato PDF, obtenidos de la página en internet de la CNE, categorizados por cantón, es que se pueden ubicar las zonas bajo amenaza.

3.4.1 Zonas bajo amenaza sísmica y volcánica

Se debe aclarar que las zonas bajo amenaza sísmica están referidas a las áreas cercanas a la traza de una falla. Según la Red Sismológica Nacional (RSN), una falla o falla tectónica o falla geológica **es la “superficie de ruptura** de la corteza terrestre donde se produce un movimiento **diferencial entre dos bloques adyacentes”** (RSN, 2015).

En estas zonas hay una mayor probabilidad de ocurrencia de fenómenos como deslizamientos, flujos de lodos y ruptura de superficie de falla (ProDUS, 2017). Además, teniendo en cuenta que el hipocentro es el punto dentro de la corteza terrestre, donde comienza la ruptura de una falla y que libera energía mecánica de forma súbita produciendo un sismo y siendo que el epicentro del sismo es el punto en la superficie directamente encima del hipocentro (RSN, 2015), significa que el área (y por lo tanto las estructuras) en la superficie, cercana a una falla tectónica, tiene mayores probabilidades de recibir las mayores intensidades posibles de cada sismo.

Considerando lo anteriormente mencionado, se adopta el criterio de Sanabria (2017) para establecer una zona de retiro de las fallas tectónicas. Sanabria se basa a su vez en el lineamiento dado en el Protocolo para la Zonificación y Restricción al uso de suelo o en el

ámbito territorial inmediato a fallas geológicas activas del Decreto 32 967 o Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (Manual de EIA). Las fallas activas son aquellas que han tenido actividad durante los últimos 10 000 años (Holoceno) que se diferencian de las fallas potencialmente activas o fallas neotectónicas que ha tenido actividad durante el Cuaternario, es decir, desde hace 1,6 millones de años.

El criterio de Sanabria, basado en el Protocolo, establece una zona de seguridad de 50 m en ambos lados de la traza. Aunque el Protocolo especifica que esto debe hacerse para fallas donde no se hayan hecho estudios más detallados como lineamiento de prevención inicial y de querer reducir esta zona se debe realizar un estudio geológico-neotectónico.

Con respecto a la amenaza volcánica, la GAM, no es ajena a las afectaciones de este tipo debido a su cercanía con la Cordillera Volcánica Central. Procurando la reducción del riesgo, no se consideran las viviendas de los asentamientos informales que se encuentren dentro de las áreas de influencia directa de los volcanes, establecidas según la CNE. Los tipos de amenazas producto de la actividad volcánica, según la CNE (2015), son:

- Caída de rocas piroclásticas o tefras.
- Lanzamiento de proyectiles.
- Ondas de choque atmosféricas.
- Descargas eléctricas atmosféricas.
- Coladas de lavas y domos.
- Flujos piroclásticos, Lahares y avalanchas
- Lluvia ácida.
- Terremotos
- Deformación de la corteza, grietas o formación de nuevos cráteres.

En el Mapa 5. Asentamientos informales y zonas de amenaza sísmica y volcánica se presentan todos los asentamientos informales hasta este punto de la evaluación y las zonas que deberían estar libres de viviendas por las amenazas mencionadas. La capa de volcanes se obtiene del Atlas del ITCR del 2008 y se incluyen diferentes tipos de formaciones volcánicas.

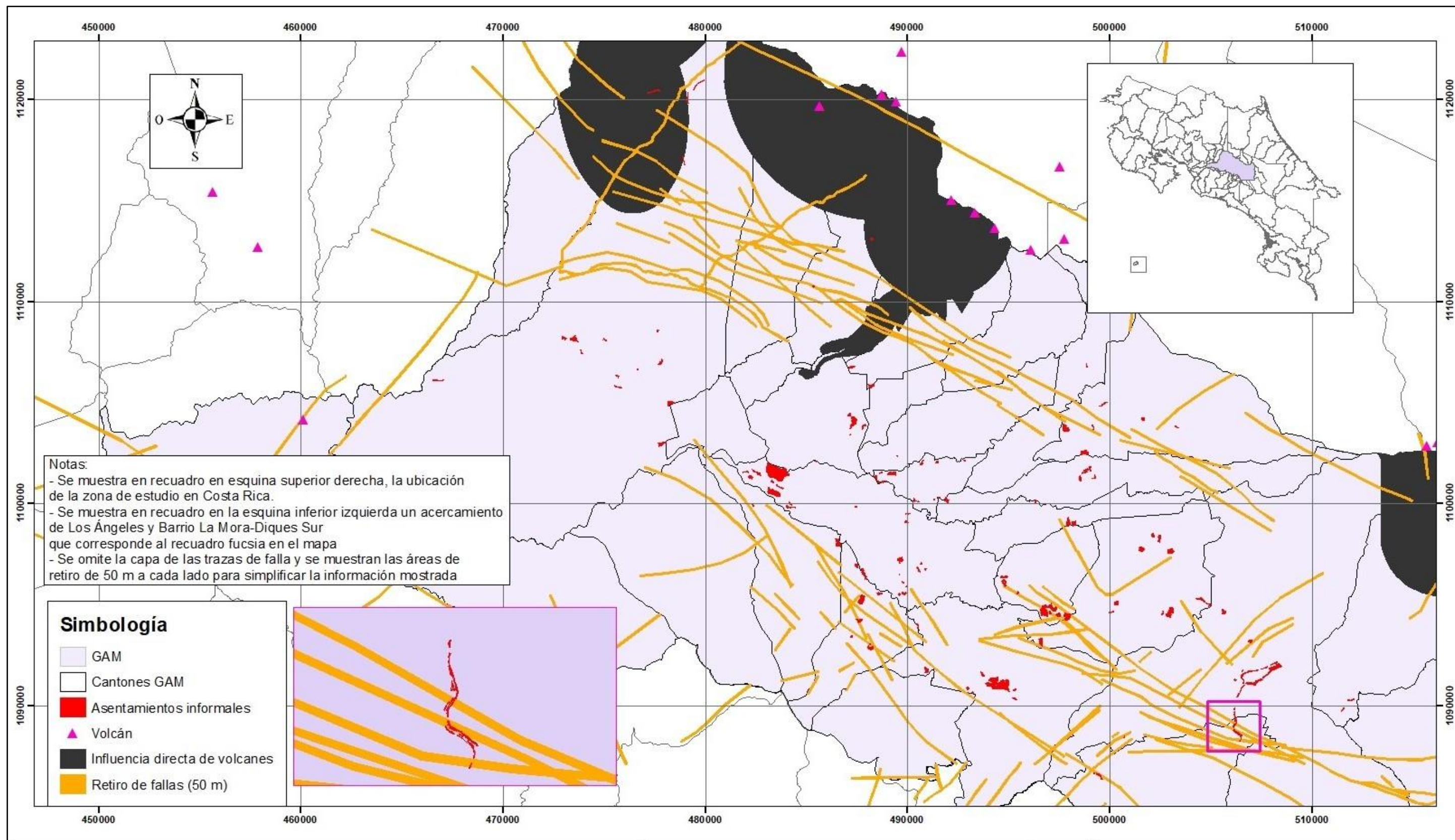
Utilizando la herramienta *Interseca* de ArcGIS 10.4 con la capa de asentamientos informales y la capa de áreas de amenaza sísmica y volcánica obtenida de la información de la CNE, se obtiene como resultado que 3 asentamientos informales deben ser descartados

completamente, siendo estos Bethel –Lotes de Caro Quintero, La Pradera y Caserío San Isidro- Proyecto San Isidro, ya que, toda el área de cada uno de ellos se encuentra dentro de estas zonas de amenaza. Así que, el conjunto pasa a ser de 152 asentamientos informales y en el Cuadro 9, se enlistan los resultados de la evaluación de este criterio.

Cuadro 9. Listado de asentamientos informales en zonas de amenaza sísmica y volcánica

<i>Nombre</i>	<i>Zona amenaza</i>	<i>Viviendas ocupadas</i>	<i>Densidad Viviendas/ha</i>	<i>*Área en amenaza (ha)</i>	<i>Viviendas en amenaza</i>	<i>Viviendas sin amenaza</i>
Bethel - Lotes de Caro Quintero	Volcánica	32	86,0	0,4	32	0
Barrio Ángeles - Cementerio	Falla	156	900,4	0,02	14	142
Barrio La Mora-Diques Sur	Falla	137	61,5	0,77	47	90
Caserío San Isidro- Proyecto San Isidro	Falla	21	49,0	0,43	21	0
Cuesta del Triunfo	Falla	274	192,0	0,25	47	227
El Jazmín Blanco	Falla	126	51,7	1,10	57	69
El Nisperal - El Bodocal	Falla	64	39,6	0,76	30	34
Gloria Bejarano - Barrio San José	Falla	699	256,1	0,26	65	634
La Cascabela o Pueblo Alegre	Falla	143	83,0	0,20	17	126
La Pradera	Volcánica	118	167,8	0,7	118	0
Linda Vista - Loma Gobierno/Pueblo Nuevo	Falla	177	55,8	0,04	2	175
Llano de la Gloria	Falla	235	116,7	0,45	53	182
Miravalles 1/Miravalles 2	Falla	107	13,2	1,74	23	84
Pocosol	Volcánica	177	269,8	0,2	44	133
Ponderosa 1/Ciudadela El Higuérón	Falla	578	180,7	1,25	226	352
Ponderosa 2	Falla	171	63,2	0,23	14	157
Ponderosa 3	Falla	45	19,4	1,11	22	23
Santa Cecilia	Falla	63	136,2	0,19	26	37
Santa Fe o Corazón de Jesús	Volcánica	273	298,3	0,2	53	220
Santa Gertrudis - Santa Fe-Diques Sur	Falla	54	198,6	0,07	13	41
Santa Teresita 1 y 2	Falla	361	153,4	0,46	71	290
Valle del Sol	Falla	75	100,8	0,46	47	28

*Unidad de área utilizada en referencias bibliográficas como Plan GAM 2013 y PRUGAM



Mapa 5. Asentamientos informales y zonas de amenaza sísmica y volcánica

Elaborado por Farlin Dionisio Valverde Piedra

Fuente: Atlas ITCR, 2008. CNE, 2013.
MIVAH, 2013. Plan GAM, 2013
Coordenadas en proyección CRTM05

0 1,75 3,5 7 10,5 14 Km

Escala: 1:176.000

3.4.2 Zonas bajo amenaza de inundación y deslizamiento

Según el diagnóstico del proyecto PRUGAM, las presiones demográficas, aunadas con la pobreza, la migración de la población en las zonas rurales hacia el centro del país y un crecimiento urbano sin ninguna planificación ha provocado que, como consecuencia, se haya urbanizado en zonas vulnerables a amenazas naturales, especialmente inundaciones y deslizamientos (Consejo Nacional de Planificación Urbana, 2008).

Barrantes y Vargas (citado por Consejo Nacional de Planificación Urbana, 2008), indican que en la GAM existen 2 problemas identificados con respecto a las inundaciones. En primer lugar, la inexistencia, insuficiente capacidad del sistema de alcantarillado pluvial o su falta de mantenimiento; así como la ineficiencia en la limpieza de vías y la falta de reposición de rejillas en tragantes. Y, en segundo lugar, el desborde de los ríos y el rápido alcance del agua a las viviendas establecidas en las riberas. Es decir, una infraestructura inexistente o que no está apta para evacuar los caudales producidos por la lluvia junto con un crecimiento urbanístico sin previsión, provocan el surgimiento de esta amenaza, en donde, la falta de mantenimiento empeora la situación, lo que genera desbordes y la consecuente inundación.

El proyecto PRUGAM también diagnostica que los deslizamientos también están relacionados con la urbanización desmedida y sin planificación, sobre todo en las márgenes de los ríos. La desestabilización de terrenos puede ocurrir por factores como la lluvia, sismos o actividad volcánica o como consecuencia de la acción humana, por ejemplo, la deforestación o sobrecargas a terrenos empinados.

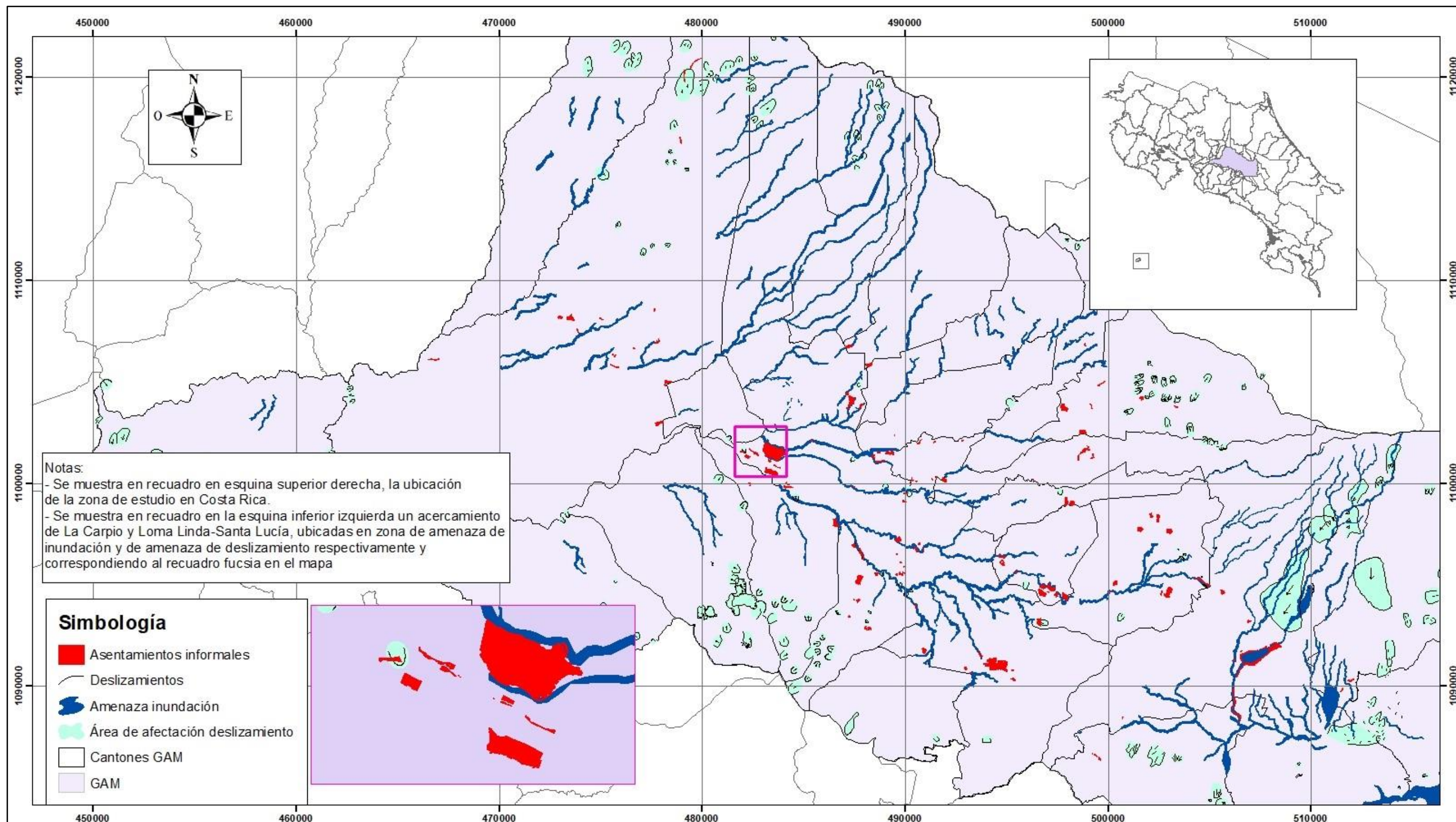
La capa de información de inundaciones obtenida de la CNE presenta las zonas donde es potencialmente inundable, cerca de los ríos o quebradas. Con respecto a deslizamientos, los mapas de la CNE presentan una capa de líneas para su representación. No obstante, se adopta el criterio de Sanabria (2017), en el que se crea una capa de información geográfica de áreas de amenaza de deslizamiento a partir de conglomerados aproximados en donde existiera concentración de líneas. Dicha capa de líneas de amenaza de deslizamientos se conforma de las siguientes zonas:

- Coronas de deslizamiento
- Inestabilidad de laderas
- Amenaza de avalancha
- Flujos de lodo

- Susceptibilidad de licuefacción.

En el Mapa 6. Asentamientos informales y zonas de amenaza de inundación y deslizamiento, se muestran los 152 asentamientos informales hasta el momento, junto las áreas delimitadas como de potencial amenaza. A partir de este mapa, con la herramienta *Intersecar* de ArcGIS 10.4, se calculan las áreas en cada asentamiento dentro de cada zona de amenaza.

Los resultados determinan que 7 asentamientos informales están totalmente bajo alguna amenaza y por lo tanto quedan descartados de la preselección, por lo que, para el siguiente criterio se toman los 145 asentamientos informales restantes para evaluar. En el Anexo 1, en el Cuadro A 16, se presenta la lista de asentamientos informales ubicados, parcial o totalmente, en estas zonas de amenaza.



Mapa 6. Asentamientos informales y zonas de amenaza de inundación y deslizamiento
Elaborado por Farlin Dionisio Valverde Piedra

Fuente: Atlas ITCR, 2008. CNE, 2013.
MIVAH, 2013.
Coordenadas en proyección CRTM05

0 1,75 3,5 7 10,5 14 Km
Escala: 1:176.000

3.5 Criterio de localización respecto a proximidad a sistemas de alcantarillado sanitario de la GAM

La lejanía de un asentamiento informal a un sistema existente involucra que, se deba implementar un sistema de recolección y de tratamiento de aguas residuales propio del lugar. Además, el propósito es poder integrar un asentamiento informal al sistema sanitario más cercano, de esta forma aprovechar la infraestructura existente y que forme parte, con el resto de la ciudad, de este servicio.

Según el PRUGAM, hay cobertura del servicio de alcantarillado sanitario en los cantones centrales de Cartago, Heredia, Alajuela y gran parte de la provincia de San José que se encuentra dentro de la GAM junto con el cantón de la Unión de Cartago. En la Figura 19 se muestra en color rosado la cobertura mencionada en el PRUGAM.

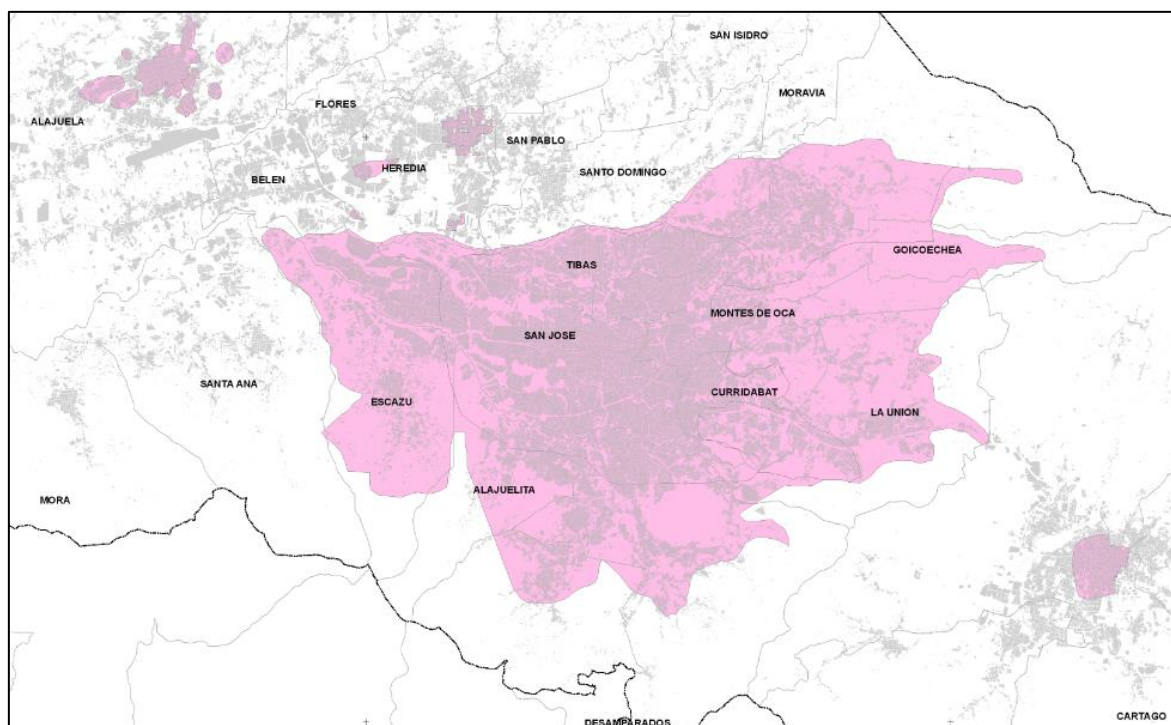


Figura 19. Cobertura de alcantarillado sanitario de la GAM

Fuente: PRUGAM, 2008

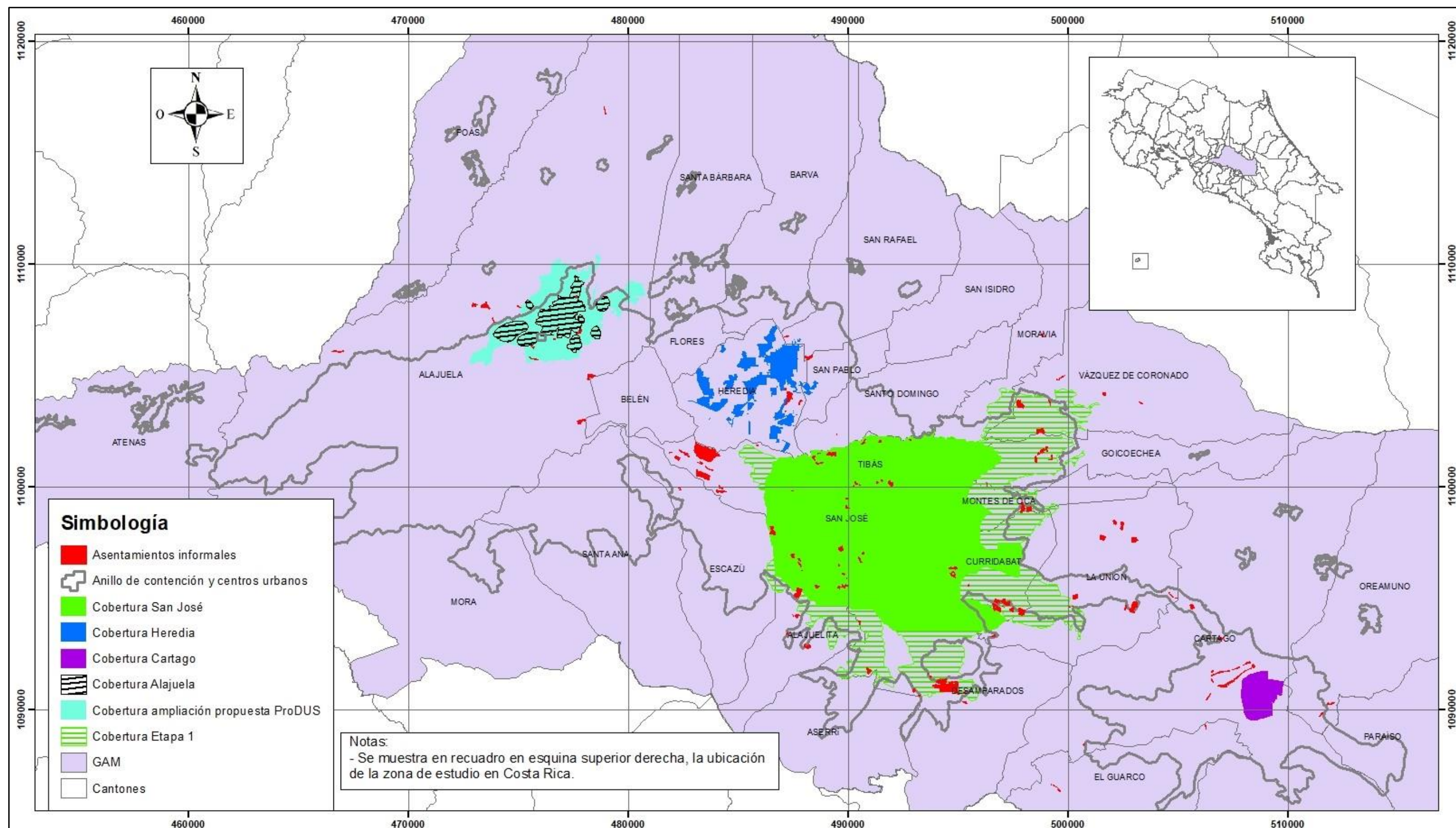
Sin embargo, la cobertura presentada por el PRUGAM sólo se utiliza para evaluar este criterio en Cartago y en Alajuela. Además, en Alajuela, se incluye la cobertura de la propuesta de ampliación del sistema de recolección y tratamientos de aguas residuales creada por ProDUS, en el 2009.

Para Heredia se utiliza la cobertura que la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) publica en su página de internet oficial. En la provincia de San José se decide utilizar la información disponible de la cobertura de la primera etapa del PMA, junto con la capa de área de cobertura construida por ProDUS para el proyecto PRUGAM con información del AyA y de municipalidades, anterior al PMA.

No se considera la segunda etapa del PMA, debido a que esta etapa comienza a partir del año 2021 y aunque se conoce la cobertura que este contempla, aún no tiene un diseño final.

En el Mapa 7. Asentamientos informales y coberturas del servicio de alcantarillado sanitario en la GAM, se aprecian las coberturas mencionadas junto con los 145 asentamientos informales hasta el momento. Con la herramienta *Interseca* de ArcGIS 10.4 se pueden conocer los asentamientos dentro de las coberturas. Los resultados indican que, el conjunto pasa a 81 asentamientos informales aún para evaluar. La lista de estos asentamientos presenta en el Anexo 1 en el Cuadro A 17.

Nótese en el Mapa 7, que en general, las coberturas de servicio de alcantarillado sanitario tienden a ser dentro del anillo de contención. No obstante, debe comprenderse que las comunidades fuera de las coberturas y fuera del anillo de contención, que no estén en zonas de riesgo por amenaza natural o invadiendo zonas protegidas, también tienen la necesidad y el derecho humano de contar con sistemas de saneamiento adecuado. Como se menciona al inicio de esta sección, lo más probable es que, de poder implementar redes de alcantarillado, también deben contar con un tratamiento de aguas residuales adecuado y propio. No obstante, al estar fuera del anillo de contención, el implementar un sistema de saneamiento no debe implicar una expansión de la comunidad.



Mapa 7. Asentamientos informales y coberturas del servicio de alcantarillado sanitario en la GAM

Elaborado por Farlin Dionisio Valverde Piedra

Fuente: Atlas ITCR, 2008. AyA, 2017, ESPH, 2017 MIVAH, 2013, ProDUS, 2009, PRUGAM, 2008

Coordenadas en proyección CRTM05

0 1,5 3 6 9 12 Km

Escala: 1:162.000

3.6 Criterio de localización respecto a zonas de bajas pendientes

Si bien no existe una limitación específica sobre la máxima pendiente en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial del AyA para alcantarillados sanitarios, se debe comprender que esta variable afecta en la velocidad de flujo y en este valor sí hay una limitación por parte de la norma (máximo 5 m/s), tal como se menciona en el Cuadro 4, de la sección 2.3. Regular la velocidad implica más pozos en las alcantarillas, lo que aumentaría el costo y el consumo de espacio.

No obstante, más allá de las implicaciones del diseño para una solución de recolección de aguas residuales, las pendientes en el terreno del asentamiento influyen en el proceso de intervención de una comunidad como lo expresa Sanabria (2017) en una recopilación de las condiciones asociadas a los rangos de pendientes para proyectos de vivienda según estudios y reglamentos nacionales como en Plan GAM 1982 o el Reglamento Nacional para el Control del Fraccionamiento y Urbanizaciones. A continuación, en el Cuadro 10, se presentan las condiciones asociadas a rangos de pendientes para proyectos de vivienda.

Cuadro 10. Rangos de pendientes y sus condiciones para proyectos de viviendas

<i>Rango</i>	<i>Condición</i>
Territorios con pendiente menor a 15%	Topografía óptima para la construcción
Territorios con pendiente mayor a 15% y menor que 20%	Presentan una buena topografía para la construcción, debe presentarse un estudio preliminar de suelos.
Territorios con pendiente mayor a 20% y menor a 30%	Presentan una topografía regular para la construcción, debe presentarse un estudio de estabilidad de suelo.
Territorios con pendiente mayor a 30%	Se descartan como opción para el desarrollo de proyectos de vivienda.

Fuente: Sanabria, 2017

Es así como, aunque Sanabria (2017) genera la recopilación de condiciones con una orientación hacia proyectos de vivienda, se considera válido tomarlos en cuenta para la intervención y consolidación de un asentamiento informal con el fin de priorizar aquellos con las mejores condiciones en su topografía para la construcción de aquello que se considere necesario en la intervención.

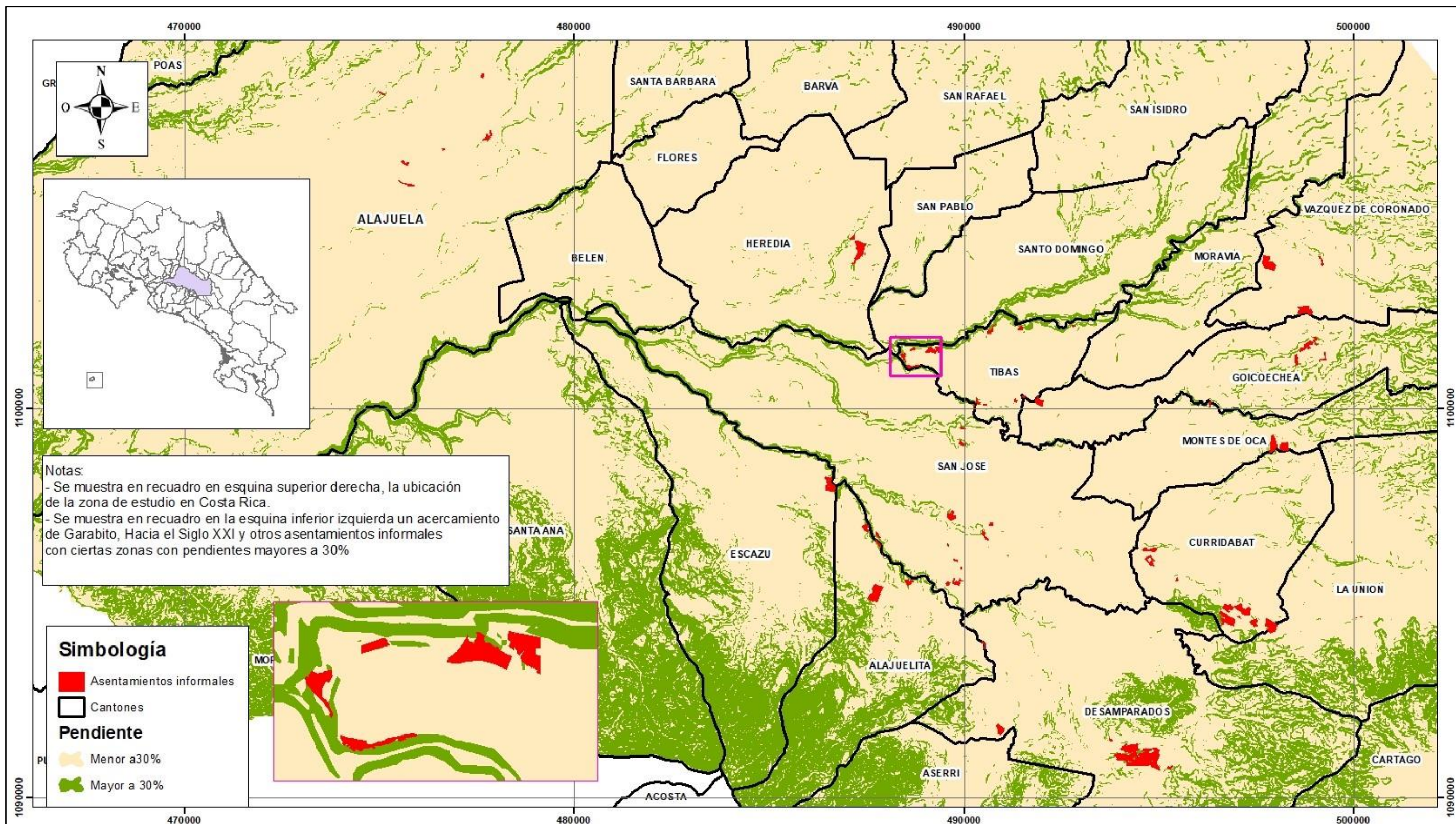
Se debe aclarar que no significa que los sitios con pendientes mayores a 30% son prohibidos e imposibles de aprovechar para urbanizar o mejorar sus condiciones y tampoco debe ser un motivo para que queden exentos de ello, sin embargo, las medidas de seguridad, el buen

desempeño y establecimiento de las construcciones aumenta en complejidad y por lo tanto en costos.

El MED de la GAM, obtenido de la forma que se explica en la sección 3.3.3, se modifica en ArcGIS 10.4 para distinguir entre las zonas con más de 30% de pendiente y con menos de 30% de pendiente. Se transforma el ráster del MED a una capa de datos en formato shapefile. Luego, con la herramienta *Intersecar*, se conocen las áreas de los asentamientos informales con altas pendientes, provocando que las viviendas dentro de esas áreas sean descartadas.

Se debe aclarar, que, si hay viviendas en sitios con pendientes mayores a un 30%, no se dejarán por fuera del diseño de la solución de recolección de aguas residuales en el caso que lleguen a ser seleccionadas. El descarte en esta variable se realiza exclusivamente para propósitos de priorización de la preselección, ya que reduce la cantidad de viviendas que cumplen con este criterio en un asentamiento y como se menciona en la sección 3.1, se busca priorizar aquellos asentamientos con una mayor cantidad de viviendas que cumplan con los criterios.

En el Mapa 8. Asentamientos informales y MED de la GAM de pendientes mayores o menores a 30% se distinguen los 81 asentamientos informales restantes en el MED de la GAM donde se diferencian las zonas mayores a 30% de pendiente y las menores a ese valor. Además, en el Anexo 1, en el Cuadro A 18, se enlistan los asentamientos informales y la cantidad de viviendas respectivas en las zonas con pendientes de más de 30%.



Mapa 8. Asentamientos informales y MED de la GAM de pendientes mayores o menores a 30%

Elaborado por Farlin Dionisio Valverde Piedra

Fuente: Atlas ITCR, 2008. MIVAH, 2013. PRUGAM, 2007.

Coordenadas en proyección CRTM05

0 0,75 1,5 3 4,5 6 Km

Escala: 1:91.500

3.7 Criterio de consolidación de vivienda respecto a disponibilidad de tubería de agua en la vivienda

Después de implementar los criterios de selección de localización, aún quedan 81 asentamientos informales. El criterio de abastecimiento de agua potable es el primer signo de evaluación de avance de consolidación del asentamiento.

Como se menciona en la sección 1.1.1, lo más probable es que las viviendas en condición de precario con tubería de agua potable dentro de ellas se hayan hecho por medio de conexiones ilícitas. No obstante, el AyA, dentro de la nueva versión del Reglamento para la Prestación de los Servicios de AyA, inédita hasta este momento, en su artículo 32 permite la solicitud de una conexión especial para inmuebles en fincas o terrenos invadidos en condición precaria. En este se establece que la solicitud del servicio se debe dar por parte del presidente de una Asociación de Desarrollo Comunal u organización formal reconocida jurídicamente y entre los requisitos, debe existir autorización del propietario registral (AyA, 2018). Es decir, sería un procedimiento por realizar en un asentamiento en proceso de su formalización.

El abastecimiento de agua potable es un signo de que la comunidad logra avanzar en una de las condiciones de infraestructura más prioritarias, por lo que, se podría dar más atención en otros aspectos como el saneamiento. Además, si una comunidad cuenta con mayor disposición de agua potable en sus viviendas, existirá mayor producción de agua residual.

A partir de los datos en los Principales Indicadores sobre Asentamientos Informales del INEC (2013), se logra conocer el porcentaje de viviendas con tubería de agua potable dentro de la vivienda. En el Cuadro A 19 se muestran dichos porcentajes a cada asentamiento, donde todos tienen altos porcentajes, con un promedio de 98,6% de las viviendas con tubería adentro de la misma vivienda, en los 81 asentamientos informales que se tienen en este punto.

El asentamiento informal de menor porcentaje de viviendas con tubería de agua potable es Santa Teresa 1 y 2 en Tirrases de Curridabat, con un 87%. Así que todos los asentamientos, por el momento, se consideran con una infraestructura en agua potable en donde se requiere un sistema de recolección de aguas residuales como uno de los siguientes avances en su renovación.

3.8 Criterio de consolidación de viviendas respecto a una reducida proporción de viviendas tipo tugurio

Asentamientos informales con un menor porcentaje de tugurios indica mayor consolidación y mejores condiciones de viviendas, lo que indica la convicción de la población en permanecer en el sitio y posiblemente una mayor disposición en mejorar la infraestructura y servicios de la comunidad.

Con la información de los Principales Indicadores sobre Asentamientos Informales del INEC (2013) se conoce el porcentaje de viviendas tipo tugurio por asentamiento informal. Este porcentaje se utiliza para estimar las viviendas tipo tugurio dentro del total de viviendas que aún se consideran en cada asentamiento, en este punto de la evaluación. En el Cuadro A 20 se muestran los resultados estimados de este criterio, donde los asentamientos con mayor prioridad de preselección son los que tienen un menor porcentaje de vivienda tipo tugurio y mayor cantidad de viviendas.

3.9 Criterio de comunidad respecto a una aceptable seguridad ciudadana

El criterio de la seguridad ciudadana se considera debido a dos perspectivas. La primera de ellas es desde la perspectiva del desarrollo de este trabajo final de graduación, en donde se procura evitar asentamientos informales en sectores que puedan presentar un potencial peligro al momento de realizar una visita al campo. La segunda es desde la perspectiva de una posible intervención para la consolidación de un asentamiento informal, ya que, es de suponer que si instituciones, como la Cruz Roja, que no ingresan a las comunidades que son consideradas por ellos como peligrosas sin la compañía de la Fuerza Pública (Repretel, 2017), el proceso de contribuir a la consolidación y eventualmente a la formalización de un asentamiento, puede tener trabas o problemas para desarrollarse si no se da la seguridad de los involucrados en el sitio. Debe aclararse que, siempre y cuando se tomarán las revisiones del caso y se tuvieran los insumos suficientes para poder satisfacer la seguridad en todo momento, este criterio no tendría por qué ser una restricción.

Para evaluar lo potencialmente peligroso de una comunidad se considera la lista de Zonas Restringidas de Correos de Costa Rica. Esta lista consiste en 76 barrios distribuidos entre todas las provincias, excepto Heredia, en donde Correos de Costa Rica se abstiene de hacer envíos

a domicilio. En el Cuadro 11, se presentan los barrios dentro de la GAM que se encuentran dentro de dicha lista.

Cuadro 11. Listado de zonas restringidas para servicio a domicilio de Correos de Costa Rica

<i>Zona restringida</i>	<i>Provincia</i>	<i>Cantón</i>	<i>Distrito</i>
Bajo las Gavetas	San José	Alajuelita	La Aurora
Precario el Jazmín	San José	Alajuelita	San Felipe
El Tejar	San José	Alajuelita	Concepción Abajo
Las Tablas	San José	Alajuelita	Concepción Abajo
Tejarcillos	San José	Alajuelita	San Felipe
Precario Los Pinos	San José	Alajuelita	San Felipe
Juan Rafael Mora	San José	Alajuelita	San Felipe
Joaquín García Monge	San José	Alajuelita	San Felipe
25 de julio	San José	Central	Hatillo
Reina De los Ángeles	San José	Central	Hatillo
Las Gavetas	San José	Central	Hatillo
Los Mojados	San José	Central	Hatillo
Bajos de Sagrada Familia	San José	Central	Hatillo
Bajo la puñalada	San José	Central	Hatillo
Gracias a Dios no nos vamos al río	San José	Central	Hatillo
La Carpio	San José	San José	Uruca
Barrio Lomas de Ocloro	San José	San José	Hospital
El Pochote	San José	San José	Hospital
Las Gradadas	San José	San José	Hospital
Corazón de Jesús	San José	San José	Hospital
1° de mayo	San José	Aserri	Aserri
Calle las Lomas	San José	Curridabat	Curridabat
Los Olmos	San José	Curridabat	Curridabat
Calle Garita	San José	Curridabat	Curridabat
Precario Barrio Nuevo	San José	Curridabat	Curridabat
25 de diciembre	San José	Desamparados	Desamparados
Las Mandarinas	San José	Desamparados	Desamparados
Las Tablas	San José	Desamparados	San Rafael Abajo
Precario el Erizo	Alajuela	Alajuela	Desamparados
Urb. La Langosta ²	Alajuela	Alajuela	Guácima
Caro Quintero	Alajuela	Alajuela	Río Segundo
Infiernillo	Alajuela	Alajuela	San José
Coris	Cartago	Cartago	Quebradilla
Los Diques	Cartago	Cartago	Carmen

Fuente: Correos de Costa Rica, s.f.

² El Reglamento de Renovación Urbana del Plan Regulador para el cantón de Alajuela lo identifica como La Angosta, debido a que consta de una extensión de calle con viviendas a ambos lados (ProDUS, 2017).

Dentro de esta evaluación también se consideran las 21 áreas más conflictivas del país según el Ministerio de Seguridad Pública (Lynch, 2017), donde a la GAM corresponden:

- San José: La Carpio, la 25 de Julio, León XIII y Los Cuadros.
- Alajuela: El infiernillo, El Erizo, Las Gradas.
- Cartago: San Vicente, San Diego, La Jenny y Carmen Lyra
- Heredia: Guararí y Bajo Los Molinos.

Si bien, algunos coinciden con la lista brindada por Correos de Costa Rica, se incluyen otros sectores que se conforman de varios barrios que incluyen algunos asentamientos informales como Los Cuadros, Guararí, ciudadela 25 de julio en Hatillo o el distrito de León XIII (MIVAH, 2011).

Los asentamientos informales en el Cuadro 11 o ubicados en alguna de las áreas más conflictivas indicadas por el Ministerio de Seguridad Pública, se descartan. En el Cuadro 12 se muestran los asentamientos que no se descartan debido a este criterio, siendo un total de 55.

Cuadro 12. Asentamientos informales que no entran en la calificación de los barrios más conflictivos

1. 11 de abril - Los Molinos	2. El Play	3. Pinos del Este
4. 15 de agosto	5. El Porvenir	6. Ponderosa 1/Ciudadela El Higuierón
7. Aserradero Vargas - San Gabriel	8. Gloria Bejarano - Barrio San José	9. Ponderosa 2
10. Bajo Los Ledezma - Barrio El Jardín - La Amistad	11. Higuierones	12. Ponderosa 3
13. Bajo Manolo Rodríguez	14. Juan José Alvarado	15. Precario Tres o Nuevo Amanecer
16. Barrio El Carmen	17. Juan Pablo II	18. Premio Nobel de la Paz
19. Barrio Las Gardenias	20. La Deportiva	21. San Gerónimo
22. Barrio Los Álamos/Progreso Humano	23. La Manolos - Bajo Cuesta Colima	24. San Martín II
25. Barrio San Judas Tadeo	26. La Quebrada - Calle Los Mangos	27. Santa Cecilia
28. Barrio Sinai	29. La Trocha	30. Santa Teresita 1 y 2
31. Benjamín Núñez	32. Las Palmas	33. Sector 7
34. Calle La Mora	35. Las Violetas	36. Sin nombre-La Ladrillera
37. Colonia Cruz 1/Colonia Cruz 2	38. Llano de la Gloria	39. Triángulo de Solidaridad II
42. Condominio Cipreses - Gloria Bejarano	41. Los Guido - Sector 8	42. Umará 2
43. El Bambú	44. Los Guido-Sector 1	45. Urbanización Europa
46. El Mirador	47. Los Guido-Sector 6	48. Urbanización Los Cipreses
49. El Muro	50. Manolo Rodríguez II Los Cangrejos	51. Valle del Sol
52. El Plantel	53. Miravalles 1/Miravalles 2	54. Vendedores ambulantes
55. Monseñor Arrieta-Barrio La Amistad		

3.10 Criterio de comunidad respecto a una mayor pobreza

Según Mora (2014), mediante el método de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) se logra conocer, de forma aproximada, la cantidad de hogares en condiciones de pobreza sin el uso de la variable de ingreso, que no se consulta en el Censo del 2011. Debe entenderse por hogar (para efectos censales del INEC) como la composición de 1 sola persona o varias con o sin vínculos familiares, los cuales residen habitualmente en una vivienda, consumen y comparten un mismo presupuesto para la compra de alimentos (INEC, 2013).

Las NBI se asocian con 4 carencias principalmente:

- Albergue digno.
- Acceso a vida saludable.
- Acceso al conocimiento.
- Acceso a demás bienes y servicios.

Por lo tanto, Mora (2014) indica que, si los hogares en los asentamientos informales tienen alguna de las 4 carencias, se consideran en estado de pobreza. Además, Mora (2014) también explica que la metodología de NBI permite identificar las zonas que se priorizan por parte de instituciones con el objetivo de mejorar la condición de vida de las personas. Así que, por esta razón se adopta el criterio de Mora (2014) para identificar los asentamientos más pobres, entre los 55 restantes. Los datos de los Principales Indicadores sobre Asentamientos Informales del INEC (2013) dan a conocer el porcentaje de hogares con al menos una carencia, donde, para efectos de este criterio, los asentamientos con más hogares con al menos una carencia serán los que tendrán más prioridad.

Debido a la evaluación de criterios anteriores, la cantidad de viviendas de varios asentamientos informales ha sido modificada para considerar y priorizar aquellos que tienen más viviendas que cumplen los criterios planteados. Sin embargo, como la información de este criterio de pobreza se aplica sobre los hogares y no sobre las viviendas, se toma la cantidad total de hogares de cada asentamiento, en esta evaluación, como si nunca se hubiera hecho un proceso de descarte de viviendas en los 55 asentamientos informales. Con esto se puede notar cuales asentamientos informales tienen en total una mayor cantidad de hogares con NBI y así, darles prioridad a ellos.

En el Cuadro 13, se presentan los resultados de cada asentamiento con respecto a hogares con alguna carencia y a la vez, la prioridad que tienen en la preselección, siendo los más prioritarios aquellos con más hogares con alguna NBI. En caso de asentamientos informales con la misma cantidad de hogares estimados con NBI, se prioriza aquel con más hogares en total

Cuadro 13. Cantidad de hogares con al menos 1 carencia en asentamientos informales

<i>Prioridad</i>	<i>Asentamientos informales</i>	<i>Total de hogares</i>	<i>Cantidad de viviendas inicial</i>	<i>Porcentaje hogares con al menos una carencia</i>	<i>Hogares con carencia</i>
1	Vendedores ambulantes	764	737	66,5%	508
2	Triángulo de Solidaridad II	415	393	90,6%	376
3	Las Palmas	542	518	67,7%	367
4	Gloria Bejarano - Barrio San José	716	699	35,9%	257
5	Los Guido-Sector 6	676	635	36,4%	246
6	Sector 7	595	550	41,2%	245
7	Santa Teresita 1 y 2	397	378	59,4%	236
8	Barrio Sinaí	702	675	28,6%	201
9	Ponderosa 1/Ciudadela El Higuérón	613	578	31,8%	195
10	Precario Tres o Nuevo Amanecer	571	547	34,0%	194
11	Las Violetas	202	200	93,1%	188
12	Benjamín Núñez	374	367	45,7%	171
13	Barrio Los Álamos/Progreso Humano	317	302	48,9%	155
14	Los Guido-Sector 1	379	355	30,9%	117
15	Urbanización Europa	589	578	17,8%	105
16	15 de agosto	319	316	32,9%	105
17	Colonia Cruz 1/Colonia Cruz 2	215	211	47,4%	102
18	San Martín II	335	333	29,9%	100
19	Higuerones	316	311	31,6%	100
20	La Quebrada - Calle Los Mangos	255	254	39,2%	100
21	Manolo Rodríguez II Los Cangrejos	263	247	33,1%	87
22	El Bambú	505	496	16,2%	82
23	Ponderosa 2	177	171	45,2%	80
24	Llano de la Gloria	244	235	32,0%	78
25	Monseñor Arrieta - Barrio La Amistad	115	112	62,6%	72
26	Condominio Cipreses - Gloria Bejarano	183	174	32,2%	59
27	Umará 2	181	178	32,0%	58
28	Valle del Sol	81	75	66,7%	54
29	La Trocha	225	221	22,2%	50
30	Barrio Las Gardenias	129	127	33,3%	43

Cuadro 13. Cantidad de hogares con al menos 1 carencia en asentamientos informales (cont.)

<i>Prioridad</i>	<i>Asentamientos informales</i>	<i>Total de hogares</i>	<i>Cantidad de viviendas inicial</i>	<i>Porcentaje hogares con al menos una carencia</i>	<i>Hogares con carencia</i>
31	San Gerónimo	165	161	23,6%	39
32	Bajo Los Ledezma - Barrio El Jardín - La Amistad	138	138	26,8%	37
33	El Muro	82	82	42,7%	35
34	Urbanización Los Cipreses	442	439	7,0%	31
35	La Manolos - Bajo Cuesta Colima	93	84	32,3%	30
36	Calle La Mora	216	209	13,0%	28
37	Premio Nobel de la Paz	58	56	48,3%	28
38	Juan José Alvarado	132	129	19,7%	26
39	Los Guido - Sector 8	43	43	58,1%	25
40	11 de abril - Los Molinos	92	89	23,9%	22
41	Miravalles 1/Miravalles 2	107	107	19,6%	21
42	Sin nombre-La Ladrillera	88	88	23,9%	21
43	La Deportiva	27	27	74,1%	20
44	El Mirador	45	45	42,2%	19
45	Barrio San Judas Tadeo	71	68	25,4%	18
46	Pinos del Este	60	60	30,0%	18
47	Ponderosa 3	45	45	28,9%	13
48	Aserradero Vargas - San Gabriel	27	27	44,4%	12
49	El Play	94	87	11,7%	11
50	Juan Pablo II	56	49	17,9%	10
51	Bajo Manolo Rodríguez	26	26	23,1%	6
52	Santa Cecilia	63	63	7,9%	5
53	Barrio El Carmen	47	47	10,6%	5
54	El Plantel	22	22	13,6%	3
55	El Porvenir	11	11	22,4%	2

Fuente: INEC,2013

3.11 Criterio de comunidad respecto a un lugar de trabajo cercano

La investigación realizada por Pujol, Pérez y Agüero (2012), con información del Censo del 2011, expresa que los principales cantones “dormitorio” de la GAM son:

- En San José: Goicoechea, Coronado, Montes de Oca, Moravia, Curridabat, Alajuelita, Tibás y Desamparados.
- Heredia: San Pablo, Santa Bárbara, Flores, Barva, San Rafael, San Isidro y Santo Domingo.

- Cartago: La Unión.

La investigación señala los cantones de San José, Heredia, Cartago y Alajuela como los principales atractores de viajes.

En el Censo del 2011 se consulta por el cantón en donde las personas laboran, por lo tanto, si el cantón en el que la población de algún asentamiento desempeña su empleo es el mismo en el que vive, se asume que existe cercanía relativa al lugar de trabajo. Esto es un indicativo de que el asentamiento informal se ubica en un sitio con oportunidades de empleo cercanas, lo que resulta de mayor valor para sus habitantes.

Parte de esta población ocupada puede estar habitando las viviendas que se encuentran dentro de las zonas descartadas de los asentamientos informales por criterios anteriores. Al no conocer esta distribución, este criterio se evalúa con la totalidad de la población ocupada, brindando un panorama completo de la comunidad en el asentamiento sobre este criterio.

Con información de los Principales Indicadores sobre Asentamientos Informales del INEC, se da a conocer en el Cuadro 14, la población perteneciente a la fuerza de trabajo; cuántos de ellos están ocupados y el porcentaje de la población ocupada laborando en el mismo cantón o en su propia vivienda o al lado. Se ordena de mayor a menor la cantidad de personas trabajando en el mismo cantón que viven, siendo este el orden de prioridad a considerar por asentamiento informal para su selección de este criterio.

Se debe mencionar que se tiene como limitante el conocimiento sobre la formalidad del empleo que realizan. No se hace tal distinción en la publicación de Principales Indicadores sobre Asentamientos Informales del INEC.

Cuadro 14. Población ocupada de asentamientos informales que trabaja en el mismo cantón

<i>Prioridad</i>	<i>Asentamientos informales</i>	<i>Población ocupada</i>	<i>Fuerza de trabajo</i>	<i>% población ocupada</i>	<i>Porcentaje de población trabajando dentro o junto a la vivienda</i>	<i>Porcentaje de población que trabaja en el mismo cantón</i>	<i>Cantidad de población ocupada en el mismo cantón</i>	<i>Cantón</i>
1	El Porvenir	792	810	97,78%	8,1%	57,6%	520	Alajuela
2	Gloria Bejarano - Barrio San José	1060	1087	97,52%	5,9%	40,3%	490	Curridabat
3	Barrio Sinaí	1080	1151	93,83%	14,4%	30,9%	489	Montes de Oca
4	Ponderosa 1/Ciudadela El Higuierón	981	1030	95,24%	7,7%	34,6%	415	Curridabat
5	El Bambú	711	740	96,08%	5,1%	52,9%	412	Alajuela
6	Los Guido-Sector 6	967	1029	93,97%	5,5%	35,4%	396	Desamparados
7	Barrio Los Álamos/Progreso Humano	533	544	97,98%	5,3%	66,0%	380	San José
8	Urbanización Europa	931	965	96,48%	6,9%	29,0%	334	Curridabat
9	Las Palmas	752	811	92,73%	16,5%	27,7%	332	Desamparados
10	Vendedores ambulantes	1096	1113	98,47%	5,7%	24,5%	331	Alajuelita
11	Higuerones	443	466	95,06%	5,4%	65,2%	313	Alajuela
12	Sector 7	775	837	92,59%	7,5%	30,5%	295	Desamparados
13	Urbanización Los Cipreses	754	774	97,42%	10,3%	24,3%	261	Coronado
14	La Trocha	327	336	97,32%	11,3%	67,3%	257	Alajuela
15	Precario Tres o Nuevo Amanecer	872	913	95,51%	3,8%	24,1%	243	Alajuelita
16	Santa Teresita 1 y 2	565	591	95,60%	5,0%	37,9%	242	Curridabat
17	Benjamín Núñez	452	480	94,17%	21,5%	32,1%	242	Desamparados
18	San Martín II	536	559	95,89%	9,9%	35,1%	241	Coronado
19	Condominio Cipreses - Gloria Bejarano	300	306	98,04%	9,0%	70,0%	237	San José
20	15 de agosto	448	470	95,32%	10,9%	40,6%	231	Curridabat
21	Triángulo de Solidaridad II	638	699	91,27%	18,2%	17,7%	229	Tibás
22	Los Guido-Sector 1	516	550	93,82%	3,9%	32,9%	190	Desamparados
23	Llano de la Gloria	351	364	96,43%	4,6%	49,3%	189	Curridabat
24	La Quebrada - Calle Los Mangos	372	399	93,23%	3,2%	47,0%	187	Escazú
25	Umará 2	295	316	93,35%	2,7%	54,2%	168	San José
26	Manolo Rodríguez II Los Cangrejos	387	408	94,85%	5,2%	36,2%	160	Tibás
27	Calle La Mora	293	305	96,07%	9,2%	43,0%	153	Montes de Oca
28	Bajo Los Ledezma - Barrio El Jardín - La Amistad	214	229	93,45%	2,3%	65,4%	145	San José
29	San Gerónimo	252	260	96,92%	9,9%	42,5%	132	Tibás
30	Colonia Cruz 1/Colonia Cruz 2	390	399	97,74%	13,1%	14,4%	107	Curridabat
31	Juan José Alvarado	199	203	98,03%	16,1%	34,7%	101	Tibás
32	Miravalles 1/Miravalles 2	205	207	99,03%	14,6%	34,6%	101	Curridabat
33	11 de abril - Los Molinos	123	135	91,11%	8,1%	72,4%	99	Alajuela
34	Las Violetas	278	283	98,23%	2,9%	29,9%	91	Alajuelita
35	Monseñor Arrieta - Barrio La Amistad	132	144	91,67%	4,5%	62,9%	89	San José
36	Valle del Sol	121	128	94,53%	26,4%	45,5%	87	Curridabat

Cuadro 14. Población ocupada de asentamientos informales que trabaja en el mismo cantón (cont.)

<i>Prioridad</i>	<i>Asentamientos informales</i>	<i>Población ocupada</i>	<i>Fuerza de trabajo</i>	<i>% población ocupada</i>	<i>Porcentaje de población trabajando dentro o junto a la vivienda</i>	<i>Porcentaje de población que trabaja en el mismo cantón</i>	<i>Cantidad de población ocupada en el mismo cantón</i>	<i>Cantón</i>
37	Ponderosa 2	267	278	96,04%	2,6%	29,3%	85	Curridabat
38	Barrio Las Gardenias	193	202	95,54%	10,9%	31,1%	81	Desamparados
39	Sin nombre-La Ladrillera	127	136	93,38%	24,4%	39,4%	81	San José
40	Premio Nobel de la Paz	98	99	98,99%	4,1%	74,5%	77	San José
41	La Manolos - Bajo Cuesta Colima	128	133	96,24%	2,3%	53,9%	72	Tibás
42	El Play	160	166	96,39%	2,5%	34,4%	59	San José
43	Pinos del Este	98	105	93,33%	28,6%	23,5%	51	Curridabat
44	El Muro	112	127	88,19%	9,8%	34,8%	50	Alajuelita
45	Ponderosa 3	68	72	94,44%	4,4%	64,7%	47	Curridabat
46	Barrio San Judas Tadeo	103	109	94,50%	12,6%	33,0%	47	Tibás
47	Barrio El Carmen	72	72	100,00%	2,8%	38,9%	30	Coronado
48	Santa Cecilia	95	101	94,06%	6,3%	22,1%	27	Curridabat
49	Juan Pablo II	76	82	92,68%	3,9%	21,1%	19	Alajuelita
50	Los Guido - Sector 8	54	58	93,10%	27,8%	0,0%	15	Desamparados
51	El Plantel	33	35	94,29%	12,1%	30,3%	14	Tibás
52	Aserradero Vargas - San Gabriel	46	47	97,87%	10,9%	17,4%	13	Tibás
53	Bajo Manolo Rodríguez	36	38	94,74%	2,8%	33,3%	13	Tibás
54	El Mirador	61	65	93,85%	1,5%	15,7%	10	Curridabat
55	La Deportiva	27	32	84,38%	0,0%	25,9%	7	Alajuelita

Fuente: INEC;2013

3.12 Criterio de comunidad respecto a una reducida proporción de población extranjera

Espinoza (2013) califica de complicado el brindar una solución a la problemática habitacional de los asentamientos informales, y un motivo de esto es la población de extranjeros con un estatus migratorio tal que, no es posible brindar una solución a su situación de vivienda en el marco legal actual. Ejemplo de esto se expresa en el artículo 6, del Reglamento de Operaciones del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda, en donde **se expresa que** “podrán ser beneficiarios del FOSUVI los extranjeros cuyo estatus y circunstancias migratorias y familiares

y laborales demuestren perspectivas razonables de residir en forma legal y permanente en el país, contando con sus respectivas fuentes de ingresos”. **Entiéndase FOSUVI como el Fondo** de Subsidios para la Vivienda, el cual es una dependencia del Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI) responsable de la administración y control de los recursos para los Bonos Familiares de Vivienda.

Por lo tanto, el proceso de formalizar un asentamiento informal puede tornarse difícil o con mayores trabas si mayor es la población extranjera con una condición irregular como migrante en el país. Espinoza (2013) indica, con datos del INEC, en su investigación para el Vigésimo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible, que, de la población total del país en los asentamientos informales, el 17,2% son inmigrantes extranjeros, alrededor de 51 000.

La publicación de los Principales Indicadores sobre Asentamientos Informales del INEC presenta el porcentaje de inmigrantes extranjeros según lugar de nacimiento por cada asentamiento informal. Cabe mencionar, que la información del INEC no especifica la condición migratoria, por lo que se debe suponer que entre mayor proporción de extranjeros haya, más posibilidad de que se encuentren personas con un estatus migratorio irregular. En este caso, se priorizan los asentamientos con menor porcentaje de extranjeros, ya que, tiene posibilidades de que el proceso de formalización o alguna solución de vivienda sea más fluido. En el Cuadro 15 se presentan los resultados con la prioridad dada a los 55 asentamientos informales restantes en la preselección.

Se reitera que los asentamientos con mayor presencia de extranjeros también deben ser atendidos y no significa que sean imposibles de formalizar o intervenir, pero el proceso a llevar en ellos para atender las necesidades de infraestructura y lograr renovarlos puede aumentar en complejidad y tiempo en su desarrollo. Por lo tanto, se aclara, que no es la condición de extranjeros lo que define este criterio, sino, la posibilidad de una mayor presencia de extranjeros sin la documentación necesaria que permita avanzar en proyectos de formalización.

Cuadro 15. Porcentaje de población extranjera en cada asentamiento informal

<i>Prioridad</i>	<i>Asentamientos informales</i>	<i>Porcentaje inmigrantes extranjeros</i>	<i>Prioridad</i>	<i>Asentamientos informales</i>	<i>Porcentaje inmigrantes extranjeros</i>
1	Juan Pablo II	1,4%	29	Barrio Las Gardenias	14,0%
2	San Martín II	1,7%	30	15 de agosto	15,5%
3	Juan José Alvarado	2,1%	31	Higuerones	15,6%
4	Santa Cecilia	2,5%	32	Bajo Manolo Rodríguez	15,7%
5	Barrio El Carmen	3,2%	33	El Plantel	17,3%
6	Urbanización Los Cipreses	4,8%	34	San Gerónimo	17,5%
7	Umará 2	5,8%	35	Las Palmas	18,8%
8	Monseñor Arrieta - Barrio La Amistad	6,0%	36	Condominio Cipreses - Gloria Bejarano	18,9%
9	Sin nombre-La Ladrillera	6,2%	37	Manolo Rodríguez II Los Cangrejos	20,1%
10	La Manolos - Bajo Cuesta Colima	6,3%	38	Colonia Cruz 1/Colonia Cruz 2	21,2%
11	11 de abril - Los Molinos	7,0%	39	La Deportiva	21,8%
12	Calle La Mora	7,7%	40	Aserradero Vargas - San Gabriel	22,5%
13	Pinos del Este	7,7%	41	Gloria Bejarano - Barrio San José	25,7%
14	El Play	7,9%	42	Los Guido - Sector 8	27,2%
15	Miravalles 1/Miravalles 2	8,2%	43	Ponderosa 2	27,7%
16	El Bambú	8,5%	44	Santa Teresita 1 y 2	28,1%
17	La Trocha	9,3%	45	Premio Nobel de la Paz	28,7%
18	Precario Tres o Nuevo Amanecer	10,3%	46	Barrio Sinaí	29,2%
19	Los Guido-Sector 1	10,4%	47	La Quebrada - Calle Los Mangos	29,3%
20	Barrio San Judas Tadeo	10,7%	48	Vendedores ambulantes	30,7%
21	Benjamín Núñez	11,4%	49	Ponderosa 3	32,3%
22	El Muro	11,6%	50	Barrio Los Álamos/Progreso Humano	33,9%
23	Urbanización Europa	12,0%	51	Llano de la Gloria	34,0%
24	El Porvenir	12,1%	52	Valle del Sol	37,0%
25	Sector 7	12,3%	53	El Mirador	39,8%
26	Bajo Los Ledezma - Barrio El Jardín - La Amistad	13,1%	54	Las Violetas	40,3%
27	Ponderosa 1/Ciudadela El Higuerón	13,1%	55	Triángulo de Solidaridad II	61,0%
28	Los Guido-Sector 6	13,9%			

Fuente: INEC, 2013

3.13 Resultado de la fase de preselección de asentamientos informales

La fase de preselección inicia con 158 asentamientos informales en la GAM, denominados como el conjunto inicial de asentamientos informales, a estos se les evalúa con los siguientes criterios:

- No invade un ASP o zonas protegidas de cuerpos de agua, nacientes y captaciones (Sección 3.3).
- Fuera de una zona de riesgo por amenaza natural (Sección 3.4).
- Proximidad a sistemas de alcantarillado sanitario público de la GAM (Sección 3.5).
- Bajas pendientes en el sitio (Sección 3.6).
- Disponibilidad de tubería de agua en la vivienda (Sección 3.7).
- Reducida proporción de viviendas tipo tugurio (Sección 3.8).
- Aceptable seguridad ciudadana (Sección 3.9).

Después de esta evaluación, el conjunto pasa a ser de 55 asentamientos informales. Luego, estos 55 asentamientos pasan a evaluarse según estos criterios:

- Mayor pobreza (Sección 3.10).
- Lugar de trabajo cercano (Sección 3.11).
- Reducida proporción de población extranjera (Sección 3.12).

Estos criterios anteriores generan 3 acomodados de prioridad desde la perspectiva de cada uno. No obstante, el criterio de una reducida proporción de viviendas tipo tugurio y de bajas pendientes aportan otros 2 acomodados de prioridad de selección. Por lo tanto, se tienen 5 acomodados de prioridad para los 55 asentamientos informales, así que resulta necesario generar un único acomodo de prioridad a partir de estos 5 acomodados.

Para este nuevo y único acomodo se propone un sistema de calificación que consiste en ordenar los 55 asentamientos informales en cada uno de los 5 acomodados, de mayor a menor prioridad, donde el de mayor prioridad se le asigna el número 54 y al resto se le va asignando en orden descendente los valores restantes hasta llegar al 0 que corresponde al asentamiento de menor prioridad en ese acomodo. El de mayor prioridad en cada acomodo tendrá una calificación parcial de 100% y el de menor prioridad tendrá una calificación parcial de 0%. Para el resto, la calificación parcial se asigna según el siguiente cálculo:

$$\text{Calificación parcial} = \frac{\text{Número asignado (entre 54 y 0)}}{54} * 100 \quad (7)$$

Los resultados de la ecuación 7, en los 55 asentamientos informales de cada acomodo, se tabula según como se muestra en el Cuadro 16, usando de ejemplo un extracto de la tabulación hecha para el criterio de una reducida proporción de viviendas tipo tugurio y el criterio de mayor pobreza.

Cuadro 16. Extracto de acomodados según criterios de consolidación de viviendas respecto a una reducida proporción de viviendas tipo tugurio y al criterio de comunidad respecto a una mayor pobreza con calificación parcial

Criterio respecto a tugurios			Criterio respecto a mayor pobreza		
<i>Prioridad</i>	<i>Asentamiento informal</i>	<i>Calificación parcial</i>	<i>Prioridad</i>	<i>Asentamiento informal</i>	<i>Calificación parcial</i>
54	Gloria Bejarano - Barrio San José	100%	54	Vendedores ambulantes	100%
53	Urbanización Los Cipreses	98,1%	53	Triángulo de Solidaridad II	98,1%
52	15 de agosto	96,3%	52	Las Palmas	96,3%
.
.
.
2	Las Palmas	3,7%	2	Santa Cecilia	3,7%
1	Las Violetas	1,9%	1	El Plantel	1,9%
0	Vendedores ambulantes	0%	0	El Porvenir	0%

Luego, se calcula un promedio simple, para cada asentamiento, con las calificaciones parciales obtenidas en cada uno de los acomodados, lo que resulta en la calificación final del asentamiento. Lo anterior se expresa en la ecuación 8.

$$\text{Calificación final} = \frac{\sum \text{Calificaciones parciales}}{5} \quad (8)$$

Con esta calificación final se define el acomodo único y final de prioridad de selección de los asentamientos informales para evaluar en la fase de selección final.

Un ejemplo de este sistema de calificación se presenta con Gloria Bejarano-Barrio San José, que es el asentamiento informal de mayor prioridad entre los 55 asentamientos, debido a que su calificación final fue la más alta.

$$\text{Calificación parcial por criterio de pendientes bajas} = \frac{53}{54} * 100 = 98,1\%$$

$$\text{Calificación parcial por criterio de reducida proporción de tugurios} = \frac{54}{54} * 100 = 100\%$$

$$\text{Calificación parcial por criterio de mayor pobreza} = \frac{51}{54} * 100 = 94,4\%$$

$$\text{Calificación parcial por criterio de lugar de trabajo} = \frac{53}{54} * 100 = 98,1\%$$

$$\text{Calificación parcial por criterio de población extranjera} = \frac{14}{54} * 100 = 25,9\%$$

$$\begin{aligned} \text{Calificación final Gloria Bejarano – Barrio San José} &= \frac{98,1 + 100 + 94,4 + 98,1 + 25,9}{5} \\ &= 83,3\% \end{aligned}$$

En el Cuadro 17, se presenta el acomodo único y final de asentamientos informales con las calificaciones finales respectivas y ordenados de mayor a menor prioridad de selección (ante iguales calificaciones, logra mayor prioridad el de más viviendas).

Cuadro 17. Calificación final y prioridad de selección para diseño de recolección de aguas residuales en asentamientos informales preseleccionados

<i>Prioridad</i>	<i>Asentamientos informales</i>	<i>Calificación final</i>
1	Gloria Bejarano - Barrio San José	83,3%
2	Urbanización Los Cipreses	78,5%
3	Los Guido-Sector 6	71,9%
4	Ponderosa 1/Ciudadela El Higuerón	71,9%
5	15 de agosto	70,7%
6	El Bambú	69,6%
7	Urbanización Europa	67,8%
8	San Martín II	66,3%
9	Sector 7	64,8%
10	Los Guido-Sector 1	64,8%
11	Precario Tres o Nuevo Amanecer	63,7%
12	Barrio Sinaí	63,3%
13	Las Palmas	60,7%
14	Colonia Cruz 1/Colonia Cruz 2	60,0%
15	Vendedores ambulantes	59,3%
16	Umará 2	59,3%
17	La Trocha	58,1%
18	Monseñor Arrieta - Barrio La Amistad	56,3%
19	La Manolos - Bajo Cuesta Colima	55,2%
20	Benjamín Núñez	55,2%
21	Higuerones	54,8%
22	Barrio Las Gardenias	54,1%
23	Miravalles 1/Miravalles 2	53,7%
24	Santa Teresita 1 y 2	53,0%
25	Triángulo de Solidaridad II	51,9%
26	Barrio Los Álamos/Progreso Humano	51,9%

Cuadro 17. Calificación final y prioridad de selección para diseño de recolección de aguas residuales en asentamientos informales preseleccionados (cont.)

<i>Prioridad</i>	<i>Asentamientos informales</i>	<i>Calificación final</i>
27	Calle La Mora	51,9%
28	Condominio Cipreses - Gloria Bejarano	50,4%
29	El Play	49,3%
30	San Gerónimo	48,9%
31	Llano de la Gloria	48,5%
32	Pinos del Este	47,8%
33	Juan José Alvarado	47,4%
34	Sin nombre-La Ladrillera	45,9%
35	La Quebrada - Calle Los Mangos	45,6%
36	Ponderosa 2	44,8%
37	11 de abril - Los Molinos	44,8%
38	Manolo Rodríguez II Los Cangrejos	44,4%
39	Barrio San Judas Tadeo	43,7%
40	Bajo Los Ledezma - Barrio El Jardín - La Amistad	43,3%
41	El Porvenir	43,3%
42	Barrio El Carmen	41,9%
43	Santa Cecilia	38,1%
44	Las Violetas	36,7%
45	Valle del Sol	36,7%
46	Juan Pablo II	36,3%
47	El Muro	33,7%
48	Los Guido - Sector 8	28,9%
49	Bajo Manolo Rodríguez	28,5%
50	La Deportiva	27,4%
51	Premio Nobel de la Paz	25,9%
52	El Mirador	25,6%
53	Aserradero Vargas - San Gabriel	24,1%
54	El Plantel	24,1%
55	Ponderosa 3	22,2%

Estos 55 asentamientos informales, presentan condiciones para poder mantenerse en el sitio ocupado y consolidarlo más, es decir, mejorar los servicios e infraestructura para su población. Si el asentamiento se ubica entre los primeros lugares en prioridad, tiene mayores condiciones para creer viable su consolidación. Sin embargo, es necesaria una evaluación más detallada que permita establecer una decisión definitiva sobre el o los asentamientos informales a elegir.

Se eligen los primeros 10 asentamientos para la fase de selección final, en el Capítulo 4, junto con el asentamiento que en el orden de prioridad está de número 23, Miravalles 1/Miravalles 2, con el cual se hace una excepción y se detallan los motivos en la sección 4.3.

CAPÍTULO 4. SELECCIÓN FINAL DE ASENTAMIENTOS INFORMALES

Realizar la selección final requiere del planteamiento de nuevos criterios, más específicos, que se puedan evaluar en las comunidades que han sido preseleccionadas a partir del proceso desarrollado en el Capítulo 3. Por lo que se plantean 4 criterios en esta etapa final de selección:

1. Ausencia de alcantarillado sanitario construido o diseñado para el asentamiento.
2. Existen planes o intervenciones en la comunidad.
3. Hay contacto con líderes comunales.
4. Percepción de seguridad ciudadana aceptable.

Como se menciona anteriormente, se consideran los primeros 10 asentamientos informales de mayor prioridad entre los 55 preseleccionados en el Capítulo 3 (junto como Miravalles 1/Miravalles 2 cuyo orden de prioridad es de número 23, pero al ser una excepción se detalla su situación en la sección 4.3). Dichos asentamientos informales son los siguientes (enumerados según su prioridad):

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| 1. Gloria Bejarano-Barrio San José. | 6. El Bambú. |
| 2. Urbanización Los Cipreses. | 7. Urbanización Europa. |
| 3. Los Guido-Sector 6. | 8. San Martín II. |
| 4. Ponderosa 1/Ciudadela El Higuerón. | 9. Sector 7. |
| 5. 15 de agosto. | 10. Los Guido-Sector 1. |

Sin embargo, la evaluación de los 4 criterios de esta fase difiere del modo en que se hizo en la fase de preselección del Capítulo 3. Es decir, los criterios de la fase de preselección se evaluaban a todo el conjunto de asentamientos informales disponible y en donde, se descartaban algunos (total y parcialmente) o se generaba algún acomodo de prioridad y se continuaba al siguiente criterio de evaluación. El procedimiento de evaluación en esta fase se resume con el diagrama en la Figura 20.

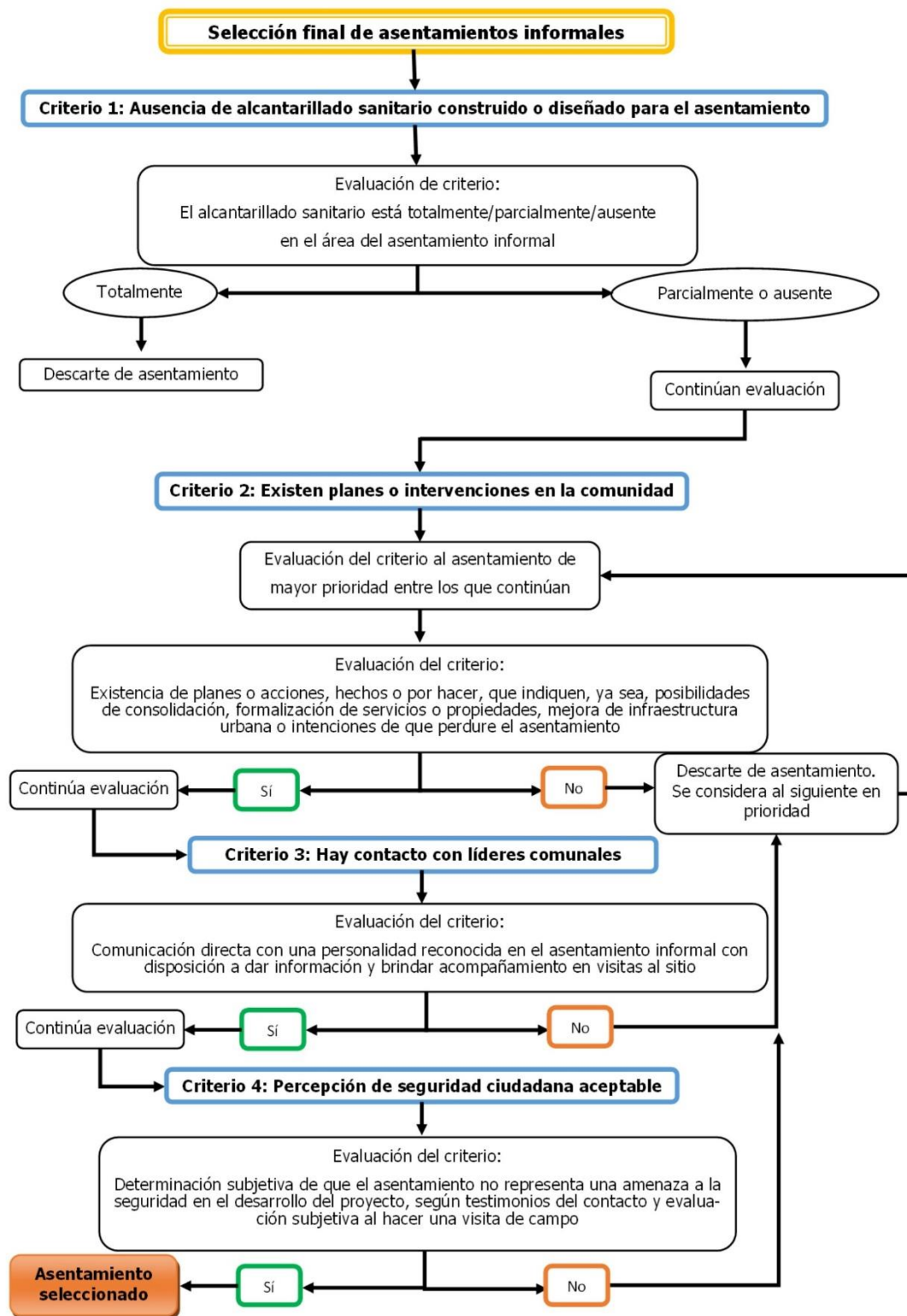


Figura 20. Procedimiento de evaluación en la fase de selección final de asentamientos informales

4.1 Ausencia de alcantarillado sanitario construido o diseñado para el asentamiento

En la sección 3.5 (en el Mapa 7) se muestran las zonas con cobertura sanitaria en la GAM, que actualmente están en funcionamiento y las que están diseñadas para una eventual expansión de la cobertura. No obstante, dentro de esta área de cobertura, no necesariamente la red de alcantarillado sanitario diseñado o en funcionamiento llega a todas las comunidades.

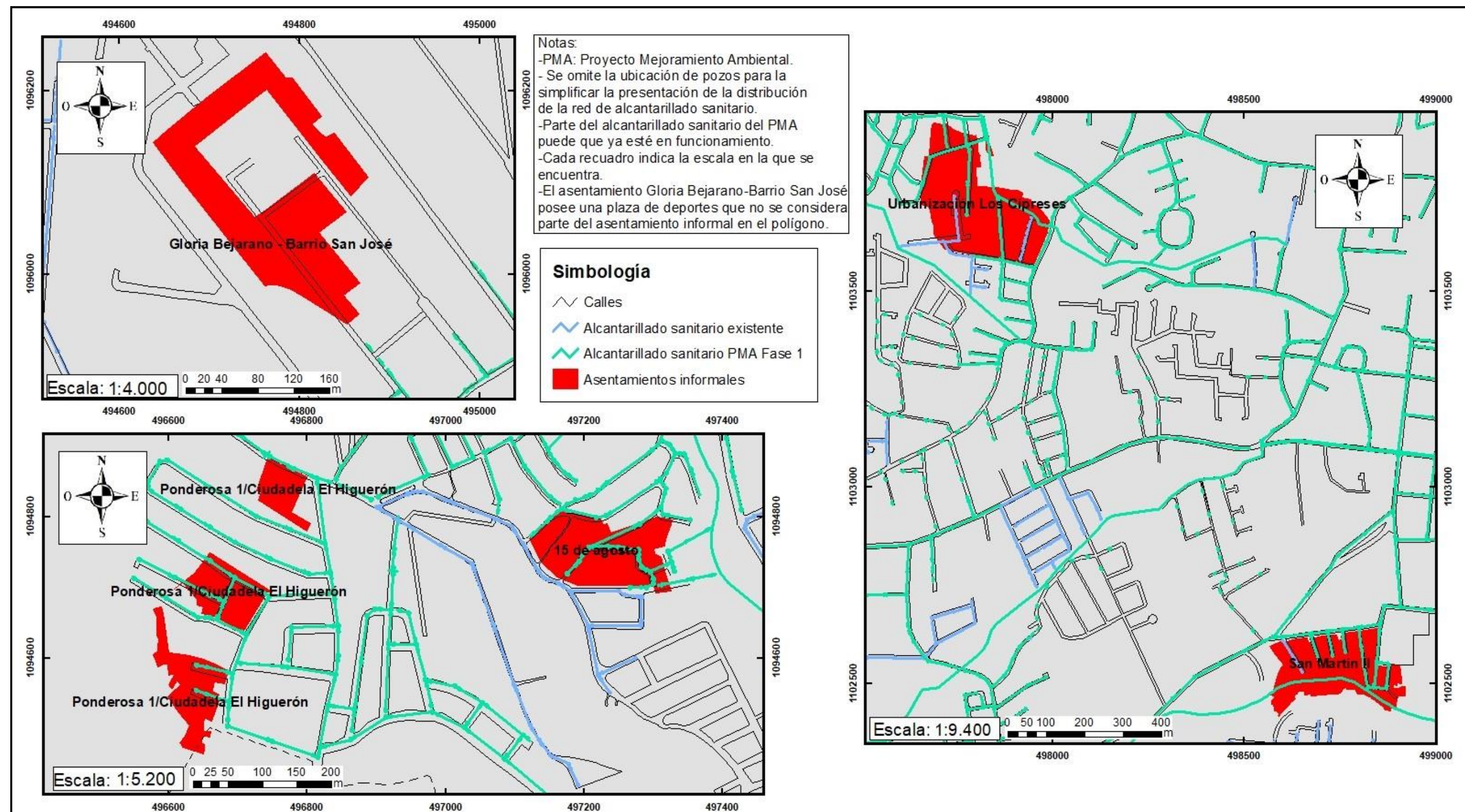
Un motivo por el cual algunas comunidades no fueron contempladas para recibir el servicio de alcantarillado sanitario, estando dentro de la cobertura, es debido al alcance del PMA. El alcance de dicho proyecto abarca aquellos lugares donde el flujo de las aguas residuales sea por gravedad y excluye los asentamientos informales con tenencia de las viviendas en precario (Brenes, 2018).

Por lo tanto, se identifican, entre los 10 asentamientos informales preseleccionados, los que no tengan planteado un alcantarillado sanitario o al menos, sólo exista una parte del asentamiento con disponibilidad de este servicio. Los que tengan en todo el asentamiento informal el servicio de alcantarillado sanitario, se descarta.

Se muestran los polígonos que definen el área de cobertura de los 10 asentamientos informales preseleccionados más prioritarios junto con la distribución del alcantarillado sanitario en ellos en dos mapas:

- Mapa 9. Distribución de red sanitaria en asentamientos informales preseleccionados (Barrio San José, Los Cipreses, San Martín, 15 de agosto y Ponderosa 1)
- Mapa 10. Distribución de red sanitaria en asentamientos informales preseleccionados (El Bambú, Sector 7, Sector 6, Sector 1, Europa)

Los polígonos de los asentamientos informales presentes en los mapas son los resultantes de la evaluación de los criterios de la Fase de preselección, por lo tanto, algunos pueden verse que tienen el área fraccionada.

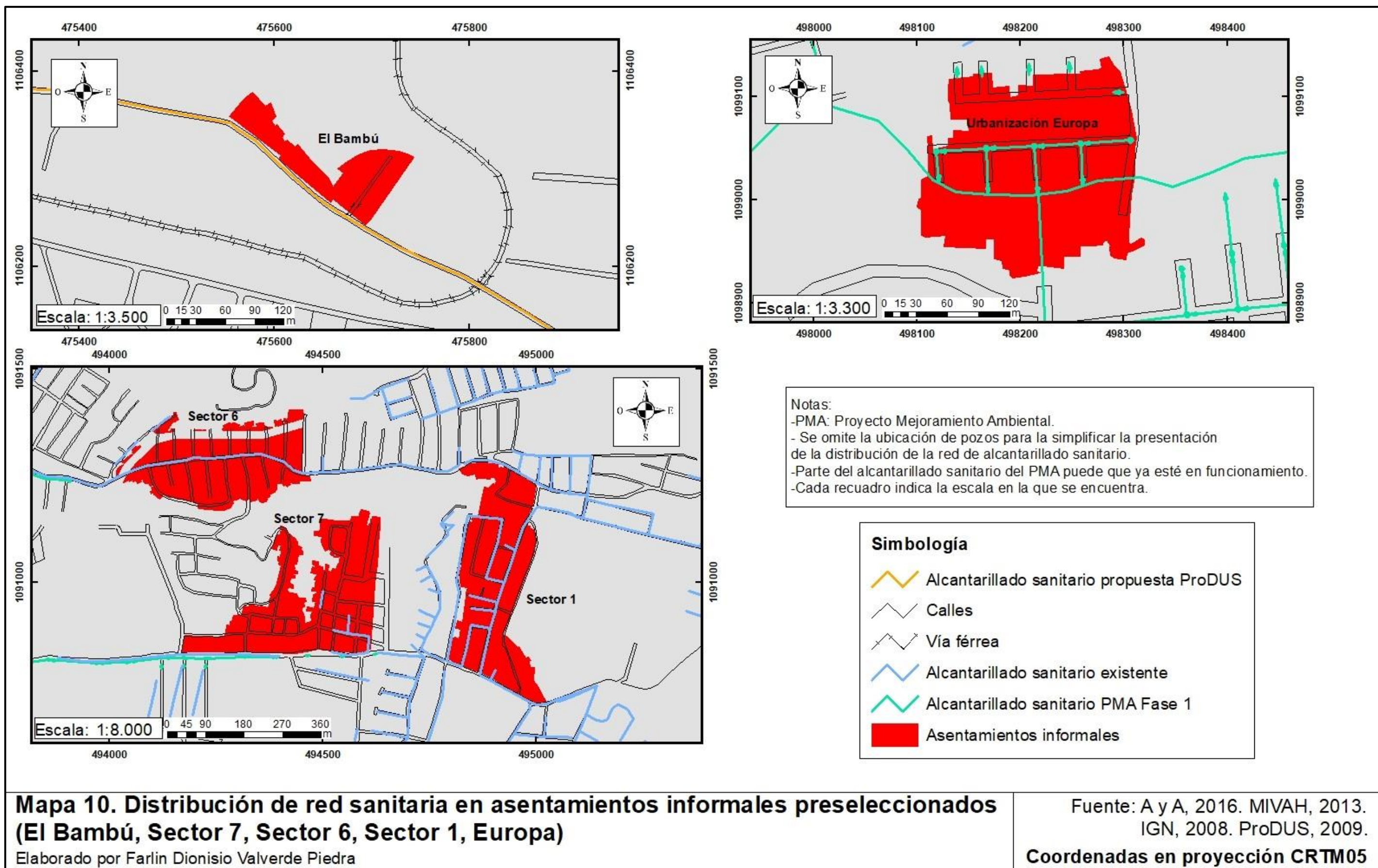


Mapa 9. Distribución de red sanitaria en asentamientos informales preseleccionados (Barrio San José, Los Cipreses, San Martín, 15 de agosto y Ponderosa 1)

Elaborado por Farlin Dionisio Valverde Piedra

Fuente: A y A, 2016. MIVAH, 2013.
IGN, 2008

Coordenadas en proyección CRTM05



Según el Mapa 9 y Mapa 10, los asentamientos informales que ya cuentan con alcantarillado sanitario y, por lo tanto, se descartan, son:

- Urbanización Los Cipreses.
- Ponderosa 1-Ciudadela El Higuerón.
- 15 de agosto.
- San Martín II.

El resto de los asentamientos informales que aún son candidatos para ser elegidos finalmente, se enumeran manteniendo la prioridad de selección del Cuadro 17 de la sección 3.13.

- | | |
|-------------------------------------|------------------------|
| 1. Gloria Bejarano-Barrio San José. | 4. Urbanización Europa |
| 2. Los Guido-Sector 6. | 5. Los Guido-Sector 1. |
| 3. El Bambú. | 6. Sector 7. |

4.2. Planes o intervenciones previas, contacto con líderes comunales y seguridad ciudadana

En esta sección se evalúan los criterios 2, 3 y 4 de la fase de selección final de asentamientos informales. Como Gloria Bejarano-Barrio San José es el asentamiento de mayor prioridad, es el primero en evaluarse.

Gloria Bejarano-Barrio San José o simplemente Barrio San José (conocido como Barrio El Imperio ante la Municipalidad de Curridabat), cuenta con la Asociación de Desarrollo Específica Barrio San José, desde la cual se organizan actividades recreativas, la preservación de áreas comunales (plaza de deportes y salón comunal), la preservación de la seguridad comunal, entre otras. Según Aymerich (2018), una miembro activo de la asociación, ella ha ayudado a que algunas personas de la comunidad puedan tener un “derecho posesorio” del sitio que habitan. Este derecho, sin embargo, no significa que ya han salido completamente de la informalidad, desde los términos registrales.

El actual Plan Regulador de Curridabat se encuentra en vigencia desde el 15 de octubre de 1993, con la publicación de La Gaceta N°197. En el Reglamento de zonificación y vialidad de Curridabat y sus reformas, se indica que el asentamiento informal de Barrio San José se

encuentra en una Zona Industrial. En el Anexo 2, en la Figura A 12, se muestran las zonas del Plan Regulador de Curridabat en el distrito de Curridabat

Sin embargo, desde el 21 de noviembre de 2013, al publicarse La Gaceta N° 225, entra en vigor la Modificación al Plan Regulador del cantón de Curridabat (cuyo alcance abarca únicamente el Área Central del Cantón de Curridabat), donde se indica en el artículo 150 que el asentamiento informal de Barrio San José pasa **a ser zonificado como un “asentamiento consolidado”**. En el artículo 151, se indica que 90 m² y un frente de 7 m es lo mínimo que se solicita a una propiedad, en esta comunidad en específico.

El área zonificada como asentamiento consolidado en Barrio San José por parte de la Municipalidad de Curridabat, abarca más área que la que contempla el MIVAH para el asentamiento informal de Barrio San José. En esta zona se incluyen edificios (comerciales e industriales) y algunas viviendas que nunca han formado parte del asentamiento informal. En la Figura 21 se muestra hasta dónde llega la zonificación de asentamiento consolidado y donde considera el MIVAH la extensión del asentamiento informal.

En el pasado, Barrio San José era propiedad de una sociedad anónima, donde luego hicieron el traspaso al INVU y eventualmente lo dividieron en los predios que los habitantes habían establecido, donde luego algunos fueron pagando al INVU para poder tener ellos propiamente la propiedad sobre su lote y así cambiar de un tipo de tenencia de precario a una tenencia propia pagando a plazos y eventualmente llegar a ser totalmente pagada. Otros sólo obtuvieron el derecho posesorio mencionado anteriormente y algunos no cuentan ni con derecho posesorio y aún se mantienen en la precariedad. En la Figura 22 se muestra el catastro municipal en el asentamiento de Barrio San José, donde se diferencian los predios en condición de precario (con o sin derecho posesorio) de los que no están en esta condición.

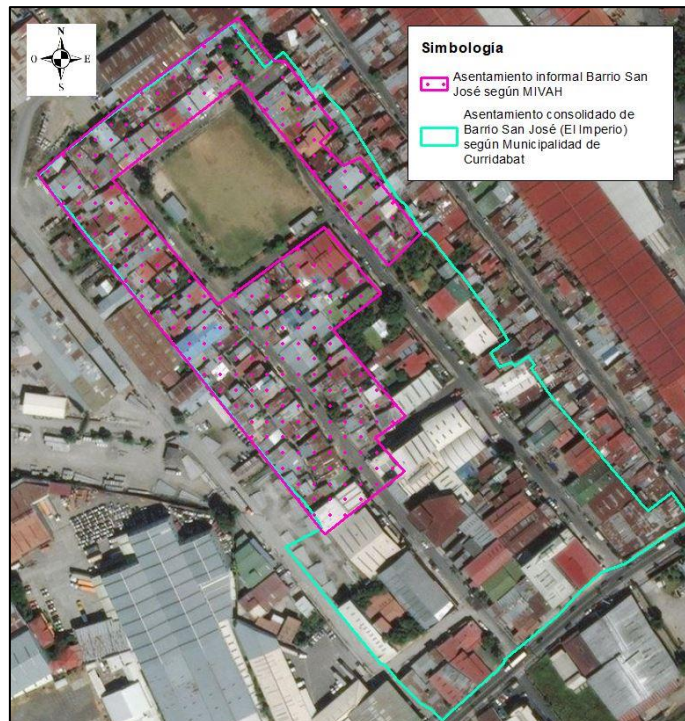


Figura 21. Delimitación del asentamiento informal de Barrio San José y zona de asentamiento consolidado de Barrio San José

Fuente: MIVAH, 2013 & Municipalidad de Curridabat, 2018

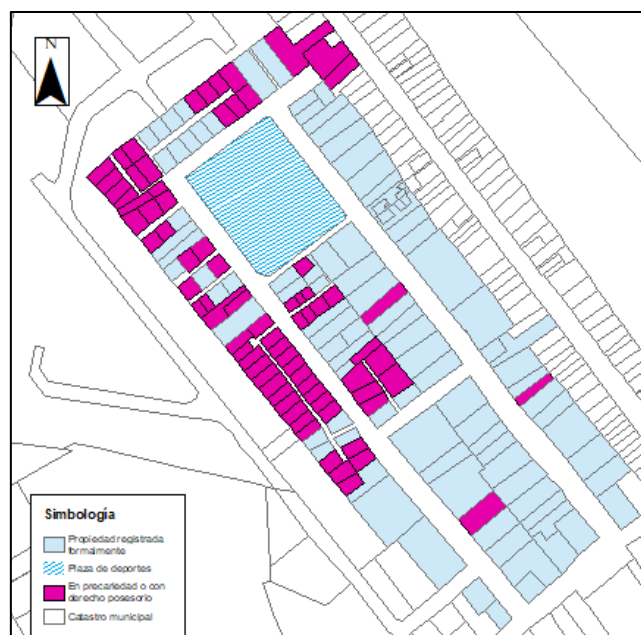


Figura 22. Extracto de catastro municipal de Curridabat destacando la condición registral de las propiedades en Barrio San José

Fuente: Municipalidad de Curridabat, 2018

En la figura anterior se destacan con colores 179 predios y de ellos, 76 mantienen la condición de precario. Por lo tanto, es evidente el avance en su formalización, así como la organización de sus vecinos para lograr tener una vida comunitaria más próspera. Por estas intervenciones se considera que un proyecto de alcantarillado sanitario en el sitio puede ser aprovechado.

Como contactos en el sitio se cuenta con Suleyka Aymerich y con Fanny Centeno, otra miembro de la Asociación de Desarrollo Específica Barrio San José, por lo tanto, personalidades reconocidas de la zona con más de 10 años viviendo en el asentamiento informal.

A Aymerich y a Centeno se les consulta sobre la seguridad en el sitio y ambas aseguran que no existe problema al respecto, califican la comunidad de ser “un barrio como cualquier otro”, sin vecinos problemáticos relacionados a hechos delictivos. Una visita al asentamiento informal el 20 de noviembre del 2018, en compañía de Aymerich, permite constatar personalmente que, en efecto, es un sitio que no se percibe inseguro para recorrerlo, debido a que es común ver personas en la calle, desde niños hasta adultos mayores, incluso en horas de la noche y en general, los vecinos tienden a reconocerse entre ellos.

Por todo lo expuesto, se determina que Barrio San José es seleccionado para desarrollar una propuesta de alcantarillado sanitario.

4.3 Excepción selección final con Miravalles 1/Miravalles 2

Según la metodología de selección final presentada en la Figura 20, el siguiente asentamiento informal para evaluar es Los Guido-Sector 6, ya que, es el segundo en prioridad de selección después de Gloria Bejarano-Barrio San José. No obstante, se propone realizar una excepción y dar la oportunidad de evaluar antes al asentamiento informal Miravalles1/Miravalles 2.

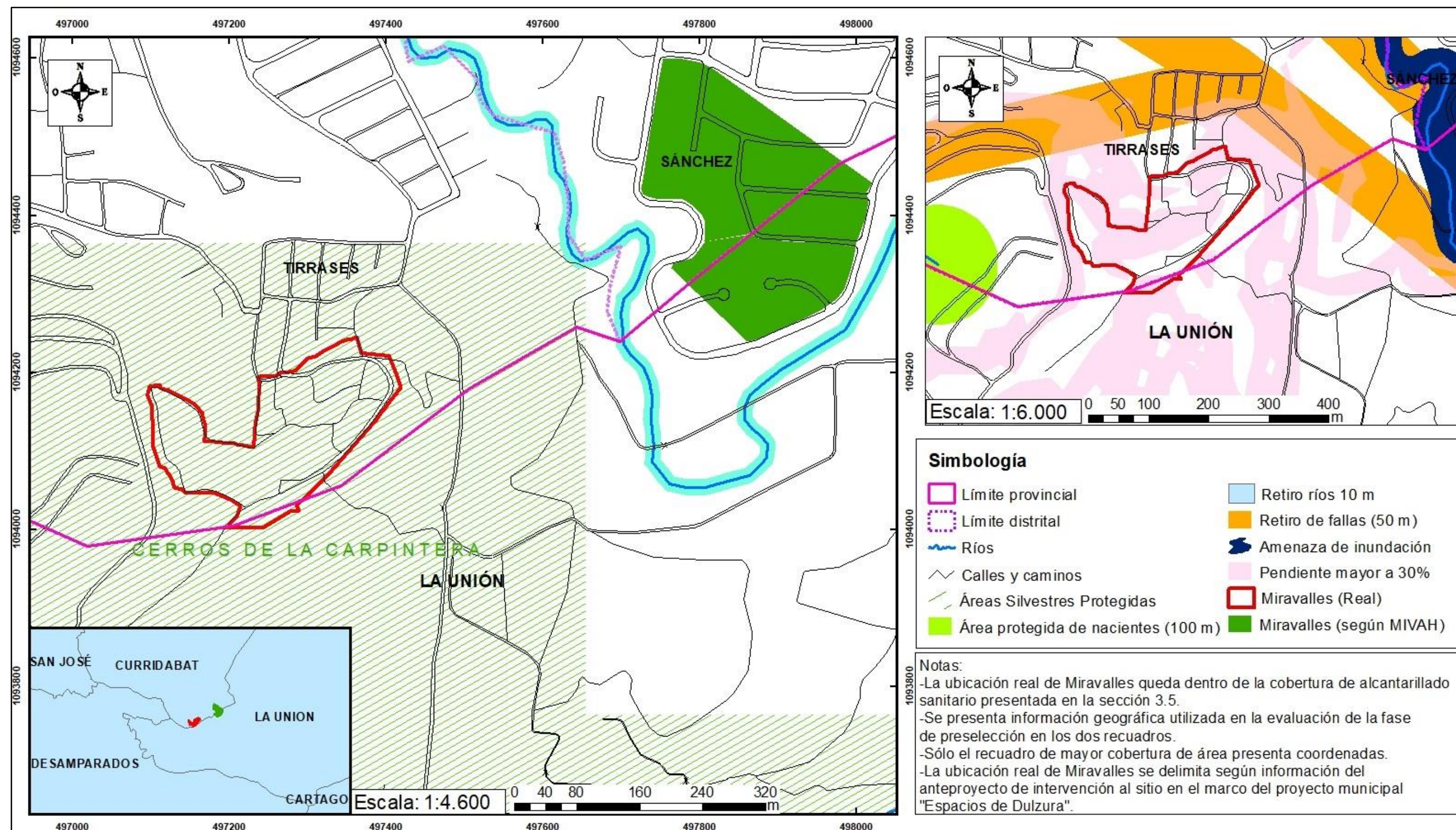
El motivo para hacer una excepción surge del Gerente Territorial de la Municipalidad de Curridabat, el Arq. Huberth Méndez quien propone a Miravalles (nombre con el que se conoce ante la Municipalidad y que de ahora en adelante se adopta para propósitos de este trabajo final de graduación), ubicado en el distrito de Tirrases, como otro de los asentamientos para desarrollar una propuesta de saneamiento en el sitio.

El motivo de la propuesta de Méndez se debe a que la Municipalidad de Curridabat ha invertido en la elaboración de propuestas y estudios orientados a mejorar la infraestructura y espacios públicos de Miravalles desde el 2017. Además, Méndez (2018) asegura que es uno de los asentamientos informales de Curridabat con posibilidades para su consolidación e incluso

formalización, debido a que esa es la intención del gobierno local. Por lo que, el producto de este trabajo final de graduación puede llegar a complementar los otros estudios hechos en la zona.

Al proceder con la evaluación en Miravalles, en esta fase de selección final, se descubre que el MIVAH, en su base de datos, ubica incorrectamente este asentamiento entre el distrito de Sánchez y el cantón de La Unión de Cartago en vez del distrito de Tirrases. Esto a su vez deja en duda los datos obtenidos de los Principales indicadores sobre asentamientos informales del INEC (2013) (publicación de donde se toman datos para la evaluación de los asentamientos en la Fase de preselección, del Capítulo 3), ya que, como se indica en la Sección 3.2, el INEC hizo uso del geodato del MIVAH para crear esta publicación.

La ubicación real y la incorrecta se muestran en el Mapa 11. Ubicación real del asentamiento informal Miravalles comparado con la ubicación según base de datos del MIVAH e información de la fase de preselección. En este mapa también se muestra la información geográfica utilizada en la Fase de preselección, con la que se debía haber evaluado Miravalles en su ubicación correcta.



Mapa 11. Ubicación real del asentamiento informal Miravalles comparado con la ubicación según base de datos del MIVAH e información de la fase de preselección

Elaborado por Farlin Dionisio Valverde Piedra

Fuente: Atlas ITCR, 2008. A y A 2016. MINAE, 2006
MIVAH, 2013. CNE, 2013. IGN, 2008.
PRUGAM, 2007. Municipalidad de Curridabat, 2018.

Coordenadas en proyección CRTM05

Con el Mapa 11 se demuestra que Miravalles está invadiendo una zona protectora (con lo que se hubiera descartado en la Fase de preselección), sin embargo, en el Plan General de Manejo de Zona Protectora Cerros de la Carpintera del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), se contemplan Zonas de Manejo dentro del área silvestre protegida en donde se determinan:

- Actividades permitidas.
- Actividades no permitidas.
- Acciones orientadoras.
- Legislación vigente que aplica.

Una de estas Zonas de Manejo en el plan es la Zona de Asentamientos Humanos, en la que Miravalles forma parte. En la Figura 23 se presenta el mapa de zonificación de la Zona Protectora Cerros de la Carpintera y se encierra en un círculo rojo la ubicación de Miravalles.

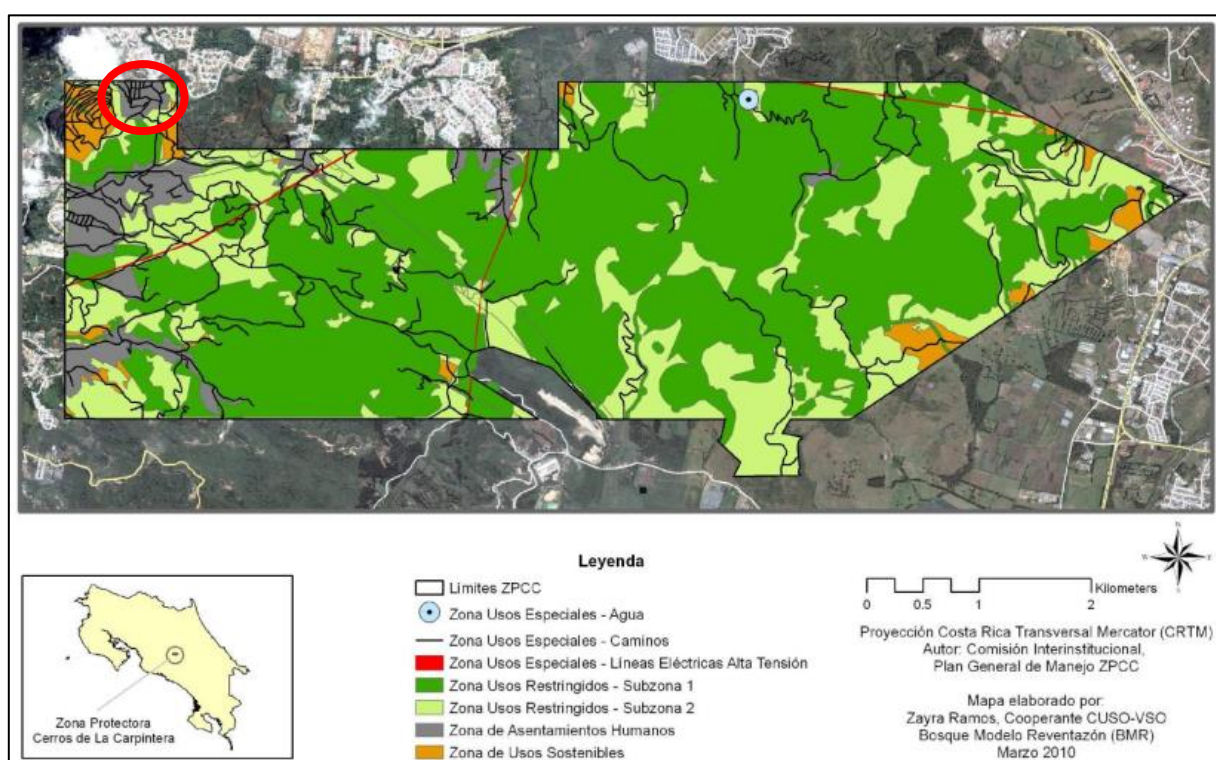


Figura 23. Zonificación de la Zona Protectora Cerros de la Carpintera

Fuente: SINAC, 2012

Modificado por Valverde, 2018

A estas zonas, el SINAC (2012) las considera como “asentamientos humanos ilegales” que actúan como una de las principales amenazas para la integridad y consolidación del área protegida. El plan tiene como meta restringir que estas comunidades crezcan, que se

implemente educación ambiental y que se hagan valer criterios establecidos en los planes reguladores, alineamientos, dimensiones y tratamiento de residuos.

En el Reglamento de zonificación y vialidad de Curridabat y sus reformas del Plan Regulador del cantón de Curridabat, se ubica el asentamiento informal de Miravalles en la Zona de Protección Forestal (en el Anexo 2, en la Figura A 13, se muestra la zonificación completa del distrito de Tirrases) donde los usos permitidos son:

1. Agropecuarios y forestales.
2. Vivienda unifamiliar de características suburbanas o agrícola.
3. Granjas (avícolas) siempre y cuando se cumpla con la Reglamentación vigente en la materia.

Con respecto a las viviendas unifamiliares permitidas en esta zona, a continuación, se indican ejemplos de algunas condiciones que deben cumplir los lotes con este uso:

- Superficie mínima de 1 ha (10 000 m²).
- Frente mínimo de 40 m.
- Retiro frontal de 15 m.
- Retiro lateral de 5 m.
- Retiro posterior de 5 m.
- Cobertura del 18% del lote en vivienda unifamiliar.
- Área máxima de construcción de 36% del lote.

Estas condiciones no son cumplidas por el asentamiento informal de Miravalles, sin embargo, los esfuerzos de la Municipalidad de Curridabat se orientan a que el sitio pase a ser un **“asentamiento consolidado”** como sucede el caso con Barrio San José (Méndez, 2018) y así generar condiciones acordes con el lugar.

Se reitera que las zonas protectoras son reguladas por el MINAE, a través del SINAC, por lo tanto, aunque el Plan General de Manejo de Zona Protectora Cerros de la Carpintera indique que se deben seguir los lineamientos del plan regulador respectivo al sitio, debe existir un diálogo entre el SINAC y la Municipalidad de Curridabat con el fin de que ambas instituciones lleguen a un acuerdo sobre los planes hacia esta comunidad.

Siendo que no se debe permitir o incentivar el crecimiento en este sitio, sí se deben mejorar las condiciones de vida, así como, demostrar que no se tenga una condición de riesgo por amenaza natural.

Habiendo aclarado la excepción hecha con Miravalles, se procede a su evaluación. Según la Figura 20

4.3.1 Ausencia alcantarillado sanitario construido o diseñado en Miravalles

Tirrases está incluido en el alcance del PMA, tanto que la red de alcantarillado sanitario llega a estar parcialmente en el asentamiento informal de Miravalles, como se presenta en la Figura 24.

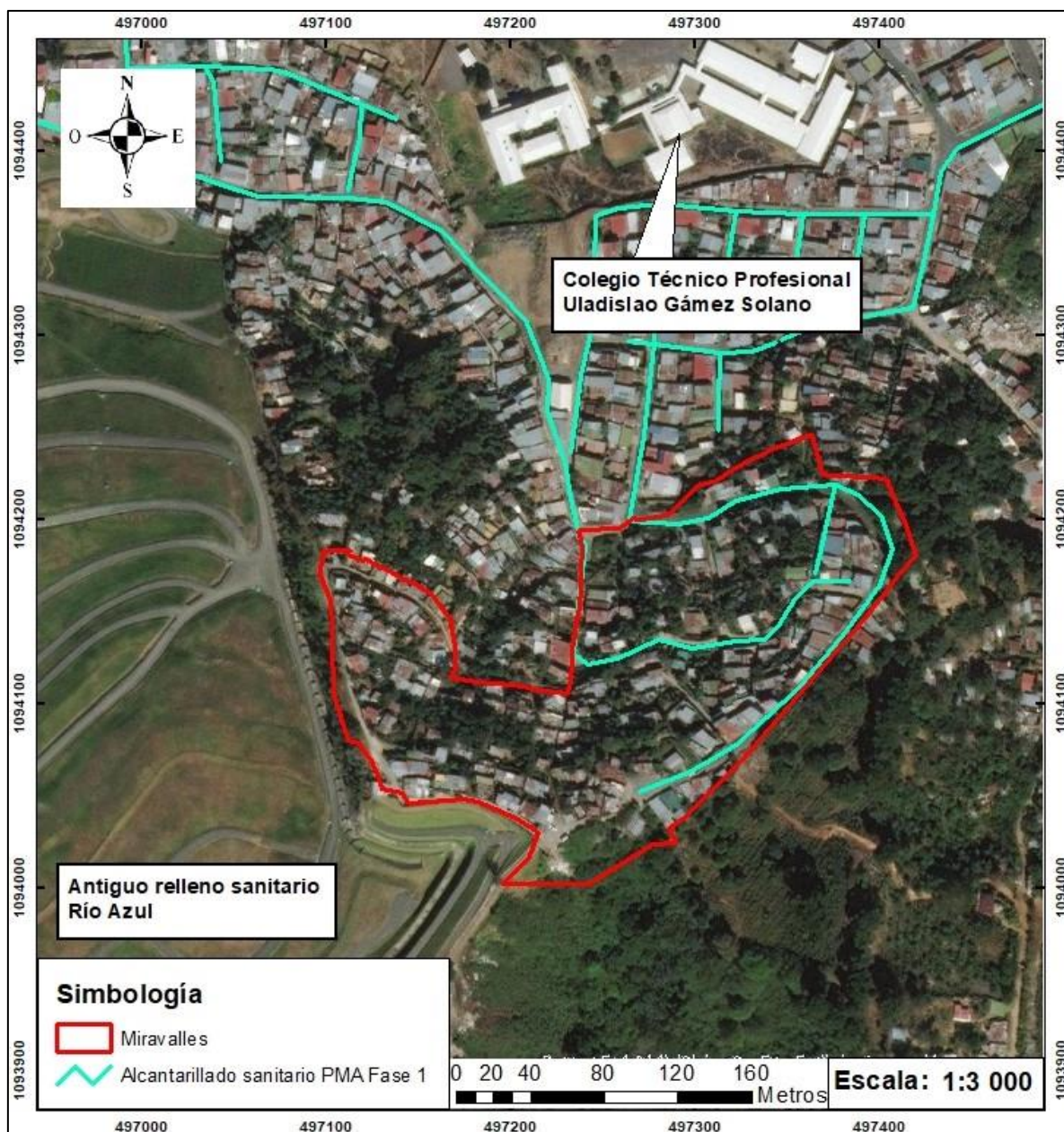


Figura 24. Distribución de la red de alcantarillado sanitario planeado para Miravalles

Fuente: AyA, 2016

4.3.2 Planes o intervenciones previas en Miravalles

Debido a los planes e inversión en propuestas de nueva infraestructura e inmuebles en Miravalles es por lo que se ha hecho una excepción con esta comunidad.

Dentro del marco del programa “Espacios de dulzura” de la Municipalidad de Curridabat, se han desarrollado propuestas que incluyen un parque, un nuevo salón comunal, un mirador/acopio, un mercado, alcantarillado pluvial, alumbrado público, aceras y gradas entre las alamedas del asentamiento con algunas pequeñas plazas para fomentar la permanencia e interacción de vecinos. En la Figura 25 se presenta una vista panorámica de Miravalles y en la Figura 26 una fotografía aérea de Miravalles, donde ambas indican las locaciones de dichas propuestas. Algunas incluso, llegan más allá de lo comprendido como el asentamiento informal de Miravalles.



Figura 25. Vista panorámica de Miravalles con la localidad de las gradas y espacios públicos propuestos

Fuente: Municipalidad de Curridabat, 2018



Figura 26. Fotografía aérea con locaciones de espacios públicos propuestos

Fuente: Municipalidad de Curridabat, 2018

Según el Mapa 11, Miravalles no tiene problemas de inundación, deslizamientos, invasión de zonas protegidas de ríos o nacientes ni tampoco de la invasión del retiro por fallas geológicas, aunque, puede notarse que es un sitio de altas pendientes (mayores a 30%).

La Municipalidad de Curridabat cuenta con un registro histórico de informes sobre incidentes y evaluaciones de la CNE hechas en Miravalles desde el año 2005. En ellos se asegura que los mapas generados por la propia CNE, donde se muestra la ubicación de amenazas naturales predecibles (utilizados para evaluar el criterio de localización respecto a estar fuera de una zona de riesgo por amenaza natural en la Sección 3.4), se encuentran en una escala muy grande. Esto quiere decir, que sitios como Miravalles, que no se contemplan dentro de las áreas de amenaza natural, no están exentos de que sucedan eventos.

Desde el 2005 y hasta el 2018, existen informes de la CNE en Miravalles o en barrios aledaños debido a sucesos relacionados con deslizamientos principalmente. La mayoría de los informes señala que los cortes hechos al terreno para la colocación de viviendas, las altas pendientes naturales del sitio y la erosión por parte del agua (de lluvia y aguas residuales) han generado

situaciones de riesgo e incluso se han dañado por completo viviendas en el asentamiento. Uno de los eventos más recientes trata sobre el anegamiento de viviendas debido al mal manejo de aguas pluviales, aguas residuales y residuos sólidos.

Al menos 15 eventos puntuales se han evaluado en Miravalles y sus alrededores, desde el 2005 por la CNE; cada uno de estos eventos involucran diferentes cantidades de afectados y en algunos se concluye que los afectados deben ser reubicados. Pero, el informe más destacable de la CNE sobre Miravalles es el que se genera en el año 2007 llamado Análisis de riesgos potenciales que pueden afectar al Proyecto Miravalles II, ubicado al este del antiguo Relleno Sanitario de Río Azul, llevado a cabo por la geóloga Joanna Méndez Herrera. Dicho informe se genera debido a que la Asociación de desarrollo específica pro-vivienda Miravalles II había solicitado a la CNE una evaluación de riesgo para poder continuar con la tramitología de fraccionamiento y visado de lotes (Méndez, 2007). En la Figura 27 se presenta la sección de Miravalles conocida como Miravalles II y lo que se conoce como Miravalles I.



Figura 27. Ubicación de Miravalles II y Miravalles I respecto al antiguo Relleno sanitario Río Azul

Fuente: Barahona, 2009

Méndez (2007) indica 7 factores antrópicos y 4 naturales que aumentan el riesgo en esta parte de Miravalles y se muestran en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Factores antrópicos y naturales que aumentan la posibilidad de ocurrencia de deslizamientos en Miravalles II

<i>Factores antrópicos</i>	<i>Factores naturales</i>
Degradación del terreno por distribución inadecuada de construcciones	Afloramiento de roca arenisca, alterada hidrotermalmente y fracturada.
Construcciones no presentan garantías previsibles contra amenazas naturales	
Segregación desordenada irrespetando características topográficas del sitio.	Suelo arcilloso con espesor mayor a los 2 metros vulnerable al efecto de deslizamientos y flujo de lodos por lluvias.
Ausencia de alcantarillado pluvial para evacuación eficiente de agua pluvial.	
No se cumple con área mínima de lotes para construir casas.	Fuertes pendientes, incluso mayores a 45° (100%), lo que aumenta el riesgo de deslizamientos.
Vías de acceso o “alamedas” no permiten evacuación rápida o ingreso de unidades de socorro.	
Servicios de agua y electricidad distribuidos al margen de la Ley.	Reportes frecuentes de deslizamientos en el área al 911.

Fuente: Méndez, 2007

En este informe, además, se reporta un gran deslizamiento ocurrido en el año 2005, donde en la corona se ubica Miravalles II y en la base el asentamiento informal Gloria Bejarano que se aprecia en la Figura 28.

Méndez concluye que no es recomendable que la población de Miravalles II permanezca en el sitio y lo que es reiterado por Barahona, en otro informe de la CNE en el 2009 ante otra solicitud de la Asociación de desarrollo específica pro-vivienda Miravalles II.

La Municipalidad de Curridabat, por su parte, contempla los nuevos edificios en la zona de Miravalles I, mientras que en Miravalles II contemplan extender gradas, alcantarillado pluvial, alumbrado público y plazas pequeñas. La Municipalidad tiene la voluntad de mejorar las condiciones de la comunidad e incluso, poder culminar en su formalización, sin embargo, debido a los reportes sobre Miravalles II, ha sido complicado avanzar en este proceso.



Figura 28. Señalamiento de deslizamiento en Miravalles II

Fuente: Méndez, 2007

Modificado por Valverde 2019

Para generar las propuestas de gradas en alamedas en Miravalles, se realizaron estudios de suelos y de estabilidad de taludes en los espacios que comprenderían estas gradas y los resultados en Miravalles II sobre estabilidad resultaron ser buenos, tanto en el caso estático como dinámico. Sin embargo, lo ideal sería que también se conozcan resultados sobre la estabilidad de taludes en los espacios ocupados por las viviendas y se tengan propuestas respectivas.

Parte de las recomendaciones constantes en los informes de la CNE es la de una mejoría en las condiciones de terreno, en la estructura de las viviendas e incluso implementar muros de retención en ciertos casos; también en la mejoría de encausar el agua pluvial y la gestión del agua residual para evitar flujo de lodos y deslizamientos debido a la erosión.

Se debe aclarar que lo mencionado anteriormente muestra a Miravalles como un asentamiento con antecedentes de problemas relacionados a deslizamientos. Sin embargo, no se puede dejar de lado que existe la intención del gobierno local en regular la situación del sitio y hacerlo un

lugar más habitable, pero, hacen falta estudios e intervenciones más a fondo, sobre todo a nivel de vivienda, para abarcar estos problemas.

En este criterio se evalúa la posibilidad de que el asentamiento continúe en el sitio actual y que se logren mejorar sus condiciones urbanas. Así que, como conclusión de esta evaluación, queda demostrado que el gobierno local sí busca hacer mejoras en el sitio, aunque, se debe abarcar más en el aspecto de reducción de riesgos por amenaza natural.

4.3.3 Contacto con líderes comunales y seguridad ciudadana

Con ayuda de la Municipalidad de Curridabat se contacta a Julio Quirós. Él es síndico del distrito de Tirrases y brinda acompañamiento en una caminata de reconocimiento por el sitio el día 1 de noviembre del 2018. Quirós brinda declaraciones que hacen notar que el sitio no tiene graves problemas de inseguridad, sin embargo, no está exento a sucesos por lo que se concluye que se debe ingresar al sitio con personas conocidas de la comunidad. Además, durante el recorrido, se aprecian que las alamedas son reducidas en espacio y con viviendas muy cercanas entre sí, lo que quizás pueda generar cierto recelo si notan personas ajenas al asentamiento en el lugar.

Se concluye que Miravalles cumple con los criterios de la selección final, así que, es seleccionado para desarrollar una propuesta de alcantarillado sanitario.

4.4 Resultado de la selección final de asentamientos informales

Todos los criterios propuestos en la selección final de asentamientos informales se evalúan enteramente en un asentamiento producto de la metodología de evaluación en donde se preseleccionan una serie de asentamientos en la GAM con un orden de prioridad establecido, siendo este Barrio San José., el de mayor prioridad. Este cumple con los criterios para ser seleccionado como uno de los asentamientos en los cuales desarrollar la propuesta de alcantarillado sanitario.

El segundo asentamiento evaluado en la selección final es Miravalles, el cual surge como propuesta de parte de un funcionario de la Municipalidad de Curridabat. Este asentamiento informal también forma parte del grupo de asentamientos preseleccionados en el Capítulo 3, pero, sin estar dentro de los 10 más prioritarios. No obstante, por el interés del gobierno en él, se realiza una excepción. Y al cumplir con los criterios es seleccionado para continuar el desarrollo de este trabajo.

CAPÍTULO 5. DESCRIPCIÓN DE ZONAS DE ESTUDIO EN ASENTAMIENTOS INFORMALES SELECCIONADOS

5.1. Descripción de Barrio San José

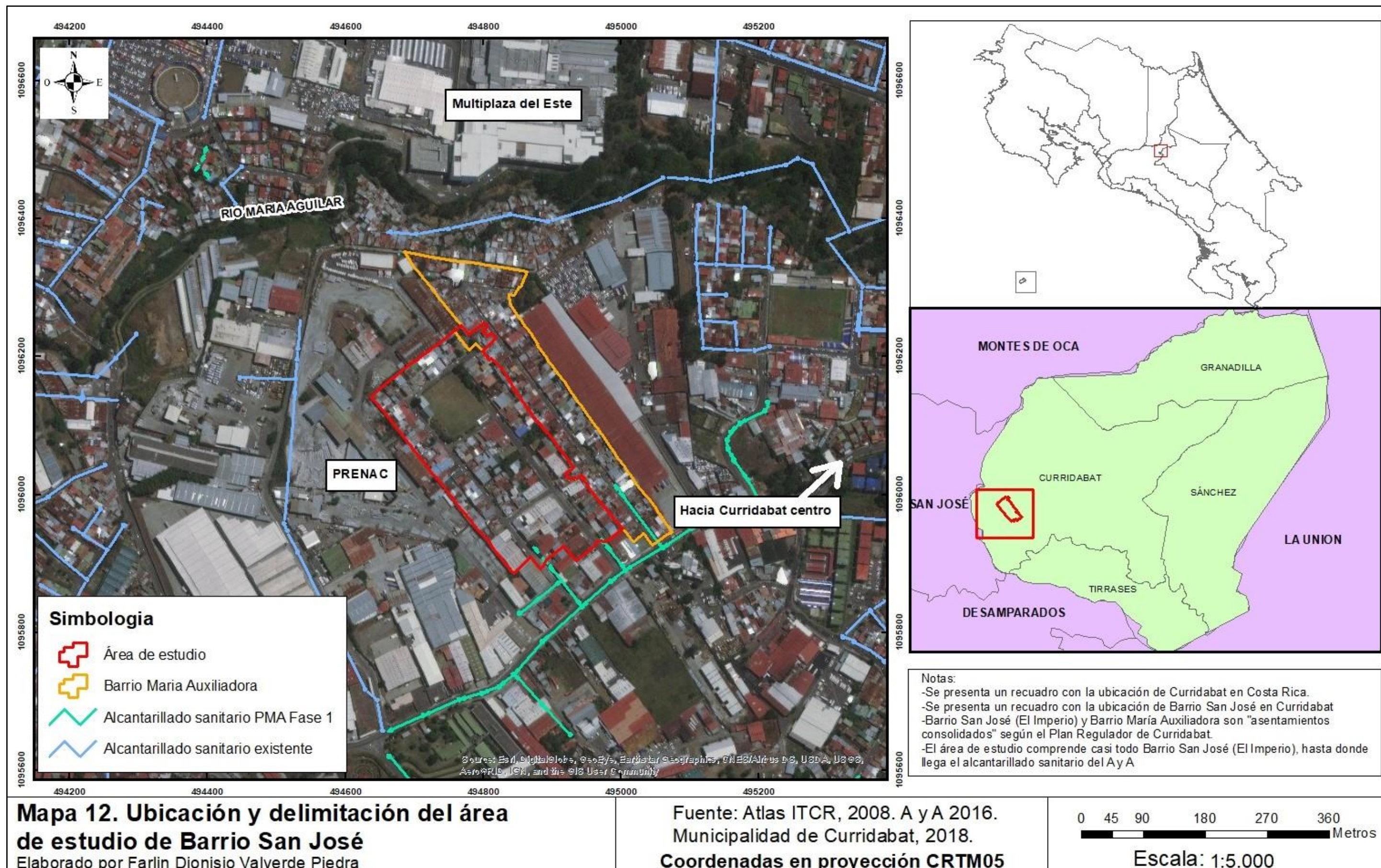
5.1.1 Delimitación de área de estudio

Este asentamiento informal se funda en 1988, en medio de una zona industrial, en el distrito de Curridabat del cantón del mismo nombre, conociéndose en sus inicios como Gloria Bejarano o Hijos de Gloria Bejarano (MIVAH, 2005). Sin embargo, ante el MIVAH y el INEC este asentamiento es llamado Gloria Bejarano-Barrio San José y ante la Municipalidad de Curridabat es conocido como Barrio El Imperio, posiblemente por la cercanía con la empresa Confecciones El Imperio (MIVAH, 2005). El nombre de Barrio San José proviene de que dicha zona industrial en la que se ubica ya se conocía como Barrio San José con anterioridad. Para efectos de este trabajo y mantener consistencia con lo desarrollado anteriormente, se le llama al asentamiento como Barrio San José.

Para delimitar el área de estudio se considera hasta el último pozo de registro del PMA en la **zona de "asentamiento consolidado" designado por** la Municipalidad de Curridabat (que se muestra en la Figura 21) para Barrio San José. En el Mapa 12. Ubicación y delimitación del área de estudio de Barrio San José puede verse de manera más clara el límite establecido para el área de estudio. Otros datos sobre el área de estudio son:

- Área superficial: 59 971 m²
- Colindancia Norte y Oeste: Pretensados Nacionales (PRENAC).
- Colindancia Este: Asentamiento informal Barrio María Auxiliadora.
- Colindancia Sur: Comercios e industrias varios y Diagonal 48 (calle que comunica Curridabat con San Francisco de Dos Ríos)

Debe aclararse que Barrio María Auxiliadora no se encuentra ni siquiera en el conjunto inicial de asentamientos informales de la fase de preselección, debido a que no se encuentra en la base de datos de la publicación del INEC, aunque, sí está contemplado en el geodato del MIVAH. Esta comunidad no tiene conexión directa por calles a Barrio San José y según Aymerich (2018) no es un lugar seguro para estar.



El área de estudio de Barrio San José tiene la particularidad de contar con comercios, centros de acopio, centros de distribución, oficinas y bodegas. Esto se debe a que, al considerar la **zona designada por la Municipalidad de Curridabat como "asentamiento consolidado"** en donde no estuviera el servicio de alcantarillado sanitario del PMA, como consecuencia, se incluyen edificios con estos usos. En la Figura 29 se muestra el Catastro Municipal de Curridabat en el área de estudio y se identifica el uso de suelo urbano de cada predio. Las fuentes de dicha información son el propio geodato del Catastro Municipal de Curridabat, junto con una imagen aérea producto del levantamiento de imágenes por dron (en la sección 5.1.2 y Anexo 3 se detalla más sobre este levantamiento) y mediante observaciones realizadas en el sitio.

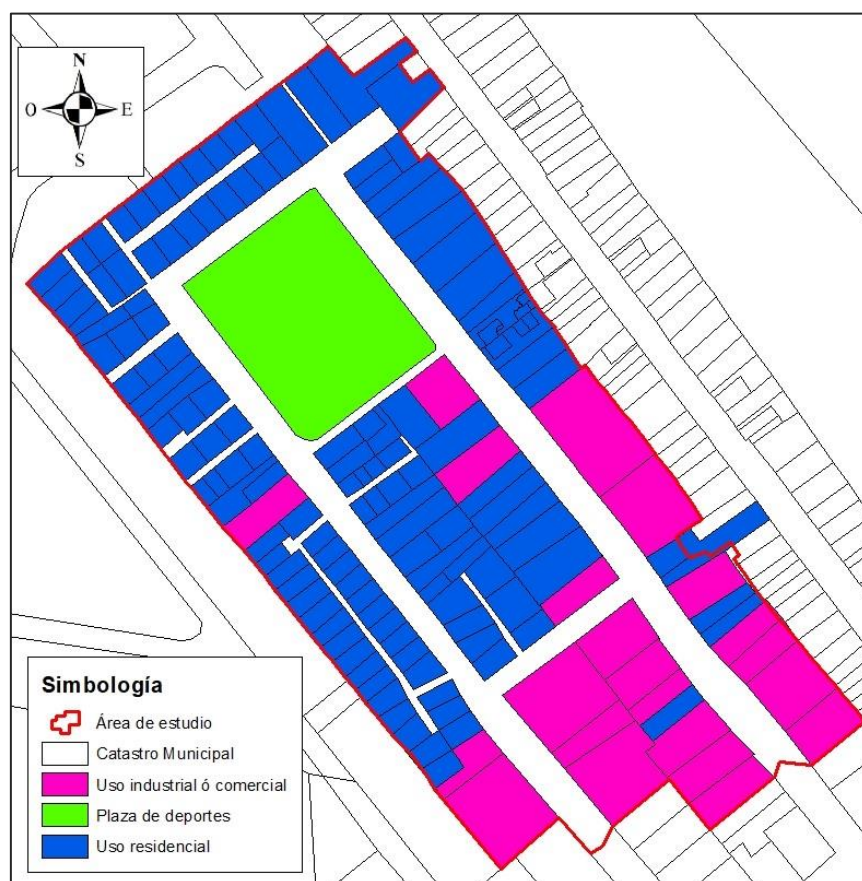


Figura 29. Extracto de Catastro Municipal de Curridabat identificando entre el uso comercial/industrial y el uso residencial de las propiedades en el área estudio de Barrio San José

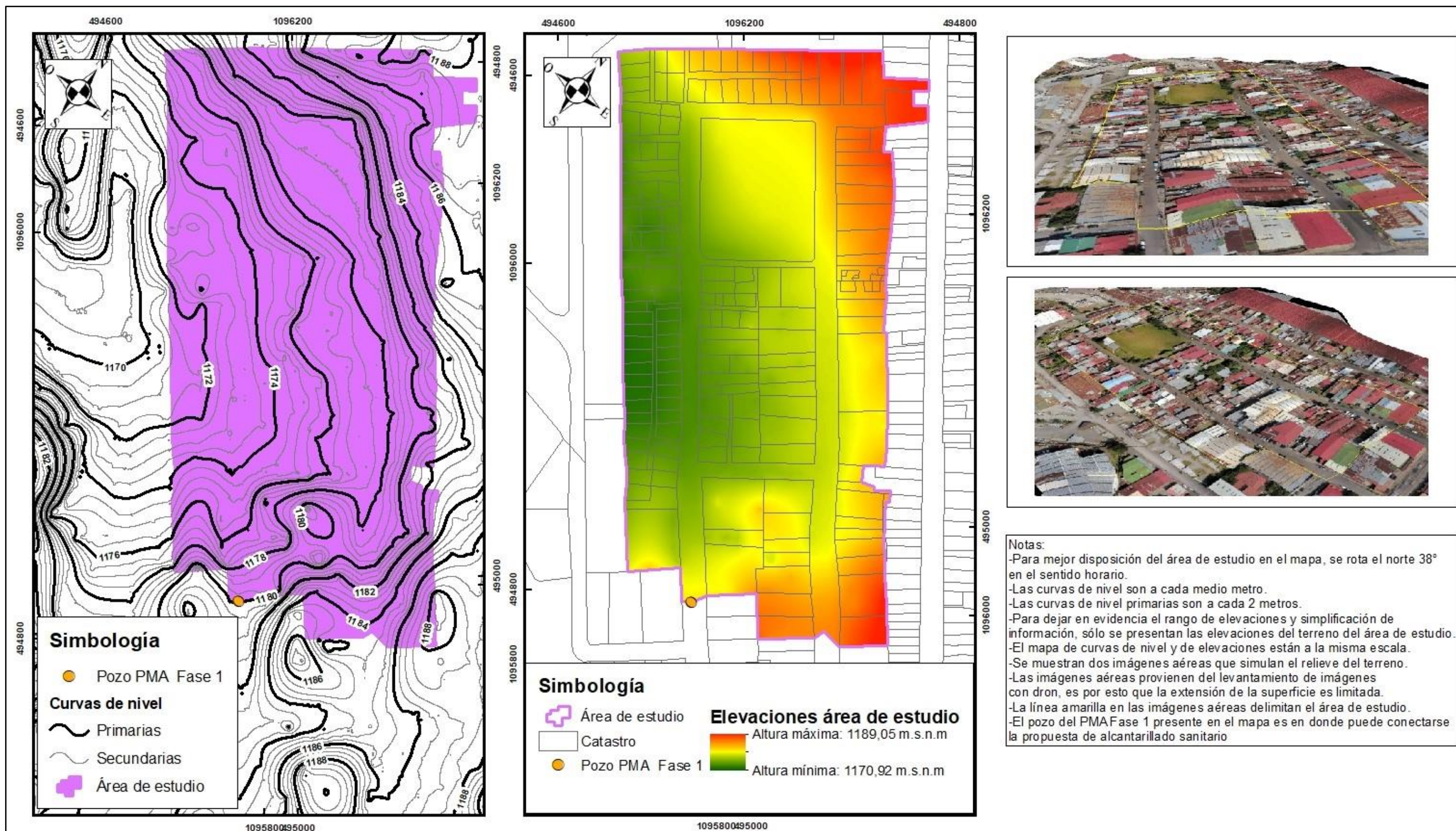
Fuente: Municipalidad de Curridabat, 2018

5.1.2 Topografía

La información topográfica se obtiene gracias a la colaboración de la Dra. Isabel Avendaño, directora de la Escuela de Geografía de la Universidad de Costa Rica, mediante un levantamiento de imágenes aéreas tomadas por medio de un dron. Dicho levantamiento se realiza el 26 de noviembre de 2018, con la ayuda del M.Sc. Ramón Masís y del M.Sc. Melvin Lizano, profesionales de la Escuela de Geografía que también trabajaron en el procesamiento de las imágenes para obtener el MED. La información respectiva a este levantamiento y los resultados obtenidos se presentan en el Anexo 3.

En el Mapa 13. Curvas de nivel, modelo digital de terreno e imágenes aéreas de Barrio San José, se muestra que la altura máxima del sitio es de 1189,05 m.s.n.m y la altura mínima de 1170,92 m.s.n.m, siendo hacia el suroeste del asentamiento donde se encuentran las elevaciones más bajas y tanto en el norte como al sureste es donde se pueden ver las mayores elevaciones.

También se muestra el pozo más cercano del alcantarillado sanitario del AyA que corresponde a uno del PMA Fase 1 en donde se plantea que pueda darse la conexión de la propuesta en Barrio San José.



Mapa 13. Curvas de nivel, modelo digital de terreno e imágenes aéreas de Barrio San José
Elaborado por Farlin Dionisio Valverde Piedra

Fuente: Lizano, M y Masís R, 2018.
Municipalidad de Curridabat, 2018.
Coordenadas en proyección CRTM05



5.1.3 Población y vivienda

La información presente en la publicación llamada X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda: Principales indicadores sobre asentamientos informales del INEC (2013), utilizada en la fase de preselección, resulta muy útil para obtener información censal de la población y vivienda de cada asentamiento informal, sin embargo, se debe obtener información del Censo específica para el área de estudio definida en Barrio San José en la sección 5.1.1.

Se solicitan los UGM de los distritos de Tirrases y Curridabat, así como la información censal correspondiente de 2011 al INEC. Al identificar los UGM asociados al área de estudio, es cuestión de tomar la información censal que contienen. No obstante, debe recordarse que los UGM son divisiones territoriales hechos con fines estadísticos en donde se agrupan los datos de población y vivienda y no necesariamente estos van a coincidir de forma exacta con el área de estudio en Barrio San José o con Miravalles incluso. Esto puede notarse mejor en la Figura 30 en el caso de Barrio San José.

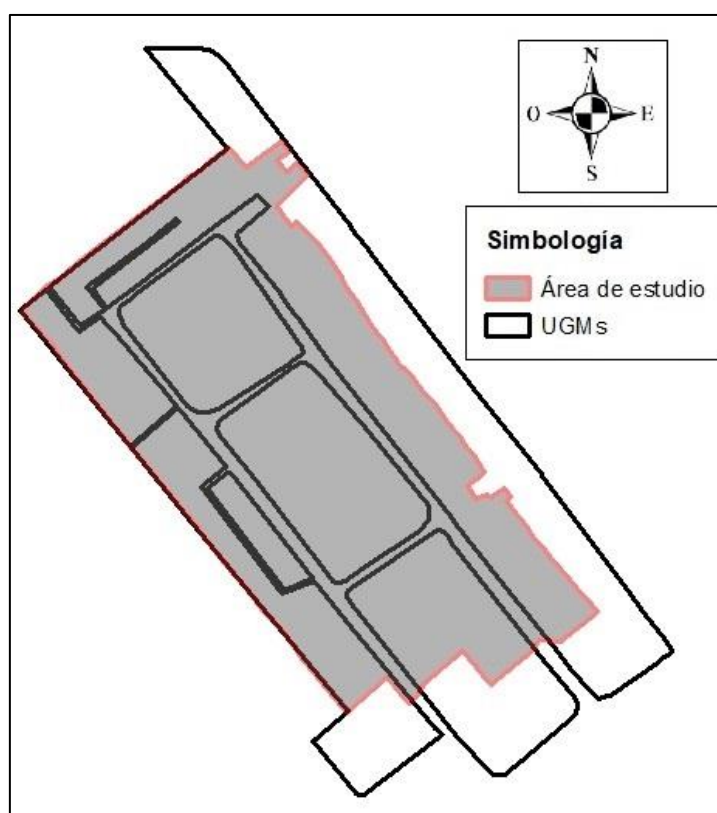


Figura 30. Área de estudio de Barrio San José junto con los UGM que les corresponden

Fuente: INEC, 2011

Como algunos UGM tienen una porción de ellos dentro del área de estudio de cada asentamiento y otra porción fuera, para efectos de la información censal a tomar de estos, se opta por considerar sólo una proporción de esta, correspondiente a la misma proporción de predios del UGM que estén dentro del área de estudio. Los predios se obtienen del Catastro Municipal de la Municipalidad de Curridabat. Por ejemplo, si un UGM tiene 121 predios asociados, donde, 62 de esos predios se encuentran dentro del área de estudio de Barrio San José, significa que aproximadamente el 51% de los predios de ese UGM están dentro del área de estudio, por lo tanto, se toma el 51% de la información censal del UGM. El ejemplo anterior se da con el UGM 32860 en Barrio San José. En la Figura 31, se muestra cómo se realiza este procedimiento con todos los UGM de Barrio San José que están parcialmente dentro del área de estudio. Dicho procedimiento se aplica de la misma forma en Miravalles.

En el Mapa 14. UGMs asociados parcial o totalmente con el área de estudio de Barrio San José, se indica cuanta proporción de datos de los UGM se considera para aquellos que se extienden más allá del área de estudio, según el procedimiento anterior.

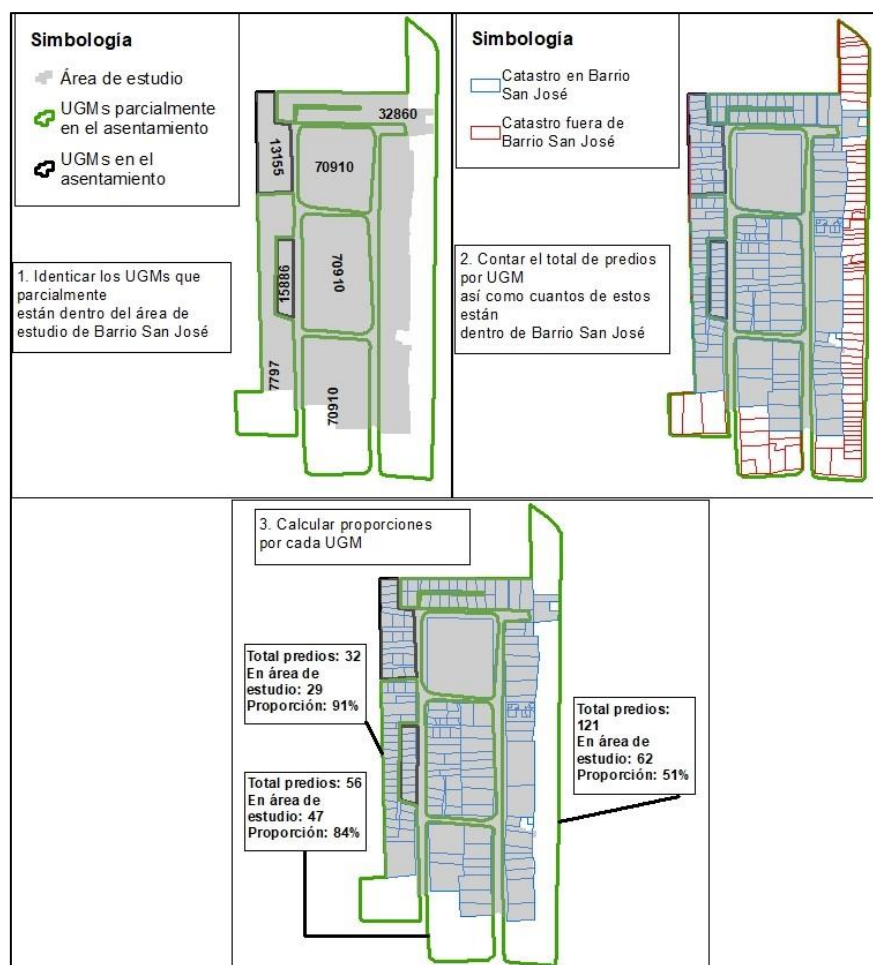
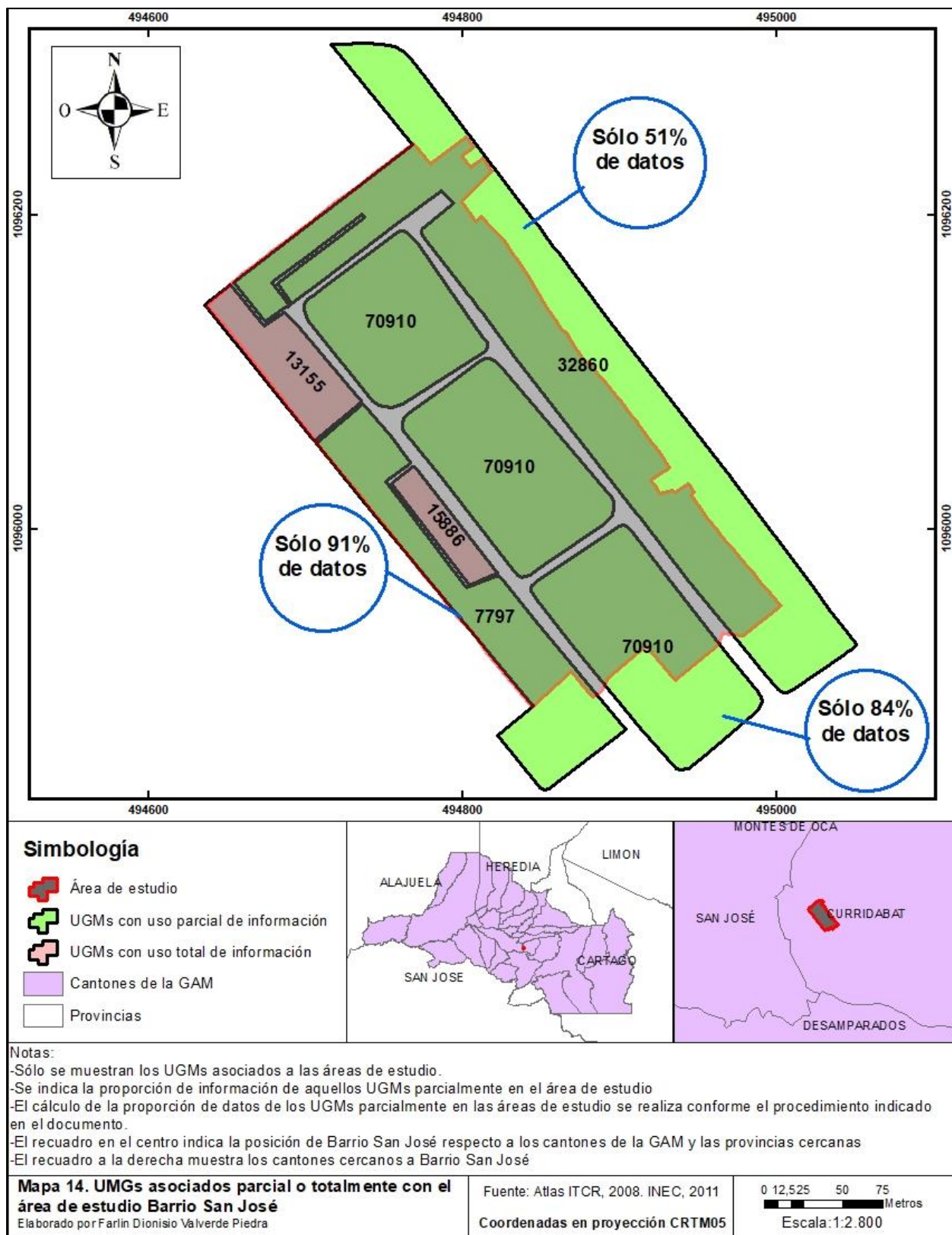


Figura 31. Procedimiento para determinar proporciones de información a tomar en UGMs que se encuentran parcialmente en el área de estudio

Fuente: INEC 2011 y Municipalidad de Curridabat 2018



Los datos obtenidos de los UGM asociados a Barrio San José permiten conocer detalles extra de la población, que no se conocían por medio de la publicación del INEC utilizada en la Fase de preselección, como es la población que vive en pobreza y en pobreza extrema desde el punto de vista de sus ingresos (Método de línea de pobreza). Desde esta perspectiva la pobreza se define cuando el ingreso per cápita es menor o igual al costo per cápita de una canasta de bienes que cubra necesidades alimentarias y necesidades no alimentarias (INEC, 2015). La pobreza extrema se da cuando el ingreso per cápita es menor o igual al costo per cápita de la Canasta Básica Alimentaria (INEC, 2015).

Otros datos que no se contemplaron en la Fase de preselección es el hacinamiento por aposento y el hacinamiento por dormitorio. Cuando en una vivienda hay 2 o más personas por aposento, resulta que esto es hacinamiento por aposento mientras que el hacinamiento por dormitorio es cuando se distribuyen 3 o más personas por dormitorio (INEC, 2013). También se obtienen datos sobre la gestión de los residuos sólidos en las viviendas de la comunidad.

Los datos de estas variables, junto con la información de otras variables que ya fueron estudiadas en la Fase de preselección, pero que, en este caso se asocian al área de estudio delimitada (que en Barrio San José incluye más área que sólo el asentamiento informal), permiten dar una mejor visión del contexto en el sitio. En el Cuadro 19 se tabulan los datos obtenidos de los UGM asociados al área de estudio de Barrio San José.

Cuadro 19. Datos generales de población y vivienda en el área de estudio delimitada para Barrio San José

<i>Variables sobre población</i>		<i>Personas</i>	
Total		836	
Trabajando en el mismo cantón		184	
Con alguna necesidad básica insatisfecha (NBI)		231	
En pobreza		97	
En pobreza extrema		5	
<i>Variables sobre viviendas</i>	<i>Viviendas</i>	<i>Variables sobre viviendas</i>	<i>Viviendas</i>
Total individuales ocupadas	249	Tugurios	0
Con tubería de agua adentro	241	Con tanque séptico	200
Con alcantarillado sanitario	48	Con letrina	0
Eliminan basura con camión recolector	249	Sin servicio sanitario	1
Botan basura a lote baldío	0	Queman basura	0
Hacinamiento por aposento	5	Hacinamiento por dormitorio	20
Ocupación promedio de vivienda		3,36	

Fuente: INEC, 2011

Según los datos del cuadro anterior, toda la población hace uso del servicio de camión recolector para disponer sus residuos sólidos. En la comunidad existen puntos de recolección adaptados para la colocación de la basura y su eventual recolección, pero, también existen otros puntos sobre la calle en donde los vecinos suelen depositar basura para eventualmente ser recogida. En la Figura 32 se muestra uno de los puntos en donde se disponen los residuos sólidos para su recolección.



Figura 32. Punto de recolección de basura en Barrio San José

Nótese que prácticamente el 80% de las viviendas hacen uso del tanque séptico. Esto demuestra su uso extendido en esta comunidad y como se menciona en la sección 1.1.1, resulta ser un problema por el limitado espacio de las viviendas en zonas urbanas y porque las viviendas en los asentamientos informales podrían haberse construido sin la aprobación necesaria. Esto haría que el sistema de tanque séptico y zona de drenaje no realice el tratamiento adecuado y se dé una mayor contaminación en el suelo o del agua, si existe un nivel freático alto.

Un dato del Cuadro 19 que llama la atención es el que indica que algunas viviendas hacen uso del servicio de alcantarillado sanitario, sin embargo, únicamente se contempla la creación de una nueva red de alcantarillado sanitario producto del PMA, como se muestra en el Mapa 12 (sección 5.1.1), pero que esta no estaría dentro del área de estudio. Además, los datos que indican esto son del 2011 por lo que resulta muy poco probable que las viviendas pudieran estar haciendo uso de algún servicio de alcantarillado sanitario, ya que, la Planta de

Tratamiento de Aguas Residuales Los Tajos inicia operaciones hasta junio del 2015 y apenas en el 2016 se realizan reuniones de personal del AyA con representantes de la Municipalidad de Curridabat donde tratan con el trazado de la red de alcantarillado sanitario del PMA (AyA, 2016). Antes de estos años no existía la disponibilidad del servicio en el área.

Con esto surge la limitante de saber a qué se refieren los datos del Censo del 2011 con disponer las aguas residuales al alcantarillado sanitario en sitios donde las viviendas no tienen disponibilidad de conexión a este servicio. El motivo de que esto suceda puede ser un desconocimiento por parte del encuestador o por la población que responde a la encuesta sobre las condiciones del lugar.

Una suposición sobre a qué pueden referirse los datos sobre viviendas conectadas al alcantarillado sanitario en Barrio San José en el 2011, sea que en realidad vierten el agua residual al alcantarillado pluvial con el que cuentan. Esto sucede aún en el año 2019, ya que una visita realizada visita a Barrio San José, el 23 de febrero, se evidencia la presencia de aguas residuales en el alcantarillado pluvial, cuando no había lluvia, en la Figura 33, a la vez que se observa una importante presencia de residuos sólidos.



Figura 33. Agua residual y residuos sólidos en tragante de Barrio San José

5.1.4 Espacio urbano

A continuación, en la Figura 34 se realiza una breve descripción sobre la infraestructura urbana, viviendas y áreas verdes o comunes en Barrio San José.

Barrio San José



Alumbrado público: Existe en toda el área de estudio incluyendo alamedas.



Calles: Calzada de asfalto, con anchos variables, desde los 4 m hasta los 8,5 m, aunque, de doble vía en la mayoría del área de estudio.



Áreas verdes y de uso comunal: Cancha de fútbol, vestidores, cancha de baloncesto, salón comunal y área de juegos para niños.



Viviendas: No hay tugurios (lo que concuerda con el dato en el Cuadro 19). La mayoría se aprecian en buen estado, construidas en mampostería, elementos de concreto prefabricado, paredes livianas y láminas metálicas. Se aprecian varias viviendas con segundo piso e incluso algunas tienen un tercer piso.



Aceras: Presentes en todas las calles del área de estudio en al menos un lado, de entre 0,80 m a 1,2 m de ancho, existen gradas en vez de rampas en el recorrido.



Alamedas: De 2,8 m a 3,5 m de ancho aproximadamente, calzada de concreto y asfalto.



Agua potable y alcantarillado pluvial: Existe servicio formal de agua potable por parte del AyA en las viviendas. El alcantarillado pluvial se construyó en colaboración conjunta entre vecinos, municipalidad y la industria vecina de PRENAC. Hay presencia de un hidrante.



Figura 34. Resumen del entorno urbano en Barrio San José

5.2. Descripción de Miravalles

5.2.1 Delimitación de área de estudio

La comunidad se divide en Miravalles I y Miravalles II (tal y como se presenta en la Figura 27), donde Miravalles I existe desde 1989 y se asentó en un terreno propiedad del INVU mientras que Miravalles II está desde el 2001 y el terreno apropiado es del Ministerio de Salud (MIVAH, 2005).

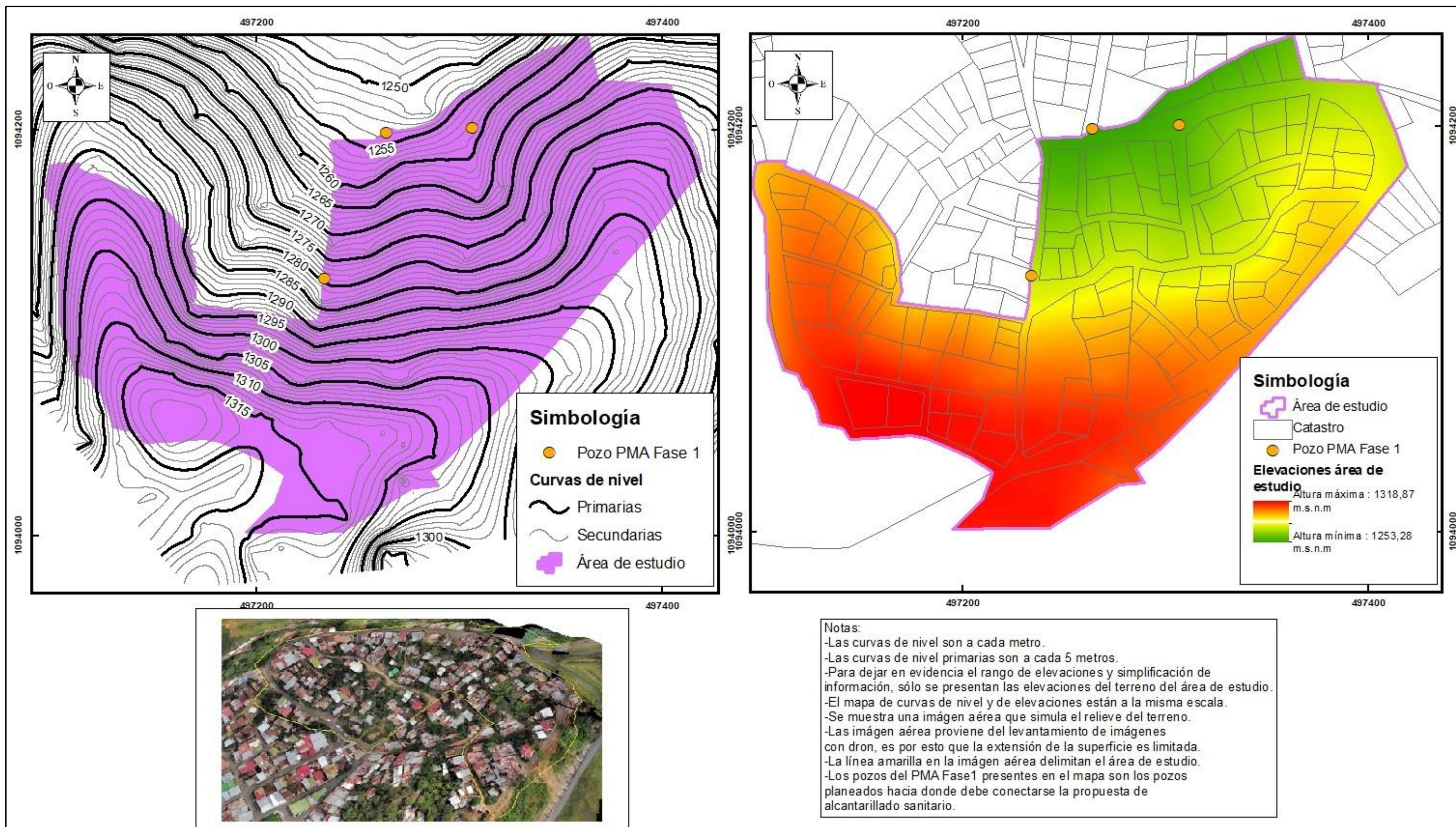
El área de estudio comprende los mismos límites del asentamiento informal, los cuales se mostraron previamente en la Figura 24 y el Mapa 11. Algunos datos sobre el área de estudio de Miravalles son:

- Área superficial: 38 341 m².
- Colindancia Norte: Urbanización Santa Teresita de Tirrases.
- Colindancia Sur: Cantón de La Unión, de la provincia de Cartago.
- Colindancia Oeste: Antiguo relleno sanitario de Río Azul.
- Colindancia Este: Propiedades privadas que colindan con Calle Garita.
- Todo el asentamiento es de uso residencial (aunque algunas viviendas son adaptadas **para que también funcionen como pequeñas tiendas de abarrotes o “pulperías”**).

5.2.2 Topografía

El 13 de noviembre de 2018, el M.Sc. Ramón Masís y del M.Sc. Melvin Lizano colaboran en realizar el levantamiento de imágenes aéreas por dron en Miravalles. El Mapa 15. Curvas de nivel, modelo digital de terreno e imagen aérea de Miravalles, presenta que la altura máxima es de 1318,87 m.s.n.m y la mínima de 1253,28 m.s.n.m, ubicándose las mayores elevaciones hacia el sur y las menores en el norte del asentamiento. Miravalles se caracteriza por ser una comunidad en un terreno empinado.

También se muestran los pozos más cercanos del alcantarillado sanitario del AyA que corresponde al PMA Fase 1 en donde se plantea que pueda darse la conexión de la propuesta en Miravalles.



Mapa 15. Curvas de nivel, modelo digital de terreno e imagen aérea de Miravalles
Elaborado por Farlin Dionisio Valverde Piedra

Fuente: Lizano, M y Masís R, 2018.
Municipalidad de Curridabat, 2018.
Coordenadas en proyección CRTM05

0 15 30 60 90 120 Metros
Escala: 1:1 800

5.2.3 Población y vivienda

Tal y como se explica en la sección 5.1.3, con ayuda de los UGM de Tirras es que se obtiene la información censal pertinente al área de estudio de Miravalles. Además, a diferencia de Barrio San José, Miravalles se está localizando incorrectamente según el geodato del MIVAH como se explica en la sección 4.3, por lo tanto, la información de población y vivienda de la publicación del INEC utilizada en la Fase de preselección posiblemente tenga datos erróneos. Lo que hace aún más necesario el obtener nuevos datos respecto a este sitio.

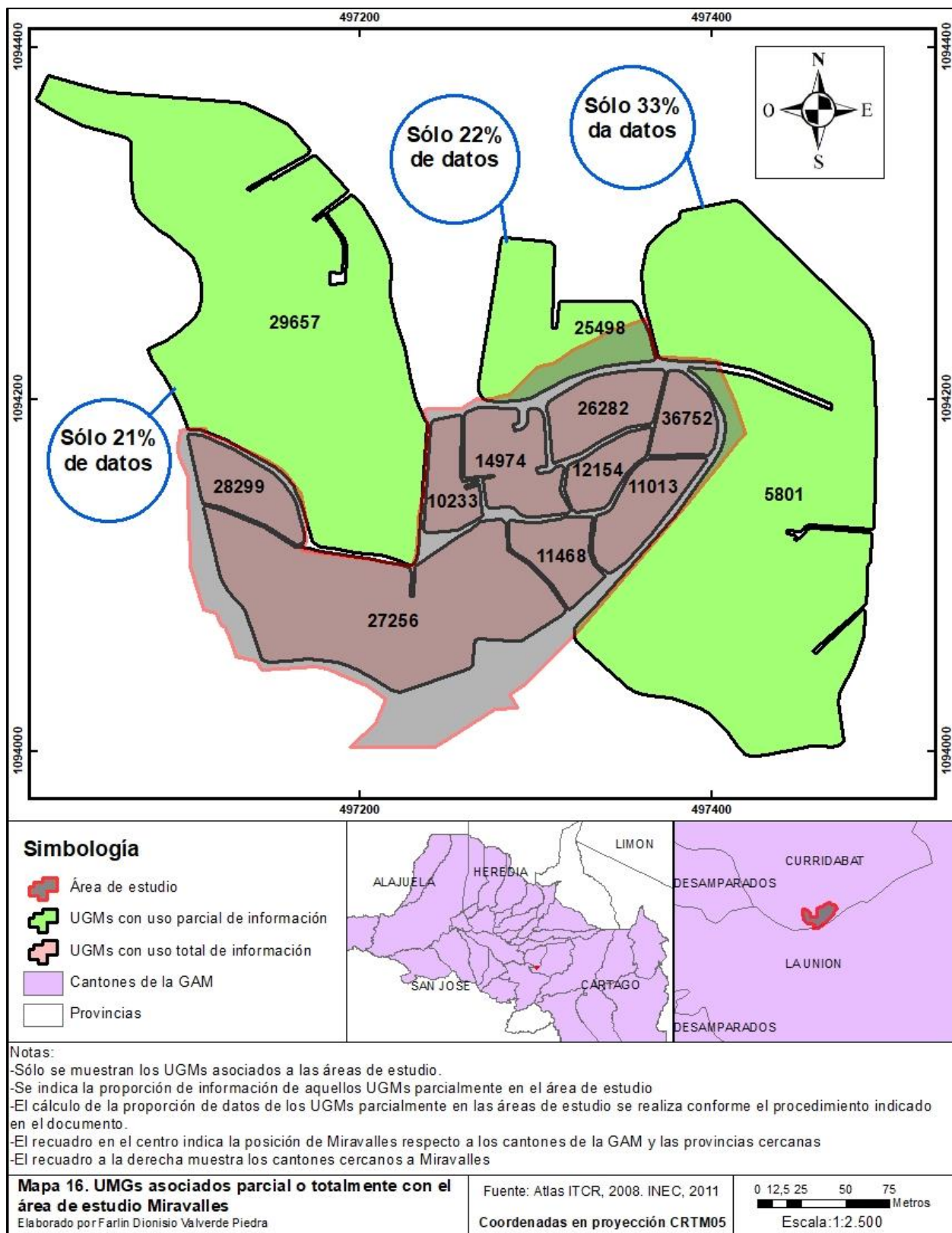
En la sección 5.1.3 se explica más a detalle lo que sucede con los UGM que no están dentro del área de estudio completamente, sino que solo una porción de ellos. Con base en ese procedimiento, en el Mapa 16. UGMs asociados parcial o totalmente con el área de estudio de Miravalles, se da a saber proporción de datos de los UGM que se considera para aquellos que se extienden más allá del área de estudio.

En el Cuadro 20 se tabulan los datos obtenidos de los UGM asociados al área de estudio de Miravalles.

Cuadro 20. Datos generales de población y vivienda en el área de estudio delimitada para Miravalles

<i>Variables sobre población</i>		<i>Personas</i>	
Total		805	
Trabajando en el mismo cantón		127	
Con alguna necesidad básica insatisfecha (NBI)		517	
En pobreza		327	
En pobreza extrema		37	
<i>Variables sobre viviendas</i>	<i>Viviendas</i>	<i>Variables sobre viviendas</i>	<i>Viviendas</i>
Total individuales ocupadas	191	Tugurios	15
Con tubería de agua adentro	153	Con tanque séptico	130
Con alcantarillado sanitario	26	Con letrina	30
Eliminan basura con camión recolector	184	Sin servicio sanitario	5
Botan basura a lote baldío	2	Queman basura	5
Hacinamiento por aposento	19	Hacinamiento por dormitorio	40
Ocupación promedio de vivienda		4,2	

Fuente: INEC, 2011



En Miravalles, por lo general, la población de cada vivienda hace uso del servicio de camión recolector de residuos sólidos. Similar al caso de Barrio San José, existen algunos puntos adaptados a depositar los residuos sólidos, pero también hay puntos de recolección sobre la misma vía pública. En la Figura 35 se muestra uno de los sitios “adaptados” para la recolección de basura.



Figura 35. Punto de recolección de basura en Miravalles

En Miravalles, casi el 86% de las viviendas indican su uso de letrinas, tanque séptico o ningún servicio sanitario. Tal como se indica para Barrio San José, esto puede significar un problema de contaminación para el suelo y el agua.

Al igual que como sucede en Barrio San José, existen viviendas que para el año 2011, indican que hacen uso del servicio de alcantarillado sanitario, como se muestra en el Cuadro 20. Son 26 viviendas las viviendas que lo indican, pero, esto resulta ser poco probable de ser cierto, debido a que, como se menciona en la sección 5.1.3, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Los Tajos inicia operaciones hasta junio del 2015 y en el 2016, el AyA y la Municipalidad de Curridabat coordinan reuniones para tratar con el tema del alcantarillado sanitario en el cantón, producto del PMA (AyA, 2016). Antes de estos años, no se tienen evidencia de que se haya dado el servicio de alcantarillado sanitario.

Se tiene la misma suposición indicada para Barrio San José, donde posiblemente, con este dato, se refieren a que vierten las aguas residuales a las alcantarillas de evacuación de agua pluvial. Esto es algo que aún sucede ya que como se muestra en la Figura 36, existe agua siendo evacuada en un día de visita al asentamiento, el 8 de marzo de 2019, en donde no hubo lluvia del todo. También es notoria la cantidad de residuos sólidos **en medio de los "pozos" del** alcantarillado pluvial de Miravalles, principalmente, porque estos no cuentan con tapa.

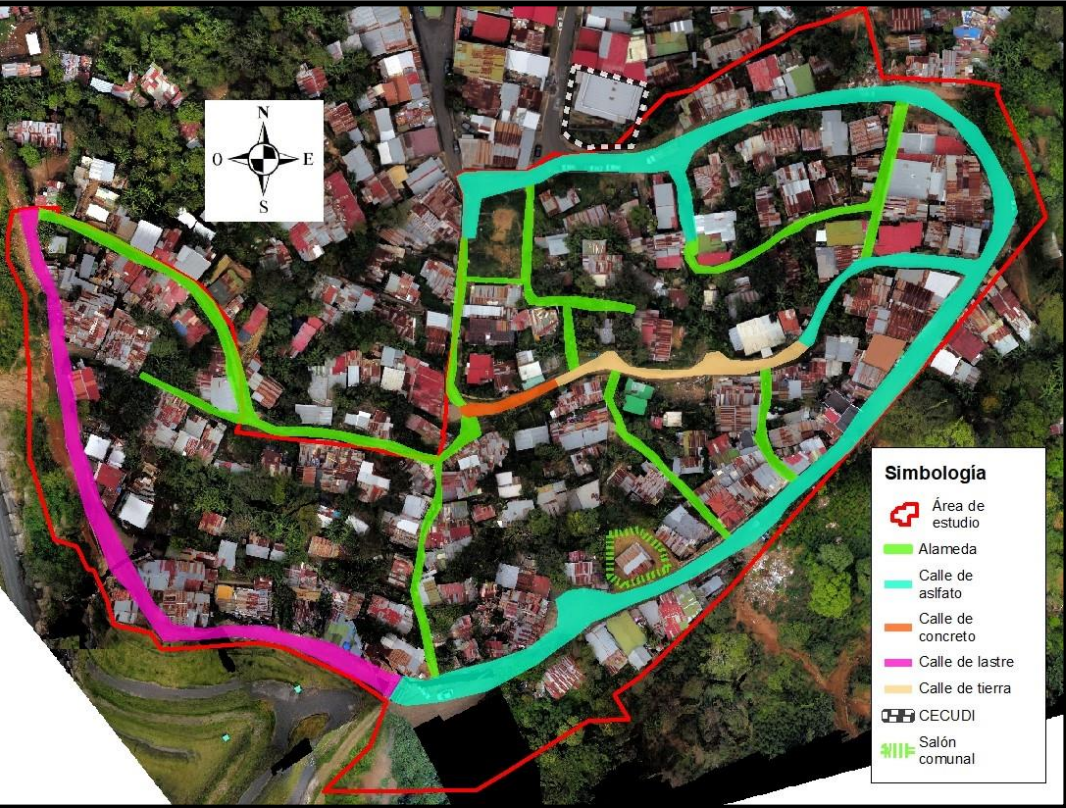


Figura 36. Caída de agua residual a "caja de registro" con residuos sólidos de aguas pluviales en Miravalles

5.2.4 Espacio urbano

A continuación, se realiza una breve descripción sobre la infraestructura urbana, viviendas y áreas verdes o comunes en Miravalles en la Figura 37.

Miravalles



Calles: Prácticamente toda la calle de asfalto es de dos carriles con un ancho de 5,5 m, excepto cuando entra en las alamedas que se reduce a medidas entre 2,5 m a 4 m. La calle de lastre, de tierra y de concreto rondan entre los 3 a 4 m de ancho.



Viviendas: Muy variadas en cuestión de materiales constructivos, desde elementos de concreto prefabricado, mampostería, madera, láminas metálicas y paredes livianas. Varias viviendas se aprecian como tugurios.



Alamedas: En general, con gradas hechas de concreto, madera o tierra, de 1 m, 1,5 m o hasta 3 m de ancho y algunos con baranda.



Salón Comunal y CECUDI (Centro de cuido y desarrollo infantil): Son los servicios del entorno urbano que se encuentran en Miravalles. Sin embargo, el salón comunal está prácticamente en abandono y malas condiciones. No se aprecian áreas verdes o recreativas en el sitio. El único sitio con elementos que se podrían describir como aceras se encuentran en los alrededores del CECUDI.



Alcantarillado Pluvial: Construido por los vecinos con materiales dados por la Municipalidad en alamedas y calles de lastre y concreto. A través de él pasan conexiones ilícitas de agua hacia viviendas. Existe un tipo de cajas de registro hecho con mampostería, sin tapa con mucha basura en ellos



Alumbrado público: Está a lo largo de la calle de asfalto y hay una luminaria sobre la calle de tierra. No hay en alamedas, tampoco en la calle de concreto ni en la calle de lastre.



Agua Potable: Hay servicio formal del AyA en viviendas a lo largo de la calle de asfalto. En todo el resto del asentamiento parece que tienen conexiones ilícitas. Los vecinos califican de pésimo, ya que reciben pocas horas de agua al día, tanto los que reciben servicio formal como los que hacen uso de conexiones ilícitas.



Figura 37. Resumen del entorno urbano en Miravalles

CAPÍTULO 6. PROPUESTAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS ASENTAMIENTOS INFORMALES

En este capítulo se da a conocer el procedimiento de diseño y la propuesta de alcantarillado sanitario cada asentamiento informal seleccionado. En primer lugar, se definen los parámetros y criterios que rigen sobre el diseño, seguido de considerar las intervenciones que pueden afectar la distribución de la red, para finalmente presentar la propuesta desarrollada en Barrio San José y Miravalles.

6.1 Parámetros de diseño en Barrio San José

En esta sección se determinan los parámetros necesarios para poder diseñar un alcantarillado sanitario en Barrio San José, siendo entre ellos:

- Período de diseño.
- Población de diseño.
- Caudal de diseño.
- Tuberías.

No obstante, también se consideran los parámetros establecidos por la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial del AyA, los cuales se indican en el Cuadro 4 de la sección 2.3.

6.1.1 Período de diseño

Según la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial del AyA (2017) el período de diseño para la red terciaria o general es de 20 a 25 años. Dentro de la propuesta en Barrio San José no se contempla red secundaria (o subcolectores) ni primaria (o colectores).

Se asume un período de diseño de 25 años más 5 años que involucren los procesos de permisos, financiamiento, determinar más detalles de la obra y su construcción. Suponiendo un comienzo de este proyecto en el 2020, el diseño se proyecta para el año 2050.

6.1.2 Población de diseño

En el Mapa 12. Ubicación y delimitación del área de estudio de Barrio San José, se puede notar que la comunidad ya no tiene opciones para crecer de forma horizontal y de forma vertical es lo que precisamente ya está ocurriendo, ya que, se aprecian viviendas con 2 pisos e incluso algunas de 3 pisos. También se puede apreciar en las fotografías aéreas tomadas por el dron durante el levantamiento que, varias viviendas prácticamente no tienen área verde debido a que se ha construido sobre todo el predio (Imagen aérea en Figura 34).

La población de diseño se proyecta al año horizonte del período de diseño, el 2050. Para esto se consideran las proyecciones de población realizadas por el INEC del año 2000 al año 2050 en el distrito de Curridabat, así como, el resumen de proyecciones de población estimadas con el método lineal, método geométrico, método logarítmico y método Wappaus. Por medio de la página de internet del Centro Centroamericano de Población (CCP) de la Universidad de Costa Rica se obtienen los datos de proyección del INEC del año 2000 al 2050 y la población del distrito según los censos de 1963, 1973, 1984, 2000 y 2011 para poder calcular con los métodos de proyección. La información de las proyecciones del INEC se muestra gráficamente en la Figura 38, mientras que los datos de los censos se presentan en el Cuadro 21.

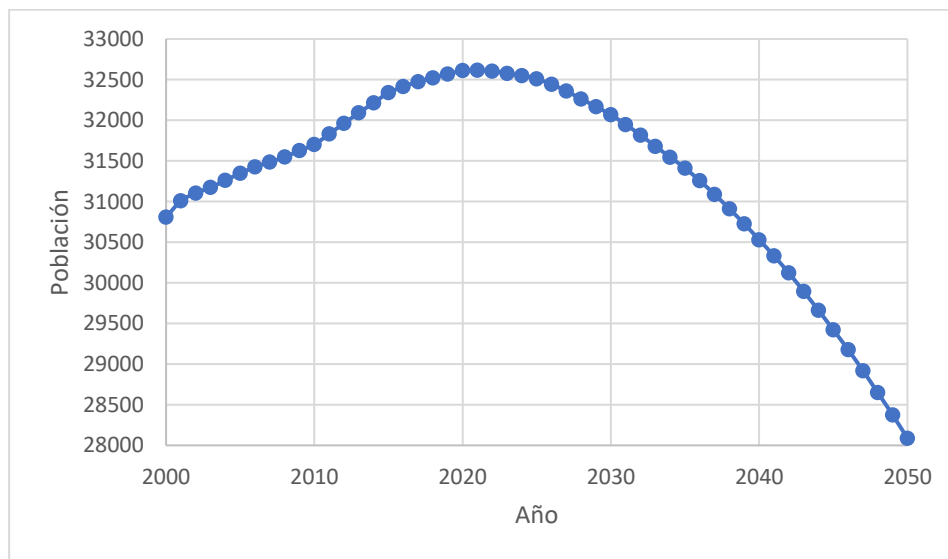


Figura 38. Gráfico lineal de proyección de poblaciones en el distrito de Curridabat desde el año 2000 al 2050

Fuente: Centro Centroamericano de Población. Base de datos Proyecciones Distritales de Población de Costa Rica 2000-2050

Cuadro 21. Población en el distrito de Curridabat en los años de cada censo nacional

<i>Censo</i>	<i>Población</i>
1963	5760
1973	9581
1984	19821
2000	30316
2011	28817

Fuente: Centro Centroamericano de Población. Base de datos Censos de Población y Vivienda 2011, 2000, 1984, 1973 y 1963

Al determinar la población proyectada al año 2050 para el distrito de Curridabat, ya sea con las proyecciones del INEC o los métodos de proyección, se asume que el crecimiento del distrito es igual para la comunidad de Barrio San José en el área de estudio. Es decir, se toma la proporción en que crece la población del distrito entre el año 2011 y el año 2050 y se utiliza en el área de estudio para proyectar la población. El cálculo se hace según las siguientes ecuaciones.

$$\text{Crecimiento Curridabat}_{2011 \text{ a } 2050} = \frac{\text{Población}_{2050} - \text{Población}_{2011}}{\text{Población}_{2011}} * 100 \quad (9)$$

$$\text{Población Bo. SJ}_{2011 \text{ a } 2050} = \text{Población}_{2011} * \text{Crecimiento Curridabat}_{2011 \text{ a } 2050} + \text{Población}_{2011} \quad (10)$$

El dato de Población₂₀₁₁ de Barrio San José proviene del Cuadro 19, que se obtiene de los UGM del INEC en donde se estima una población de 836 personas en el área de estudio para el 2011.

- *Proyecciones del INEC del año 2000 al 2050 para el distrito de Curridabat:*

Las proyecciones de población del distrito de Curridabat en la Figura 38 indican un crecimiento hasta el año 2021 (a los 32617 habitantes) y de ahí se estima una disminución hasta llegar a los 28088 habitantes en el 2050. Como el pico poblacional se da en el año 2021, la proyección se considera hasta ese año.

La población del distrito, según la proyección en el año 2011, es de 32617 personas. Este valor difiere del dato que indica el Censo del 2011, sin embargo, el valor que realmente interesa es la proporción en que cambia la población según estas proyecciones más que su concordancia con los censos.

Con la ecuación 9 se calcula en qué proporción cambia la población del distrito de Curridabat entre el año 2011 y el 2021 según la proyección del INEC.

$$\text{Crecimiento Curridabat}_{2011 \text{ a } 2021} = \frac{32617 - 31832}{31832} * 100 = 2,5\%$$

Con este valor y la ecuación 10, se obtiene la proyección de población específicamente para Barrio San José.

$$\text{Población Bo.SJ}_{2011-2021} = 2,5\% * 836 + 836 = 857 \text{ personas}$$

Esto significa que se estima que Barrio San José aumente como máximo en 21 personas. En el Cuadro 19 se indica que la ocupación promedio por vivienda para el 2011 es de 3,36; si se mantiene la misma cantidad de viviendas (249 viviendas) la ocupación promedio pasaría a 3,44. Otro posible resultado es que la ocupación promedio de 3,36 se mantenga, esto resultaría en por lo menos 6 viviendas más en el área de estudio.

- *Proyección por el método lineal*

En este método se debe calcular lo siguiente:

$$k_a = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{t_{uc} - t_{ci}} \quad (11)$$

$$P_f = P_{uc} + k_a * (t_f - t_{uc}) \quad (12)$$

En donde:

- k_a : Pendiente o razón de cambio de la población en un tiempo específico.
- P_{uc} : Población del último censo.
- P_{ci} : Población del censo inicial.
- t_{uc} : Año del último censo.
- t_{ci} : Año del censo inicial.
- P_f : Población proyectada.
- t_f : Año de proyección.

Una muestra de cálculo de este método se presenta con el dato del censo de 1973 proyectándose al 2050.

$$k_a = \frac{28817 - 9581}{2011 - 1973} = 506,21$$

$$P_f = 28817 + 506,21 * (2050 - 2011) = 48559$$

A continuación, se presentan los resultados de este método proyectado para los años 2020 (inicio supuesto del proyecto) y 2050 en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Resultados proyección lineal en distrito de Curridabat para 2020 y 2050

<i>Año Censo</i>	k_a	<i>2020</i>	<i>2050</i>
1963	480,35	33140	47551
1973	506,21	33373	48559
1984	333,19	31816	41811
2000	-136,27	27591	23502
Promedio	295,87	31480	40356

- *Proyección por el método geométrico*

En este método se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{t_{uc}-t_{ci}}} - 1 \quad (13)$$

$$P_f = P_{uc} * (1 + r)^{t_f - t_{uc}} \quad (14)$$

En donde:

- r : Tasa de crecimiento anual.

La muestra de cálculo de este método se realiza con el dato del censo de 1984 proyectado al 2050 y los resultados se muestran en el Cuadro 23.

$$r = \left(\frac{28817}{19821} \right)^{\frac{1}{2011-1984}} - 1 = 0,0140$$

$$P_f = 28817 * (1 + 0,0140)^{2050-2011} = 49477$$

Cuadro 23. Resultados proyección geométrica en distrito de Curridabat para 2020 y 2050

<i>Año Censo</i>	k_a	<i>2020</i>	<i>2050</i>
1963	480,35	38972	106603
1973	506,21	37404	89222
1984	333,19	32645	49477
2000	-136,27	27646	24075
Promedio	295,87	34167	67344

- *Proyección por el método logarítmico*

En este método se realizan los siguientes cálculos:

$$k_g = \frac{\ln(P_{n+1}) - \ln(P_n)}{t_{n+1} - t_n} \quad (15)$$

$$P_f = P_{ci} * e^{\overline{k_g} * (t_f - t_{ci})} \quad (16)$$

En donde:

- P_n : Población de un censo determinado.
- P_{n+1} : Población del censo siguiente.
- t_n : Año del censo determinado.
- t_{n+1} : Año del censo siguiente.
- $\overline{k_g}$: Promedio de los valores k_g de cada año.

El factor k_g se obtiene para cada par de censos consecutivos, por ejemplo, para 1984 y 2000:

$$k_g = \frac{\ln(30316) - \ln(19821)}{2000 - 1984} = 0,0266$$

El promedio de todos los k_g de los años consecutivos de todos los censos nacionales considerados es igual a 0,0347. Este método considera que la población del censo inicial (P_{ci}), en la ecuación 16, corresponde a la población del censo más antiguo, así como también el año inicial (t_i). Como muestra de cálculo, se presenta la proyección de población de 2050 al utilizar la ecuación 16. Además, el Cuadro 24 presenta los resultados de este método.

$$P_f = 5760 * e^{0,0347 * (2050 - 1963)} = 118208$$

Cuadro 24. Resultados proyección logarítmica en distrito de Curridabat para 2020 y 2050

<i>Años consecutivos</i>	<i>k_g</i>	<i>Año</i>	<i>Población</i>
1963-1973	0,0509	2020	41702
1973-1984	0,0661		
1984-2000	0,0266	2050	118208
2000-2011	-0,0046		
Promedio	0,0347		

- *Proyección por el método Wappaus*

El método de Wappaus hace uso de las siguientes ecuaciones:

$$i = \frac{200 * (P_{uc} - P_{ci})}{(t_{uc} - t_{ci}) * (P_{uc} + P_{ci})} \quad (17)$$

$$P_f = P_{ci} * \left[\frac{200 + i * (t_f - t_{ci})}{200 - i * (t_f - t_{ci})} \right] \quad (18)$$

El factor i se calcula para todos los censos junto con el censo del 2011, que es el último censo. Como ejemplo, se muestra el cálculo de i para el censo del 2000.

$$i = \frac{200 * (28817 - 30316)}{(2011 - 2000) * (28817 + 30316)} = -0,461$$

Utilizando este factor en la ecuación 18, para la proyección al año 2050, se obtiene lo siguiente:

$$P_f = 30316 * \left[\frac{200 + (-0,461) * (2050 - 2000)}{200 - (-0,461) * (2050 - 2000)} \right] = 24051$$

En el Cuadro 25 se presentan todos los resultados de este método.

Cuadro 25. Resultados proyección Wappaus en distrito de Curridabat para 2020 y 2050

<i>Año Censo</i>	<i>i</i>	<i>2020</i>	<i>2050</i>
1963	2,778	49588	-60977*
1973	2,637	40794	-1277711*
1984	1,370	32797	52534
2000	-0,461	27645	24051
Promedio	1,581	37706	38293

*Se excluyen en el promedio por no ser un resultado válido.

- *Resumen de resultado de métodos de proyección*

En el Cuadro 26 se presentan los promedios finales de cada método.

Cuadro 26. Promedios finales para el año 2020 y 2050 en los métodos de proyección en el distrito de Curridabat

<i>Método/año</i>	<i>2020</i>	<i>2050</i>
Lineal	31480	40356
Geométrico	34167	67344*
Logarítmico	41702	118208*
Wappaus	37706	38293
Promedio	35325	39324

*Se consideran datos desproporcionados respecto al resto, por lo que se descartan para el cálculo del promedio.

Con la ecuación 9 y ecuación 10, se calcula la proporción de crecimiento de la población del distrito desde el dato obtenido en el Censo del 2011 y proyectar con esta proporción, la población de Barrio San José.

$$\text{Crecimiento Curridabat}_{2011 \text{ a } 2050} = \frac{39324 - 28817}{28817} * 100 = 36,46\%$$

$$\text{Población Bo.SJ}_{2011-2050} = 36,46\% * 836 + 836 = 1141 \text{ personas}$$

Con este resultado se estima que la población aumente en 305 personas. Si el área de estudio mantuviera la misma cantidad de viviendas para el año 2050 (249 viviendas según se indica en el Cuadro 19 de la sección 5.1.3), la ocupación promedio cambiaría a 4,58 personas por vivienda. Otro escenario posible es que, de mantener la ocupación promedio en el área de estudio que se indica en el Cuadro 19 (de 3,36 personas por vivienda), serían necesarias al menos 91 viviendas más.

- *Resultado final población de diseño*

Por un lado, con las proyecciones del INEC se estima que la población aumente como máximo en 21 habitantes más respecto a la población del 2011. Por el otro lado, el resultado de los métodos de proyección hace ver que la población en el área de estudio aumenta en 305 personas para el año 2050.

Como se menciona anteriormente, Barrio San José no tiene posibilidad de expandirse horizontalmente, así que, ante un aumento de la población, la comunidad tiene como opción:

1. Construir sobre cualquier espacio disponible dentro de los predios.
2. Modificar las viviendas y añadir más pisos.
3. Sustitución de viviendas por nuevos proyectos habitacionales de mayor densidad como por ejemplo edificios multifamiliares.

Las primeras dos opciones ya se presentan en la comunidad, sin embargo, la tercera opción no es posible considerarla hacia toda el área de uso residencial, ya que, este asentamiento informal mantiene algunos predios con un tipo de tenencia de precario como se muestra en la Figura 22, de la sección 4.2. Por lo tanto, resolver la informalidad en la tenencia resulta ser un paso adicional para considerar un desarrollo habitacional mayor en estos sitios.

Debe considerarse también que Barrio San José es **un “asentamiento consolidado” ante la** Municipalidad de Curridabat, como se indica en la sección 4.2, donde sólo se establece un mínimo de lote de 90 m² y 7 m de frente, sin mayor detalle sobre la posibilidad de viviendas de mayor densidad. Sin embargo, existe una propuesta de ampliación y modificación del Plan Regulador de Curridabat en donde, el área de estudio de Barrio San José quedaría dentro de una zona de transecto llamada urbano general.

Según esta propuesta de Plan Regulador, el transecto es “una herramienta de planificación urbana que designa las zonas de una ciudad con base en sus características físicas y su relación con el entorno” (Municipalidad de Curridabat, 2017). En la Figura 39 se muestra la zona de transecto urbano general en el cantón de Curridabat y se indica con un círculo rojo la ubicación de Barrio San José.

Según esta propuesta, en la zona de transecto urbano general se tienen una serie de condiciones, entre las que se pueden mencionar:

- Hasta 7 niveles en las edificaciones.
- 150 m² de tamaño mínimo de lote.
- 8 m de frente mínimo.
- 70% de cobertura del terreno como máximo.
- Permite uso habitacional familiar, multifamiliar y condominio.
- Permite una gran variedad de comercios.
- No permite industrias ni bodegas.

En resumen, el crecimiento en Barrio San José resulta incierto ante variables como la aprobación de la propuesta del Plan Regulador y solucionar la tenencia en precario de algunos predios. Si ambos escenarios no llegan a darse, es posible que la población en Barrio San José esté cerca de alcanzar su pico poblacional similar al distrito de Curridabat. Pero, de avanzar en ambos escenarios se presenta la oportunidad de que puedan darse desarrollos de vivienda multifamiliares. Ante la incertidumbre, se considera como población de diseño el promedio entre el resultado obtenido con los datos de la proyección del INEC (proyectado hasta el pico poblacional en 2021) y el resultado obtenido con los métodos de proyección (lineal, geométrico, logarítmico y Wappaus).

$$\frac{\text{Población Bo.SJ}_{2011-2021} + \text{Población Bo.SJ}_{2011-2050}}{2} = \frac{857 + 1141}{2} = 999 \text{ personas}$$

URBANO GENERAL

descripción

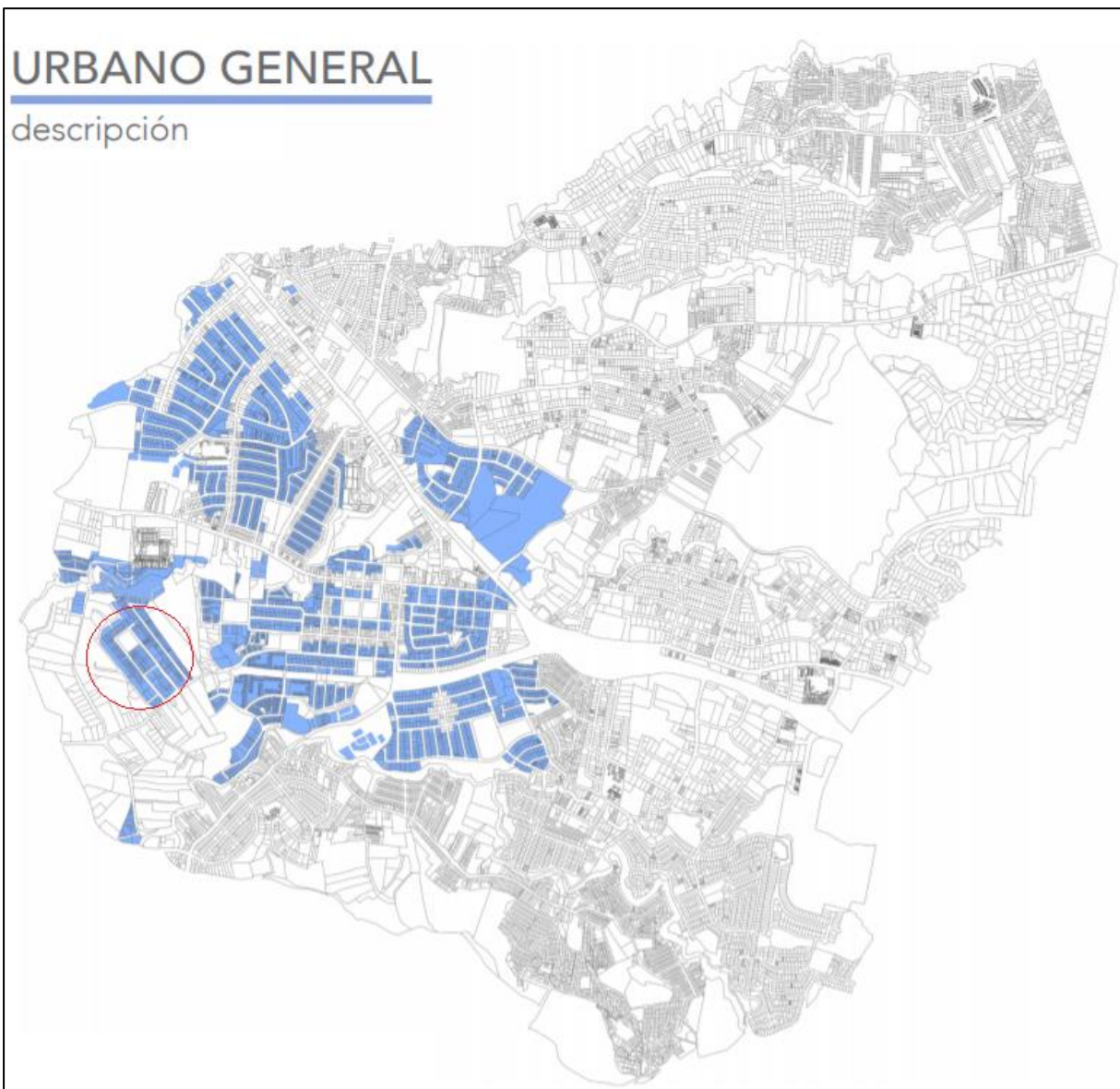


Figura 39. Zona de transecto urbano general en el cantón de Curridabat

Fuente: Municipalidad de Curridabat, 2017

Modificado por Valverde, 2019

Esto significa un aumento de 163 personas con respecto a la población en el área de estudio en el 2011 que se indica en el Cuadro 19 de la sección 5.1.3. De mantener las 249 viviendas del área de estudio, según el Censo del 2011, para una población de 999 personas, la ocupación promedio cambia a 4 personas por vivienda. Si se mantuviera la ocupación promedio del 2011 en el área de estudio, la cual es 3,36, habría 297 viviendas en Barrio San José, es decir, 48 más de las que existen en el 2011.

Esta proyección de población, de 836 a 999 personas para el año 2050, puede resultar ser conservadora. Una manera de demostrar esto es comparar la cantidad de viviendas en el área de estudio según los datos del Cuadro 19, que derivan del Censo del 2011, y la cantidad de viviendas contadas en el año 2018 mediante el uso de la imagen aérea producto del levantamiento de imágenes con dron. Según datos de UGM, en el área de estudio existían 249 viviendas en el 2011, pero, contando las viviendas con la imagen aérea, el resultado es de aproximadamente 157. Es claro que contar la cantidad de casas no significa que su valor equivale al número de viviendas, debido a que casas con más de 1 piso pueden ser consideradas como más de una vivienda o incluso divisiones internas que se consideren como otras viviendas, sin embargo, la diferencia entre el valor de viviendas contadas y las que sugiere el UGM es de 92. Por lo tanto, es probable que los datos del Censo del 2011 estimen más viviendas de las que en realidad hay actualmente.

6.1.3 Caudal de diseño

Para obtener el caudal de diseño, se deben considerar las diferentes fuentes que aportan aguas residuales. En Barrio San José se consideran las siguientes:

- Aguas residuales ordinarias.
- Aguas de infiltración.
- Aguas de conexiones ilícitas.

A continuación, se brinda una explicación del modo en que se obtiene el caudal de cada uno de estos aportes para las tuberías de alcantarillado sanitario en Barrio San José. Con respecto a las aguas residuales ordinarias, se debe indicar que estas provienen tanto de sitios con uso residencial como de sitios con otro tipo de actividades, ya que el área de estudio incluye lugares asociados a industrias, comercios y recreación. Por lo tanto, el caudal de aguas residuales ordinarias (Q_{or}) se conforma del caudal de aguas residuales ordinarias residenciales (Q_r) y del caudal de aguas residuales ordinarias no residenciales (Q_{nr}).

- *Caudal de aguas residuales ordinarias residenciales (Q_r)*

Primero deben considerarse los siguientes datos:

- Población de diseño: 999 personas.
- Dotación GAM: 375 L/persona/día.
- Factor de retorno: 0,8.

- Área residencial en área de estudio: 3,23 ha. A continuación, se explica cómo se calcula este valor:

El área de estudio de Barrio San José es igual a 59 971 m² o 5,997 ha, sin embargo, como no toda esta área es exclusivamente de uso residencial, se debe calcular la superficie correspondiente al uso de domicilios y sus espacios públicos respectivos. Es así como en la Figura 40 se muestra la porción del área de estudio, tanto en vía pública como propiedades, que corresponden al uso residencial. El cálculo de esta área por medio de ArcGIS 10.4 resulta en 3,23 ha.



Figura 40. Área de aprovechamiento residencial en Barrio San José

Con la información anterior se calcula la densidad de población y el caudal promedio diario (QPD) para una hectárea.

$$Densidad\ población = \frac{Población\ de\ diseño}{Área\ residencial} = \frac{999\ personas}{3,23\ ha} = 309 \frac{personas}{ha} \quad (19)$$

$$QPD = \text{Dotación GAM} * \text{Densidad población} * FR \quad (20)$$

$$QPD = \frac{375 \text{ L}}{\text{personas} * \text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} * 309 \frac{\text{personas}}{\text{ha}} * 0,8 = 1,07 \frac{\text{L}}{\text{s} * \text{ha}}$$

El QPD debe multiplicarse por el FMD, el cual es igual a 1,2. El producto obtenido es el caudal máximo diario (QMD). Seguidamente se presenta este cálculo:

$$QMD = 1,07 \frac{\text{L}}{\text{s} * \text{ha}} * 1,2 = 1,288 \frac{\text{L}}{\text{s} * \text{ha}}$$

El QMD permite calcular el caudal máximo horario (QMH) cuando se multiplica por el FMH, que equivale a 1,8. El QMH es el dato que se utiliza para diseñar la red terciaria como parte del aporte de las viviendas, es decir, este se considera como el Q_r .

$$QMH = Q_r = 1,288 \frac{\text{L}}{\text{s} * \text{ha}} * 1,8 = 2,32 \frac{\text{L}}{\text{s} * \text{ha}}$$

- *Caudal de aguas residuales ordinarias no residenciales (Q_{nr})*

Como se explica en la sección 5.1.1, el área de estudio presenta predios con actividades asociadas a la industria y al comercio, como por ejemplo bodegas, oficinas, talleres, fábricas o centros de distribución. También existe una plaza de deportes, cancha de baloncesto y salón comunal como se muestra en la sección 5.1.4. Así que, el cálculo del caudal de aguas residuales que aportan estos sitios es diferente al de las residencias. También se asume que la actividad se mantendrá constante en el tiempo hasta el 2050 y que no crecerán (además, si se aprueba la nueva propuesta de Plan Regulador en Curridabat, algunas de estas actividades no tendrían permitido crecer debido a que la zona de transecto lo prohíbe, como se indica en la sección 6.1.2).

En el Visor de mapas público del Sistema Nacional de Información para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (SINIGIRH), no se aprecia ningún vertido reportado a la Dirección de Aguas del MINAE. Por lo tanto, se asume en el área de estudio se generan aguas residuales ordinarias que no requieren tratamiento previo para poder hacer uso del servicio de alcantarillado sanitario. No obstante, debido a la presencia de talleres e industrias, requeriría de una investigación a detalle de cómo se gestionan las aguas residuales de estos sitios para determinar que efectivamente se producen aguas residuales ordinarias.

Para calcular el caudal de estos lugares de uso no residencial se considera un método presente en la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial del AyA. En este método, según la actividad y el área que abarque un predio, se le puede equiparar su consumo de agua al de un determinado número de unidades habitacionales y, por lo tanto, se puede calcular su aporte de aguas residuales. En el Cuadro 27 se muestra el modo de calcular la equivalencia de unidades habitacionales según cada actividad.

Cuadro 27. Cálculo de Servicios Equivalentes según tipo de actividad a desarrollar

<i>Tipo de actividad</i>	<i>Unidades de cálculo (UC)</i>	<i>Unidad de consumo equivalente (UCE) o servicios equivalentes (SE)³</i>
Hoteles, Moteles	Habitación	Un SE por cada 3 UC
Escuelas, colegios, centro de educación o capacitación	Estudiante	Un SE por cada 25 UC
Bodegas, industrias o centros de acopio, almacenamiento y distribución	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas).	Un SE por cada 500 UC
Restaurantes, sodas, bares y similares	Metro cuadrado de área de parcela o predio. (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas).	Un SE por cada 100 UC
Locales comerciales, centros comerciales, oficinas administrativas y bancarias (industrial o general)	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parques y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas).	Un SE por cada 200 UC
Parcelamiento agrícola con frente a calle pública	Metro cuadrado del área de parcela	Un SE por cada 500 UC
Parcelamiento agrícola con frente a servidumbre	Metro cuadrado del área de parcela	Un SE por cada 5000 UC
Centros de recreación, turístico o club campestre	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un SE por cada 200 UC

Fuente: AyA, 2017

Según la clasificación de actividades del Cuadro 27, en el área de estudio de Barrio San José se identifican 3:

1. Bodega, industrias o centro de acopio, almacenamiento y distribución.
2. Locales comerciales, centros comerciales, oficinas administrativas y bancarias (industriales o generales).

³ Un servicio equivalente se aplica para actividades distintas a la de los proyectos esencialmente habitacionales (residencias, finca, filial, condominios habitacionales o apartamentos), se hace corresponder con una unidad habitacional simplemente para facilitar el cálculo total del consumo de agua del proyecto que es requerido para estimar la población de diseño.

3. Centros de recreación, turístico o club campestre.

La Figura 41 muestra los predios que se identificaron en estas actividades. Las actividades de estos predios se identifican con visitas de campo, el Catastro de la Municipalidad de Curridabat y la imagen aérea producto del levantamiento con dron.

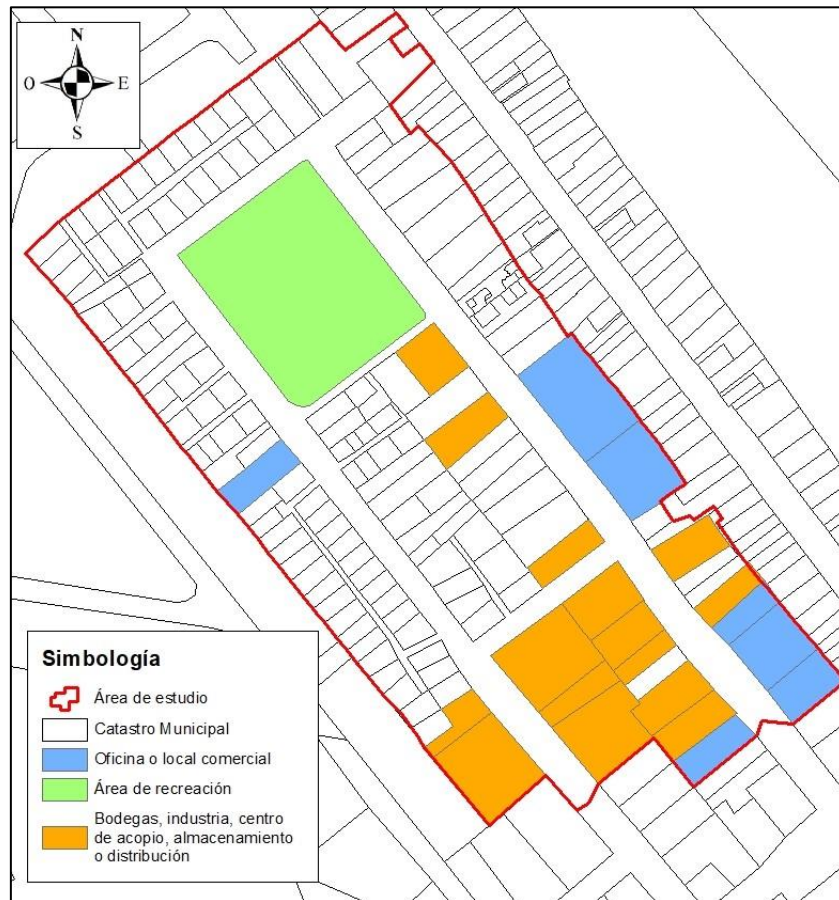


Figura 41. Extracto de catastro municipal de Curridabat identificando entre los usos de oficina o comercios de bodegas, distribuidoras o industrias en el área de estudio de Barrio

San José

Fuente: Municipalidad de Curridabat, 2018

A continuación, se da una muestra de cálculo de las unidades habitacionales equivalentes del área de recreación que incluye la plaza de deportes, la cancha de baloncesto, salón comunal, vestidores y el área de juegos para niños.

$$\frac{\text{Área plaza deportes (m}^2\text{)}}{200 * \frac{\text{m}^2}{\text{unidades habitacionales}}} = \frac{6422,38 \text{ m}^2}{200 \frac{\text{m}^2}{\text{unidades habitacionales}}} = 32 \text{ unidades habitacionales}$$

Para estimar un caudal de diseño de una unidad habitacional (Q_{uh}), se calcula un área promedio de las viviendas en el área de estudio de Barrio San José, donde seguidamente se multiplica por el Q_r .

Para obtener el área promedio de las viviendas en Barrio San José, se toma la cantidad total de viviendas ocupadas según el Censo del 2011, que se indica en el Cuadro 19, de la sección 5.1.3 y se divide entre el área residencial del área de estudio obtenida para el cálculo Q_r . Este cálculo se presenta a continuación:

$$Q_{uh} = \frac{\text{Área residencial} * Q_r}{\text{Viviendas ocupadas}} = \frac{3,23 \text{ ha}}{249 \text{ viviendas}} * 2,32 \frac{L}{s * ha} = 0,0301 \frac{L}{s * vivienda}$$

Nótese que se asume que el área de uso residencial (obtenido según visitas de campos, imagen aérea de dron y catastro municipal) abarca las viviendas ocupadas del Censo del 2011. Además, el resultado de área promedio de vivienda en Barrio San José, se asume igual para el año 2050.

Teniendo el Q_{uh} , es cuestión de multiplicar por la cantidad de unidades habitacionales equivalentes de cada actividad para obtener el caudal de un sitio no residencial determinado. Como ejemplo, se muestra el caudal de aguas residuales ordinarias del área de recreación

$$Q_{nr} = 0,0301 \frac{L}{s * vivienda} * 32 \text{ viviendas} = 0,965 \frac{L}{s}$$

- *Caudal de infiltración (Q_{in}) y de conexiones ilícitas (Q_{ci})*

Como se indica en el Cuadro 3, en la sección 2.3, el caudal de aguas de infiltración se estima en 0,25 L/s/km según la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial del AyA (2017) para tuberías de concreto, de PVC o PEAD y las conexiones ilícitas se estiman en 0,2 L/s/ha.

La Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial del AyA (2017) no indica nada sobre el aporte de conexiones ilícitas, pero, se incluye en el diseño como medida de seguridad. Lo que la norma incluye es un caudal de contribuciones externas, sin embargo, no se contempla que para Barrio San José exista contribuciones futuras ya que no hay comunicación con alguna otra comunidad.

- *Resumen de contribuciones en el caudal de diseño*

En el Cuadro 28 se resumen todos los caudales de cada contribución considerada anteriormente. Puede notarse que las contribuciones dependen de, ya sea, un área de cobertura, viviendas equivalentes o kilómetros de tubería para poder estimar un caudal en litros por segundo. Sumar estas contribuciones resulta en el caudal de diseño de algún tramo específico de la red.

Cuadro 28. Resumen caudal de diseño de fuentes de aguas residuales en Barrio San José

<i>Tipo de fuente</i>	<i>Caudal de diseño</i>
Aguas residuales ordinarias de residencias (Q_r)	2,32 L/s/ha
Aguas residuales ordinarias no residenciales (Q_r)	0,0301 L/s/vivienda
Aguas de infiltración (Q_{in})	0,25 L/s/km
Aguas de conexiones ilícitas (Q_{ci})	0,2 L/s/ha

6.1.4 Tuberías

El material elegido en las tuberías para el diseño de la propuesta de recolección de aguas residuales en Barrio San José es Polietileno de Alta Densidad (PEAD) de pared externa corrugada en concordancia con la norma ASTM F2947 o la INTE 16-05-07. La Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial del AyA menciona que el coeficiente de rugosidad mínimo **de Manning ("n" de Manning)** asociado a este tipo de tuberías es de $0,012 \text{ s/m}^{1/3}$.

Las tuberías de este material son livianas, por lo que no necesita de maquinaria ni mucha mano de obra para su colocación. Cuenta con doble pared, donde el interior es liso y el exterior corrugado, con una rigidez de 441 kPa a un 5% de deflexión en una tubería de 150 mm de diámetro nominal (en el Anexo 4 se encuentra la ficha técnica respectiva). La principal diferencia con tuberías de Cloruro de Polivinilo (PVC) radica en el precio, en donde, las tuberías PEAD son más baratas, ya que, el procedimiento de instalación de ambos materiales es igual.

6.1.5 Resumen de parámetros: Barrio San José

Los parámetros para el diseño de la red terciaria en Barrio San José, determinados a lo largo de toda la sección 6.1, se presentan en el Cuadro 29.

Cuadro 29. Resumen de parámetros de diseño en Barrio San José

<i>Parámetro</i>	<i>Valor</i>
Año supuesto de inicio de operación de red terciaria	2025
Período de diseño	25 años
Población de diseño	999 personas
Caudal aguas residuales residenciales por ha	2,32 L/s
Caudal aguas residuales comerciales o industriales por unidad habitacional equivalente	0,0301 L/s
Caudal de agua infiltrada por km de tubería	0,25 L/s
Caudal de agua proveniente de conexiones ilícitas por ha	0,2 L/s
Material de tubería elegido	PEAD
Coefficiente de rugosidad de Manning (n de Manning)	0,012 (s/m ^{1/3})

Brenes (2019), como ingeniero del AyA, indica que la norma técnica no es algo que se cumpla siempre de forma estricta. Ejemplo de esto es que, la profundidad mínima de pozos de registro que Brenes considera en diseños es de 0,95 m más diámetro externo de tubería de salida. La tubería PEAD corrugada de 150 mm de diámetro nominal, tiene un diámetro externo de 176mm (ficha técnica en Anexo 4), así que un pozo de registro debería tener como mínimo una profundidad de 1,13 m. Adoptando este criterio, se considera como mínimo una profundidad de 1,15 m para pozos con tuberías PEAD corrugado de 150 mm de diámetro nominal.

6.2 Parámetros de diseño en Miravalles

6.2.1 Período de diseño

En el área de estudio de Miravalles hay propuestas de la Municipalidad de Curridabat con el fin de mejorar la infraestructura urbana (como se indica en la sección 4.3.2). No obstante, no se tiene claro el momento en que se logren implementar según Méndez (2018), debido a la incertidumbre sobre el proceder en Miravalles 2 al tener mayor informalidad en la tenencia de propiedad, servicio de agua potable, electricidad, vías de acceso y la posible amenaza de deslizamientos en viviendas (según se detalla en la sección 4.3).

Debido a este panorama incierto en Miravalles 2, se toma el mismo criterio que en Barrio San José para redes terciarias, es decir, un período de diseño de 25 años más 5 años que involucren los procesos de permisos, financiamiento y construcción. Se supone un comienzo del proyecto en el año 2020 y, por lo tanto, el diseño se proyecta para el año 2050.

6.2.2 Población de diseño

En la sección 4.3 se demuestra que Miravalles está dentro de la Zona Protectora Cerros de la Carpintera y el Plan General de Manejo de Zona Protectora Cerros de la Carpintera no permite su expansión horizontalmente. Sin embargo, no se puede descartar que se pueda dar un aumento en la densidad de población.

Al igual que en Barrio San José, se utilizan las proyecciones del INEC del año 2000 al 2050 en el distrito de Tirrases, así como el uso de los métodos de proyección lineal, geométrico, logarítmico y Wappaus. De igual forma, se calcula una proporción de crecimiento en la población del distrito de Tirrases que se asume igual para el asentamiento de Miravalles.

En la Figura 42 se muestra cómo cambian los valores poblacionales proyectados a través de los años, donde, a diferencia del distrito de Curridabat, Tirrases sí continúa en crecimiento, empezando con 16096 en el 2000 hasta 28707 personas en el 2050 y proyectando a 18656 en el 2011.

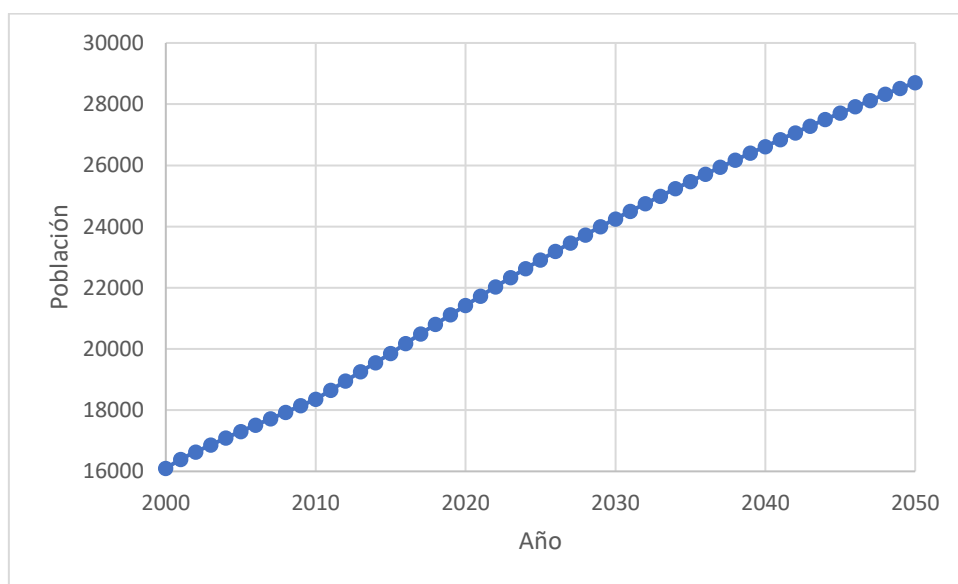


Figura 42. Gráfico lineal de proyección de poblaciones en el distrito de Tirrases desde el año 2000 al 2050

Fuente: Centro Centroamericano de Población. Base de datos Proyecciones Distritales de Población de Costa Rica 2000-2050.

En el Cuadro 30 se muestra la población para el distrito de Tirrases en cada uno de los años de cada censo nacional.

Cuadro 30. Población en el distrito de Tirrases en los años de cada censo nacional

<i>Censo</i>	<i>Población</i>
1963	640
1973	1453
1984	5775
2000	15826
2011	16247

Fuente: Centro Centroamericano de Población. Base de datos Censos de Población y Vivienda 2011, 2000, 1984, 1973 y 1963

- *Proyecciones del INEC del año 2000 al 2050 para el distrito de Tirrases.*

La ecuación 8 calcula la proporción en que cambia la población del distrito de Tirrases entre el año 2011 y el 2050 según la proyección del INEC. La población indicada en estas proyecciones para el año 2011 no coincide con el dato del Censo. No obstante, esta información se utiliza con el interés de conocer la proporción en que crece la población del distrito.

$$\text{Crecimiento Tirrases}_{2011 \text{ a } 2050} = \frac{28707 - 18656}{18656} * 100 = 53,9\%$$

Con este valor y la ecuación 9, se obtiene la proyección de población específicamente para Miravalles.

$$\text{Población Miravalles}_{2011-2050} = 53,9\% * 805 + 805 = 1239 \text{ personas}$$

Utilizando la proporción de crecimiento de Tirrases en Miravalles, según las proyecciones del INEC, la población del asentamiento crece en 434 personas.

La ocupación promedio de Miravalles según el Cuadro 20 (en la sección 5.2.3) es de 4,2 con 191 viviendas en el área de estudio. Ante esta proyección, si Miravalles mantuviera esta cantidad de viviendas, la ocupación subiría hasta 6,5. Aunque, si la comunidad mantiene la ocupación promedio, requeriría al menos 295 viviendas, es decir, 104 nuevas viviendas.

- *Proyección por el método lineal*

Al repetir los métodos utilizados en la sección 6.1.2 para proyectar la población, se omiten las muestras de cálculo y se presentan los resultados.

Los resultados de la proyección por el método lineal en Tirrases se muestran en el Cuadro 31, para el año 2020 y 2050.

Cuadro 31. Resultados proyección lineal en distrito de Tirrases para 2020 y 2050

<i>Año Censo</i>	k_a	<i>2020</i>	<i>2050</i>
1963	325,15	19173	28928
1973	389,32	19751	31430
1984	387,85	19738	31373
2000	38,27	16591	17740
Promedio	285,15	18813	27368

- *Proyección por el método geométrico*

Los resultados de la proyección por el método geométrico en Tirrases se muestran en el Cuadro 32, para el año 2020 y 2050.

Cuadro 32. Resultados proyección geométrica en distrito de Tirrases para 2020 y 2050

<i>Año Censo</i>	r	<i>2020</i>	<i>2050</i>
1963	0,0697	29794	224908
1973	0,0656	28781	193586
1984	0,0391	22936	72385
2000	0,0024	16600	17832
Promedio	0,0442	24528	127178

- *Proyección por el método logarítmico*

Los resultados de la proyección por el método logarítmico en Tirrases se muestran en el Cuadro 33, para el año 2020 y 2050.

Cuadro 33. Resultados proyección logarítmica en distrito de Tirrases para 2020 y 2050

<i>Años consecutivos</i>	k_g	<i>Año</i>	<i>Población</i>
1963-1973	0,0820	2020	31236
1973-1984	0,1254		
1984-2000	0,0630	2050	241726
2000-2011	0,0024		
Promedio	0,0682		

- *Proyección por el método Wappaus*

Los resultados de la proyección por el método Wappaus en Tirrases se muestran en el Cuadro 34, para el año 2020 y 2050.

Cuadro 34. Resultados proyección Wappaus en distrito de Tirrases para 2020 y 2050

<i>Año Censo</i>	<i>i</i>	<i>2020</i>	<i>2050</i>
1963	3,851	-13770*	-2536*
1973	4,399	-87489*	-5643*
1984	3,522	25785	-76899*
2000	0,239	16600	17834
Promedio	3,003	21193	17834

Nota: *Se excluyen en el promedio por no ser un resultado válido.

- *Resumen de resultados*

En el Cuadro 35 se muestran los promedios finales de cada método

Cuadro 35. Promedios finales para el año 2020 y 2050 en los métodos de proyección en el distrito de Tirrases

<i>Método/año</i>	<i>2020</i>	<i>2050</i>
Lineal	18813	27368
Geométrico	24528	127178*
Logarítmico	31236	241726*
Wappaus	21193	17834
Promedio	23942	22601

Nota: *Se consideran datos con desproporcionados respecto al resto, por lo que se descartan para el cálculo del promedio.

Con la ecuación 8 y ecuación 9, se calcula la proporción de crecimiento de la población del distrito desde el dato obtenido en el Censo del 2011 y proyectar con esta proporción, la población de Miravalles.

$$\text{Crecimiento Tirrases}_{2011 \text{ a } 2050} = \frac{22601 - 16247}{16247} * 100 = 39,1\%$$

$$\text{Población Miravalles}_{2011-2050} = 39,1\% * 805 + 805 = 1120 \text{ personas}$$

Este resultado sugiere que la población en el área de estudio aumentaría en 315 personas. Según el Cuadro 20, la ocupación promedio en Miravalles es de 4,2 con 191 viviendas. Si la cantidad de viviendas fuera constante hasta el año 2050, la ocupación promedio se elevaría a 5,86; sin embargo, si la ocupación promedio fuera el dato constante, se tendrían 267 viviendas para el 2050, es decir, 76 más.

- *Resultado final población de diseño*

La sección 4.3 indica que se intenta considerar Miravalles como “**asentamiento consolidado**” ante la Municipalidad de Curridabat, ya que, actualmente es considerada dentro de la Zona de Protección Ambiental según el Reglamento de zonificación y vialidad. Incluso la zona de transecto, en la propuesta de ampliación y modificación del Plan Regulador de Curridabat, en la que se encuentra Miravalles se mantiene como zona de protección forestal, como se presenta en la Figura 43.

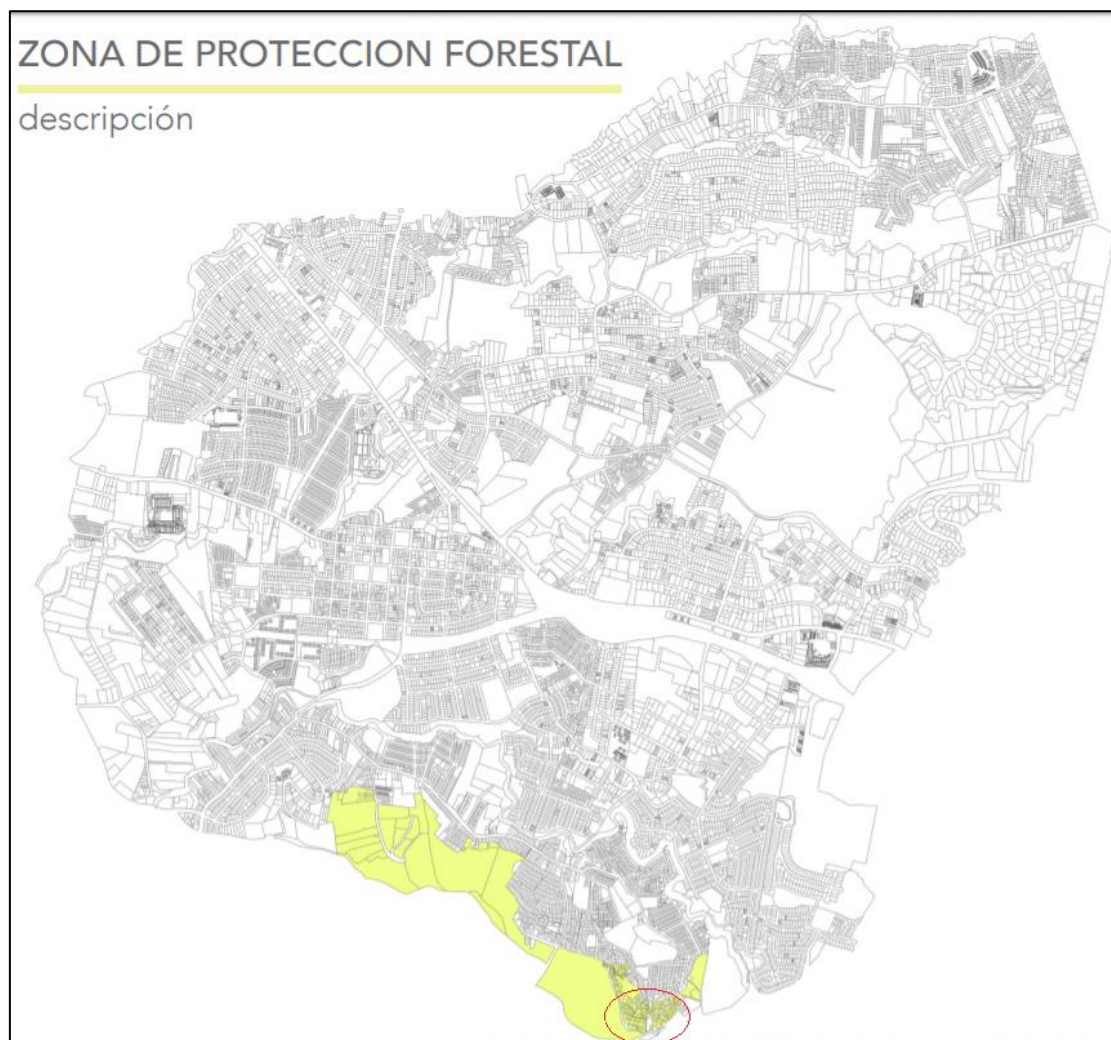


Figura 43. Zona de transecto zona de protección forestal del cantón de Curridabat

Fuente: Municipalidad de Curridabat, 2017

Modificado por Valverde, 2019

Las condiciones en esta zona no favorecen a un desarrollo, ya que, en la propuesta se piden lotes de 1 ha, de máximo 1 nivel, 40 m de frente y 30% de cobertura máxima. Es decir, apuntan a un menor desarrollo y estas condiciones no se cumplen actualmente en el sitio.

Miravalles puede considerarse en una situación similar a Barrio San José con respecto a un panorama incierto en su crecimiento poblacional. Esto principalmente a que Miravalles no tiene posibilidad de un crecimiento horizontal pero sí dentro de los límites del área de estudio y depende de variables como la propuesta de Plan Regulador (que no le conviene para poder crecer en población), resolver predios con tenencia tipo precario y, además, poder llegar a **zonificarse como “asentamiento consolidado”**. Así que, se propone calcular la población de diseño con un promedio entre la población estimada con los métodos de proyección y la población estimada con la proporción de crecimiento del distrito de Curridabat según las proyecciones del INEC que se utilizó para Barrio San José, siendo esta proporción un 2,5%.

Lo anterior mencionado se expresa con los siguientes cálculos:

$$\begin{aligned}
 &Población\ Miravalles_{2050, INEC\ Curridabat} = 0,025 * 805 + 805 = 825\ personas \\
 &\frac{Población\ Miravalles_{2011-2021} + Población\ Miravalles_{2050, INEC\ Curridabat}}{2} = \frac{1120 + 825}{2} \\
 &= 973\ personas
 \end{aligned}$$

Esto significa un aumento de 168 personas para el 2050 y se decide utilizar este valor como la población de diseño a utilizar.

Dos posibles escenarios para el año 2050 son el de mantener la ocupación promedio de 4,2 personas por vivienda hasta ese año (datos de población en el área de estudio de Miravalles según Censo del 2011 en el Cuadro 20 de la sección 5.2.3), lo que aumenta la cantidad de viviendas a 232, es decir, 41 más que en el 2011; aunque, si se mantuvieran 191 viviendas en el área de estudio hasta el 2050, según esta proyección, la ocupación promedio pasaría a 5,1 personas por vivienda.

Esta proyección de población, de 805 a 973 personas para el año 2050, puede resultar ser conservadora. Una manera de demostrar esto es comparar la cantidad de viviendas en el área de estudio según los datos del Cuadro 20, que derivan del Censo del 2011, y la cantidad de viviendas contadas en el año 2018 mediante el uso de la imagen aérea producto del levantamiento de imágenes con dron. Según datos de UGM, en el área de estudio existían 191 viviendas en el 2011, pero, contando las viviendas con la imagen aérea, el resultado es de aproximadamente 152. Es decir, los datos con UGM resultan en una mayor cantidad de viviendas de las que hay actualmente. Lo mismo puede suceder con los datos de población para el área de estudio de Miravalles.

6.2.3 Caudal de diseño

El caudal de diseño en Miravalles se debe calcular considerando el aporte de 3 fuentes:

- Aguas residuales ordinarias poblacionales.
- Aguas de infiltración.
- Aguas de conexiones ilícitas.

A diferencia de Barrio San José, en Miravalles no hay industrias o comercios. No obstante, el agua de infiltración y conexiones ilícitas permanece igual a como se considera para Barrio San José, por lo que, se procede a calcular el aporte de aguas residuales ordinarias poblacionales. Para esto se consideran los siguientes datos:

- Población de diseño: 973 personas.
- Dotación GAM: 375 L/persona/día.
- Área de estudio (todo Miravalles tiene un uso residencial): 3,834 ha.
- Factor de retorno: 0,8.

Con la información anterior se calcula la densidad de población y el caudal promedio diario (QPD) para una hectárea con las ecuaciones 15 y 16 respectivamente:

$$\text{Densidad población} = \frac{973 \text{ personas}}{3,834 \text{ ha}} = 254 \frac{\text{personas}}{\text{ha}}$$

$$QPD = \frac{375 \text{ L}}{\text{personas} * \text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} * 254 \frac{\text{personas}}{\text{ha}} * 0,8 = 0,88 \frac{\text{L}}{\text{s} * \text{ha}}$$

El QPD debe multiplicarse por el FMD, siendo el valor de este igual a 1,2, para así obtener el caudal máximo diario (QMD). Seguidamente se presenta este cálculo:

$$QMD = 0,88 \frac{\text{L}}{\text{s} * \text{ha}} * 1,2 = 1,06 \frac{\text{L}}{\text{s} * \text{ha}}$$

El QMD permite calcular el caudal máximo horario (QMH) cuando se multiplica por el FMH, el cual es 1,8. El QMH es el dato que se utiliza para diseñar.

$$QMH = 1,06 \frac{\text{L}}{\text{s} * \text{ha}} * 1,8 = 1,91 \frac{\text{L}}{\text{s} * \text{ha}}$$

En el Cuadro 36 se resumen todos los caudales de cada contribución considerada anteriormente. Puede notarse que las contribuciones dependen de, ya sea, un área de

cobertura o kilómetros de tubería para poder estimar un caudal en litros por segundo. Sumar estas contribuciones resulta en el caudal de diseño de algún tramo específico de la red.

Cuadro 36. Resumen caudal de diseño de fuentes de aguas residuales en Miravalles

<i>Tipo de fuente</i>	<i>Caudal de diseño</i>
Aguas residuales ordinarias de residencias	1,91 L/s/ha
Aguas de infiltración	0,25 L/s/km
Aguas de conexiones ilícitas	0,2 L/s/ha

6.2.4 Tuberías

El tipo de tubería elegida para el diseño es la misma elegida para Barrio San José, Polietileno de Alta Densidad (PEAD) corrugado en su pared externa que sea concordante con la norma ASTM F2947 o la INTE 16-05-07. La sección 6.1.4 indica más detalles sobre este tipo de tubería, **incluyendo que la “n” de Manning correspondiente es de 0,012 s/m^{1/3}.**

6.2.5 Resumen de parámetros: Miravalles

Los parámetros para el diseño de la red terciaria en Miravalles, determinados a lo largo de toda la sección 6.2, se presentan en el Cuadro 37. Las restricciones para el diseño se omiten, debido a que son las mismas que se mencionan en la sección 6.1.5.

Cuadro 37. Resumen de parámetros de diseño en Miravalles

<i>Parámetro</i>	<i>Valor</i>
Año supuesto de inicio de operación de red terciaria	2025
Período de diseño	25 años
Población de diseño	973 personas
Caudal aguas residuales residenciales por ha	1,91 L/s
Caudal de agua infiltrada por km de tubería	0,25 L/s
Caudal de agua proveniente de conexiones ilícitas por ha	0,2 L/s
Material de tubería elegido	PEAD
Coefficiente de rugosidad de Manning (n de Manning)	0,012 (s/m ^{1/3})

Se reitera que, como se menciona en la sección 6.1.5, se considera como mínimo una profundidad de 1,15 m para pozos con tuberías PEAD corrugado de 150 mm de diámetro nominal.

6.3 Metodología de diseño del alcantarillado sanitario

En la Figura 44 se resume el procedimiento efectuado para diseñar el alcantarillado sanitario en ambas comunidades.

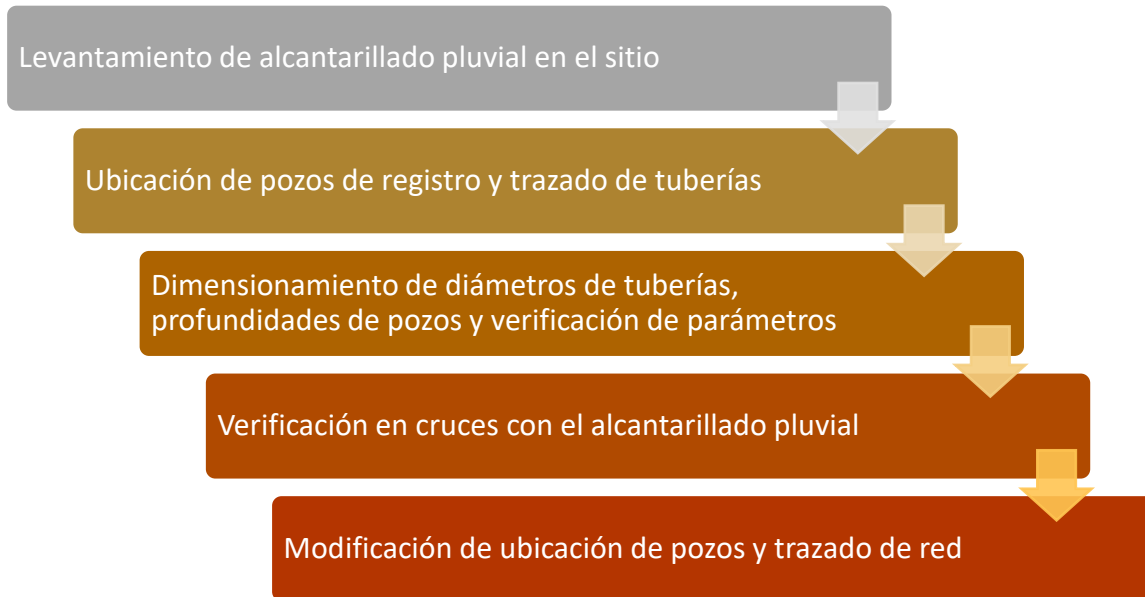


Figura 44. Metodología del diseño de alcantarillado sanitario en Barrio San José

A continuación, se detalla más sobre cada una de estas etapas en la metodología de diseño.

6.3.1 Levantamiento de alcantarillado pluvial

El objetivo de realizar este levantamiento es conocer la distribución de tuberías, pozos, tragantes o cajas de registro a lo largo del área de estudio de modo que el diseño del alcantarillado sanitario sea compatible con este. Es decir, tener presente que el alcantarillado pluvial es una posible interferencia en la ubicación de la red sanitaria, por lo que, se diseña de tal manera que no existan “choques” entre ambos alcantarillados, ya que, si no se previene esto en una etapa de diseño, se tendría que afrontar el problema durante la construcción de la obra.

La distribución de tuberías de agua para consumo humano es otra posible interferencia ante el diseño de un alcantarillado sanitario. No obstante, esta no se considera para la distribución y diseño de la red terciaria por las siguientes razones:

1. A diferencia del alcantarillado pluvial y sanitario, la distribución de agua para consumo humano se da en tuberías a presión y ante un eventual “choque” con elementos de la

red terciaria a proponer, la reubicación o redistribución de la tubería de agua resulta más favorable.

2. En Barrio San José no se logra obtener un insumo donde se indique la distribución de la red de agua potable del AyA en las alamedas, donde el espacio es más crítico.
3. En Miravalles hay un uso extendido de conexiones ilícitas en el servicio de agua, como se indica en la Figura 37 de la sección 5.2.4. Por lo tanto, no representa interferencia al tratarse de tuberías expuestas y representan una necesidad mayor en el asentamiento que debe resolverse antes de poder brindar el servicio de alcantarillado sanitario.

- *Levantamiento en Barrio San José*

En el Apéndice 1 se detalla el equipo utilizado y el procedimiento de levantar el alcantarillado pluvial existente en Barrio San José.

El concepto de pozo de registro pluvial resulta ser el mismo que el del pozo de registro sanitario, definido en la sección 2.2. La caja de registro o de inspección cumple la misma función del pozo, no obstante, es de menor tamaño y sin la posibilidad de que una persona logre entrar en ella. A continuación, en la Figura 45, se presenta un ejemplo de lo que se considera un pozo de registro pluvial y una caja de registro pluvial en Barrio San José. Cabe mencionar que los elementos que se consideran pozos de registro pluviales no necesariamente cumplen con tener tapa metálica, peldaños o cualquier detalle que establezca la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial del AyA.



Figura 45. Elementos de infraestructura pluvial en Barrio San José, A. Pozo de registro y B. Caja de registro

Otros elementos del sistema pluvial son los tragantes, definidos como elementos que toman la escorrentía superficial y la introducen en el alcantarillado pluvial (López, 2003). Según la norma técnica del AyA, estos deben ubicarse a lo largo de los caños a no más de 120 m uno de otro y en las esquinas de las calles.

En Barrio San José pueden encontrarse otros elementos que toman escorrentía superficial y la colocan en el alcantarillado por el hecho de ser rejillas, sin embargo, al no ubicarse en caños, no parecen tener por objetivo la recolección de la escorrentía, sino que, cumplen con la función de una caja de registro pero que en vez de una tapa le colocan una rejilla. En la Figura 46 se muestra un ejemplo de tragante y otro de las rejillas.

Ante ciertas limitaciones explicadas en el Apéndice 1, se suponen dimensiones y ubicaciones de algunos elementos del alcantarillado pluvial. Además, una particularidad de la red pluvial en Barrio San José es que recibe aportes del asentamiento informal vecino, Barrio María Auxiliadora (en el Mapa 12, en la sección 5.1.1, se muestra la ubicación de Barrio María Auxiliadora) y como no hay una vía pública que comunique ambas comunidades, la tubería pluvial pasa a través de una vivienda.

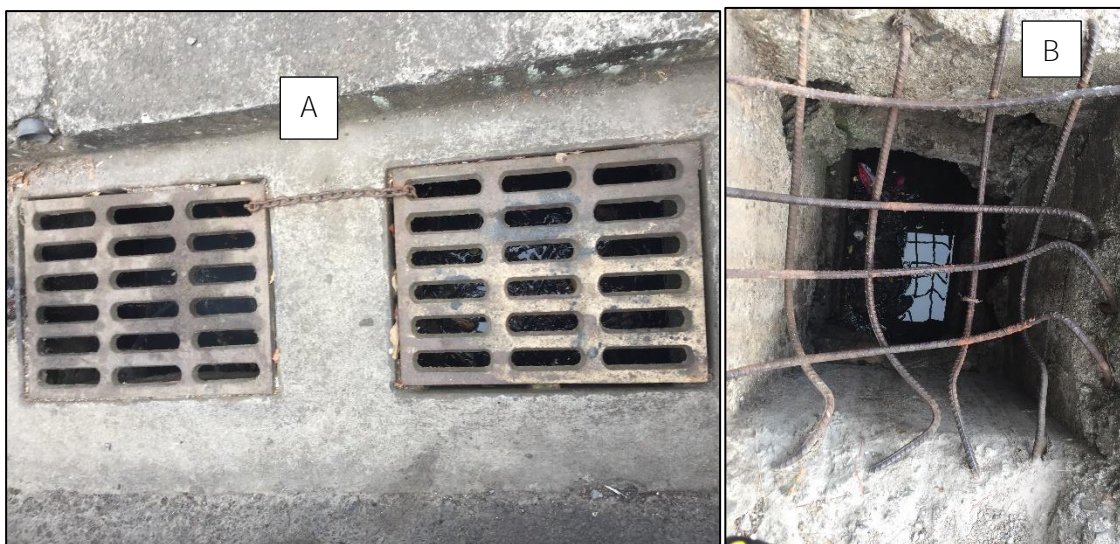
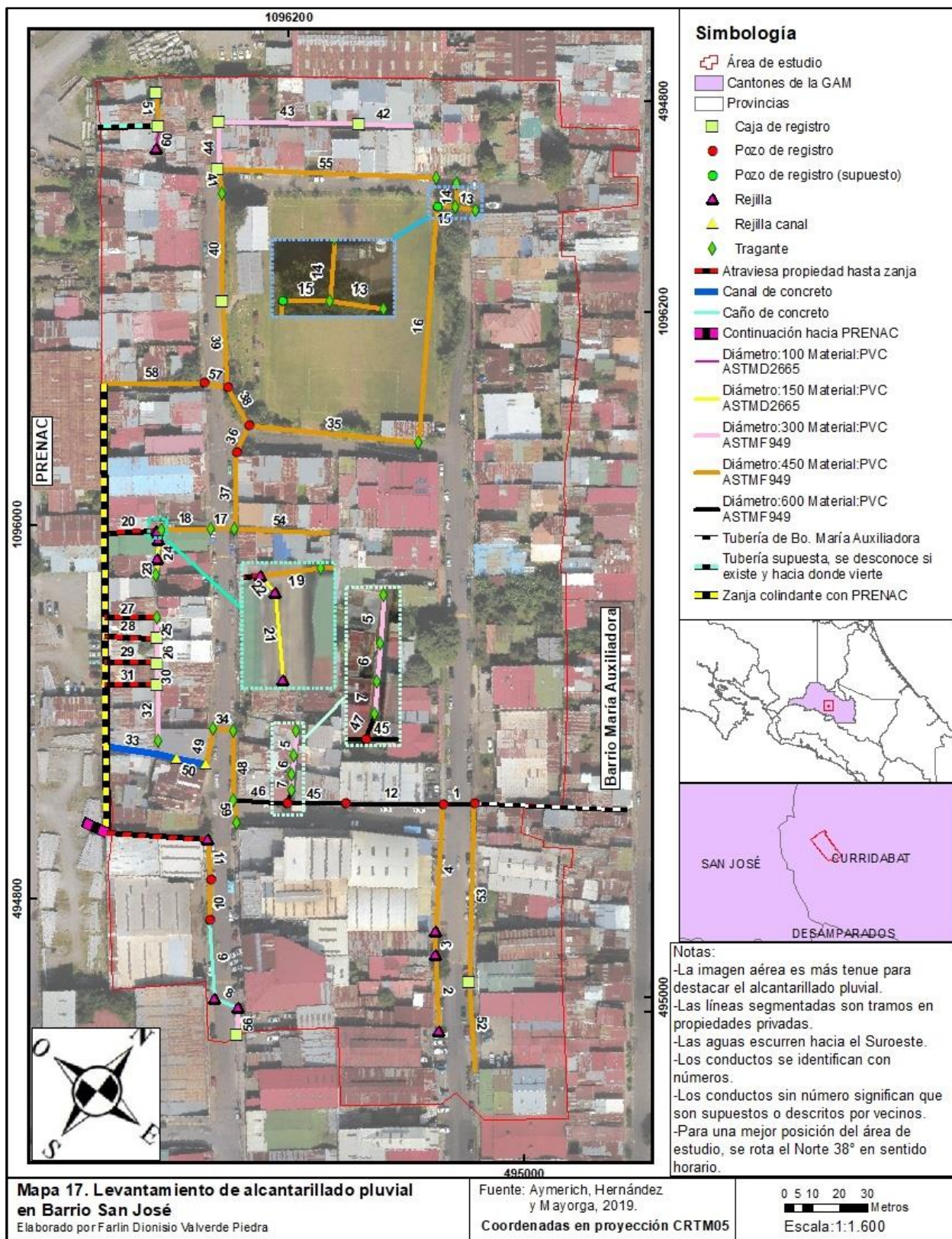


Figura 46. Elementos de infraestructura pluvial en Barrio San José, A. Tragante y B. Rejilla

Toda la red pluvial desagua hacia el suroeste, en donde una parte de las aguas recogidas llegan a un canal rectangular subterráneo, de 1,6 m de ancho por 1 m de profundo aproximadamente, y otra parte llega hasta una zanja que cruza por la parte trasera de varias viviendas que colindan con PRENAC (se desconocen las características de esta zanja y de todos los elementos dentro de propiedades privadas que formen parte de la red pluvial). El canal y la zanja en la parte trasera de las viviendas se encuentran en un único punto (también en una propiedad privada) y continúan en una tubería hacia PRENAC, para después verter al río María Aguilar. Lo mencionado se muestra de forma más clara en el Mapa 17. Levantamiento de alcantarillado pluvial en Barrio San José, sin embargo, el trazado del alcantarillado pluvial a través de las viviendas se basa en lo observado en campo desde la vía pública y lo mencionado por Aymerich (2019) durante el levantamiento. Edgar Hernández y Armando Mayorga son vecinos que también brindaron información adicional en el levantamiento al haber estado ellos presentes en el tiempo que se construyó la infraestructura. En el Mapa 17, se identifican los conductos (circulares, cunetas y canal) con un número. En total son 60 conductos que se pudieron identificar en la vía pública.

En el Cuadro 38 se desglosan las características asociadas a los conductos del alcantarillado pluvial, en donde, el número con el que se identifican es el mismo que aparece en el Mapa 17. En el Anexo 4 se muestran las fichas técnicas a las que se asume que cumplen las tuberías en el alcantarillado pluvial de Barrio San José.



Cuadro 38. Datos de conductos pluviales levantados en Barrio San José

Conducto	Diámetro nominal/ ancho canal o cuneta(mm)	Material	Longitud (m)	Elevación rasante inicio (m.s.n.m)	Elevación fondo inicio (m.s.n.m)	Elevación rasante final (m.s.n.m)	Elevación fondo final (m.s.n.m)	Pendiente
1	600	PVC ASTM F949	11,64	1177,82	1176,73	1177,09	1175,40	-11,4%
2	450	PVC ASTM F949	27,29	1182,43	1181,44	1178,63	1177,75	-13,5%
3	450	PVC ASTM F949	8,79	1178,63	1177,75	1178,10	1176,87	-10,0%
4	450	PVC ASTM F949	45,91	1178,10	1176,87	1177,09	1175,40	-3,2%
5	300	PVC ASTM F949	8,75	1174,16	1173,77	1174,05	1173,46	-3,5%
6	300	PVC ASTM F949	6,83	1174,05	1173,46	1174,21	1173,42	-0,6%
7	300	PVC ASTM F949	5,76	1174,21	1173,42	1174,44	1173,21	-3,7%
8	350	Concreto	9,18	1179,03	1178,64	1178,63	1178,04	-6,5%
9	350	Concreto	28,48	1178,63	1178,04	1175,81	1174,46	-12,6%
10	450	PVC ASTM F949	14,88	1175,81	1174,46	1175,27	1173,82	-4,3%
11	450	PVC ASTM F949	14,70	1175,27	1173,82	1174,63	1174,04	1,5%
12	600	PVC ASTM F949	35,15	1177,09	1175,40	1175,52	1173,92	-4,2%
13	450	PVC ASTM F949	7,41	1184,22	1183,58	1182,73	1181,75	-24,7%
14	450	PVC ASTM F949	8,60	1183,93	1182,92	1182,73	1181,75	-13,6%
15	450	PVC ASTM F949	6,66	1182,73	1181,75	1180,86	1179,86	-28,4%
16	450	PVC ASTM F949	85,44	1180,86	1179,86	1177,85	1177,26	-3,0%
17	450	PVC ASTM F949	8,76	1173,44	1172,79	1172,82	1172,07	-8,2%
18	450	PVC ASTM F949	17,60	1172,82	1172,07	1171,84	1171,40	-3,8%
19	450	PVC ASTM F949	2,10	1171,84	1171,40	1171,81	1171,38	-1,3%
20	450	PVC ASTM F949	18,80	1171,81	1171,38	D	D	D
21	150	PVC ASTM D2665	2,96	1171,77	1171,48	1171,70	1171,41	-2,4%
22	150	PVC ASTM D2665	0,77	1171,70	1171,41	1171,81	1171,38	-4,5%
23	150	PVC ASTM D2665	5,57	1171,67	1171,48	1171,73	1171,33	-2,7%
24	150	PVC ASTM D2665	6,75	1171,73	1171,33	1171,77	1171,48	2,2%
25	300	PVC ASTM F949	7,46	1171,50	1171,10	1171,57	1171,28	2,4%
26	300	PVC ASTM F949	9,10	1171,46	1171,06	1171,50	1171,10	0,5%
27	300	PVC ASTM F949	18,99	1171,57	1171,28	D	D	D
28	300	PVC ASTM F949	19,04	1171,50	1171,10	D	D	D
29	300	PVC ASTM F949	19,01	1171,46	1171,06	D	D	D
30	300	PVC ASTM F949	7,82	1171,69	1171,29	1171,46	1171,06	-3,0%
31	300	PVC ASTM F949	19,01	1171,69	1171,29	D	D	D
32	300	PVC ASTM F949	20,23	1172,54	1172,26	1171,69	1171,29	-4,8%
33	1600	Concreto	26,39	1173,22	1172,13	D	D	D
34	450	PVC ASTM F949	7,29	1173,12	1172,47	1173,11	1172,36	-1,4%
35	450	PVC ASTM F949	62,01	1177,85	1177,26	1174,10	1173,40	-6,2%
36	450	PVC ASTM F949	10,80	1174,10	1173,40	1173,69	1173,25	-1,4%
37	450	PVC ASTM F949	27,65	1173,69	1173,25	1173,44	1172,79	-1,7%
38	450	PVC ASTM F949	15,89	1174,10	1173,40	1174,10	1173,40	0,0%
39	450	PVC ASTM F949	31,32	1174,55	1173,97	1174,10	1173,40	-1,8%
40	450	PVC ASTM F949	38,87	1176,76	1175,88	1174,55	1173,97	-4,9%
41	450	PVC ASTM F949	9,51	1177,64	1176,84	1176,76	1175,88	-10,1%
42	300	PVC ASTM F949	18,77	1185,37	1185,07	1183,60	1182,81	-12,0%
43	300	PVC ASTM F949	51,15	1183,60	1182,81	1180,13	1179,13	-7,2%
44	300	PVC ASTM F949	16,69	1180,13	1179,13	1177,64	1176,84	-13,7%
45	600	PVC ASTM F949	21,18	1175,52	1173,92	1174,51	1172,97	-4,5%
46	600	PVC ASTM F949	19,16	1174,51	1172,97	1173,97	1172,74	-1,2%
47	600	PVC ASTM F949	5,11	1174,44	1173,21	1174,51	1172,97	-4,7%
48	450	PVC ASTM F949	25,46	1173,97	1172,74	1173,12	1172,47	-1,1%
49	450	PVC ASTM F949	13,16	1173,11	1172,36	1173,23	1172,19	-1,3%
50	1600	Concreto	10,64	1173,23	1172,19	1173,22	1172,13	-0,6%
51	450	PVC ASTM F949	12,22	1176,80	1175,80	1176,32	1175,73	-0,6%
52	450	PVC ASTM F949	32,33	1184,18	1183,78	1180,51	1179,51	-13,2%
53	450	PVC ASTM F949	64,62	1180,51	1179,51	1177,82	1176,73	-4,3%
54	450	PVC ASTM F949	33,84	1175,81	1185,07	1173,44	1172,79	-36,3%
55	450	PVC ASTM F949	79,07	1183,22	1182,93	1177,64	1176,84	-7,7%
56	300	PVC ASTM F949	9,46	1179,81	1179,47	1179,03	1178,64	-8,8%
57	450	PVC ASTM F949	8,61	1174,10	1173,40	1173,59	1172,89	-6,0%
58	450	PVC ASTM F949	36,34	1173,59	1172,89	D	D	D

Cuadro 38. Datos de conductos pluviales levantados en Barrio San José (cont.)

Conducto	Diámetro nominal/anch o canal o cuneta(mm)	Material	Longitud (m)	Elevación rasante inicio (m.s.n.m)	Elevación fondo inicio (m.s.n.m)	Elevación rasante final (m.s.n.m)	Elevación fondo final (m.s.n.m)	Pendiente
59	450	PVC ASTM F949	7,86	1174,36	1173,28	1173,97	1172,74	-6,9%
60	100	PVC ASTM D2665	8,02	1176,19	1175,80	1176,32	1175,73	-0,8%

Nota: La letra D significa que es un dato desconocido. Esto se debe a que es necesario entrar en propiedad privada para levantar esta información.

Algunos conductos pluviales en el Cuadro 38 resultan tener pendiente positiva (todas deberían resultar en pendiente negativa de forma que el flujo por gravedad sea favorable según la dirección del flujo observada en campo), y puede deberse a errores en la toma de medidas, principalmente, por la acumulación de residuos o el anegamiento de pozos y cajas de registro pluvial (más detalles de limitantes en el levantamiento en el Apéndice 1).

- *Levantamiento en Miravalles*

En el área de estudio de Miravalles se realiza el levantamiento pluvial utilizando el equipo y siguiendo el procedimiento del Apéndice 1. No obstante, la información recopilada en el campo resulta ser de poca utilidad y se desiste en crear un insumo que presente toda la red pluvial del área de estudio (por esta razón es que el Apéndice 1 tiene más detalles en la experiencia de Barrio San José). Aunque, no toda la información levantada en campo se ignora por completo, ya que, en algunos puntos se tiene presente que la infraestructura actual sí podría interferir el paso del sistema sanitario a diseñar. Las razones de no presentar un mapa que integre toda la infraestructura pluvial existente en el área de estudio son:

1. Parte del alcantarillado pluvial existente está distribuido en los mismos lugares en donde está el alcantarillado sanitario del AyA. Es decir, son sitios que no forman parte de la propuesta de red terciaria en Miravalles.
2. Partes en donde se distribuye la propuesta de red terciaria no tiene conductos pluviales actualmente.
3. Parte del alcantarillado pluvial existente se encuentra expuesto, por lo que no hay probabilidad de choque con el alcantarillado sanitario diseñado.
4. Existe un diseño nuevo de alcantarillado pluvial para una parte del área de estudio, así que, se prefiere considerar esta nueva propuesta como posible interferencia.
5. Algunas tuberías se “pierden”, es decir, pasan por propiedades privadas, pero, no es claro hacia dónde continúan.

Por lo tanto, sólo unos cuantos conductos pluviales producto del levantamiento se toman en consideración como posibles interferencias, debido a que no se ubican en donde se distribuye el nuevo diseño de alcantarillado pluvial; no son superficiales y están en donde se distribuye la propuesta terciaria para Miravalles.

El diseño del alcantarillado pluvial mencionado, que también se considera como posible interferencia, fue desarrollado por la empresa Ingeniería Total. Este se entregó en el 2017 a la Municipalidad de Curridabat y forma parte de las propuestas de intervención para una mejora en infraestructura y espacio urbano.

La información del diseño de alcantarillado pluvial es compartida por el Arq. Huberth Méndez, de la Municipalidad de Curridabat. Con los planos, que se encuentran en formato PDF, se extraen imágenes en formato JPG y por medio de la herramienta de *Georreferenciación* (Georeferencing, en la versión en inglés) en ArcGIS 10.4 y se ubica la distribución del diseño pluvial sobre la imagen aérea producto del levantamiento por dron. De esta forma se sabe en dónde estaría ubicado y sirve de base para crear shapefiles respectivos de los conductos, pozos y tragantes. Los planos del diseño de alcantarillado pluvial consultados se muestran en el Anexo 5, lámina M1 y M2.

En resumen, el diseño de alcantarillado pluvial de Miravalles consta de lo siguiente:

- 18 pozos de registro, prefabricados, de 2 m de profundidad (hasta la losa inferior), 1,20 m de diámetro interno y 1,60 m de diámetro externo. No hay especificación del valor de la caída en los pozos, sin embargo, realizando la medida en el plano de la lámina M2 del Anexo 5 se obtiene 25 cm. Por lo tanto, se considera que 25 cm es la medida de caída en todos los pozos del diseño de Ingeniería Total.
- 23 tragantes dobles de 0,9 m de profundidad.
- 23 tuberías de PVC de 400 mm de diámetro que unen tragantes con pozos.
- 17 tramos, donde 7 son tuberías de 400 mm de diámetro, 1 de 450 mm, 1 de 500 mm, 5 de 600 mm y 3 de 700 mm de diámetro. El material propuesto es PVC.

Se asume que las tuberías de PVC cumplen con la norma ASTM F949 y, por lo tanto, con la ficha técnica respectiva en el Anexo 4. Los diámetros que no aparecen en la ficha técnica, específicamente 500 mm y 700 mm de diámetro nominal, se consultan en la propia norma ASTM F949. El diámetro externo correspondiente son 574,8 mm y 733 mm respectivamente.

En el Cuadro 39 se muestran los datos de los conductos del alcantarillado pluvial diseñados por Ingeniería Total (se adopta la nomenclatura del diseñador para cada tramo y los conductos entre tragantes y pozos se distinguen con una A o B por delante), así también los conductos de interés producto del levantamiento (identificados con números). Nótese que la elevación de fondo de la tubería (o tuberías) de entrada en los pozos del diseño de Ingeniería Total, difieren de la elevación de fondo de la tubería que sale, debido a la caída de 25 cm que se encuentra dentro del pozo (detalle de pozo en lámina M2, anexo 5).

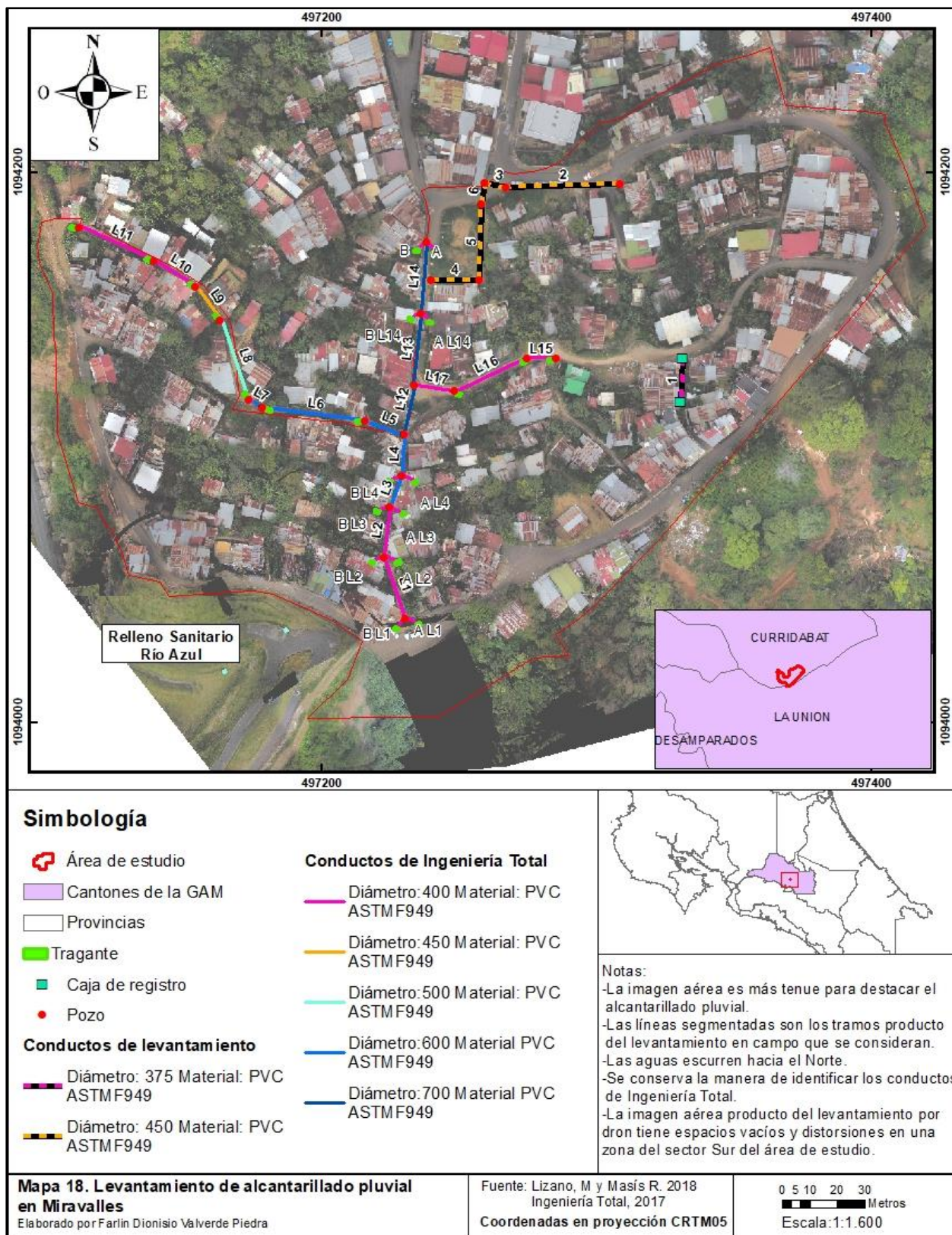
Cuadro 39. Datos de conductos pluviales levantados y de Ingeniería Total en Miravalles

<i>Conducto</i>	<i>Diámetro nominal (mm)</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Elevación rasante inicio (m.s.n.m)</i>	<i>Elevación fondo inicio (m.s.n.m)</i>	<i>Elevación rasante final (m.s.n.m)</i>	<i>Elevación fondo final (m.s.n.m)</i>	<i>Pendiente</i>
L1	400	22,17	1314,73	1312,88	1312,02	1310,42	-11,1%
A L1	400	4,13	1314,73	1313,83	1314,73	1313,13	-16,9%
B L1	400	3,73	1314,73	1313,83	1314,73	1313,13	-18,7%
L2	400	16,64	1312,02	1310,17	1302,79	1301,19	-54,0%
A L2	400	4,05	1312,53	1311,63	1312,02	1310,42	-29,8%
B L2	400	3,91	1312,67	1311,77	1312,02	1310,42	-34,5%
L3	600	10,81	1302,79	1300,94	1297,38	1295,78	-47,7%
A L3	400	3,94	1304,49	1303,59	1302,79	1301,19	-60,9%
B L3	400	4,01	1303,72	1302,82	1302,79	1301,19	-40,6%
L4	600	13,58	1297,38	1295,53	1288,13	1286,53	-66,3%
A L4	400	4,04	1298,56	1297,66	1297,38	1295,78	-46,4%
B L4	400	3,84	1299,03	1298,13	1297,38	1295,78	-61,0%
L5	600	14,01	1291,48	1289,63	1288,13	1286,53	-22,1%
L6	600	35,82	1291,27	1289,42	1291,48	1289,88	1,3%
L7	600	4,12	1291,01	1289,16	1291,27	1289,67	12,2%
L8	500	29,11	1290,86	1289,01	1291,01	1289,41	1,4%
L9	450	13,76	1295,04	1293,19	1290,86	1289,26	-28,5%
L10	400	16,49	1297,61	1295,76	1295,04	1293,44	-14,1%
L11	400	28,43	1296,18	1294,33	1297,61	1296,01	5,9%
L12	700	16,56	1288,13	1286,28	1280,62	1279,02	-43,8%
L13	700	24,78	1280,62	1278,77	1270,07	1268,47	-41,6%
L14	700	24,29	1270,07	1268,22	1259,92	1258,32	-40,8%
A L14	400	3,60	1270,60	1269,70	1270,07	1268,47	-34,2%
B L14	400	3,59	1271,83	1270,93	1270,07	1268,47	-68,4%
A	400	3,38	1260,68	1259,78	1259,92	1258,32	-43,2%
B	400	3,40	1261,89	1260,99	1259,92	1258,32	-78,6%
L15	400	9,17	1280,98	1279,13	1280,65	1278,80	-3,7%
L16	400	27,46	1280,65	1278,80	1281,14	1279,54	2,7%
L17	400	12,96	1281,14	1279,29	1280,62	1278,62	-5,2%
1	300	15,62	1290,76	1289,76	1281,68	1280,68	-58,1%
2	375	41,42	1259,62	1258,47	1254,78	1253,40	-12,2%
3	375	8,03	1254,78	1253,40	1253,75	1252,90	-6,2%
4	375	17,49	1265,61	D	1265,40	D	D
5	375	27,50	1265,40	D	1255,51	1255,21	D
6	375	8,04	1255,51	1254,26	1253,75	1252,90	-16,9%

Nota: La letra D significa que es un dato desconocido. Esto se debe a que no se pudo abrir el pozo para medir su profundidad.

Fuente: Ingeniería Total, 2017

En el Mapa 18. Levantamiento de alcantarillado pluvial en Miravalles se presenta la distribución del diseño de alcantarillado pluvial junto con los elementos del sistema pluvial existente que son de interés.



Las pendientes de algunos tramos en el Cuadro 39 son positivas (todas deberían ser negativas porque indica que la tubería se dirige hacia una elevación más baja y, por lo tanto, conduce el agua pluvial por gravedad), debido a la diferencia que hay entre las elevaciones utilizadas por los diseñadores y las del MED producto del levantamiento por dron. Además, es posible que en realidad no todos los pozos son de 2 m de profundo, como indican los planos, pero así se consideran y es que resultan pendientes positivas.

Sobre el diseño de alcantarillado pluvial de Ingeniería Total surgen algunos cuestionamientos que se recomienda aclarar antes de desarrollar la obra (ya que aún no está implementado en el sitio), siendo estos los siguientes:

1. Los tragantes de los tramos L1 hasta L4 y los del tramo L14 se ubican en donde existen viviendas actualmente y el tramo L12 pasa a través de una vivienda. No es claro si durante el diseño se contempla una reubicación de algunas viviendas.
2. Los pozos son convencionales y prefabricados, de 2 m de profundidad ubicados en su mayoría en alamedas estrechas y sin acceso a vehículos. Hacer llegar estos elementos a su posición en la alameda e instalarlos puede ser un gran reto que no es claro cómo podría realizarse en sitios tan estrechos.
3. No considera la interferencia que puede darse con la red de alcantarillado sanitario diseñado por el AyA en el contexto del PMA. Principalmente los pozos de una u otra red pueden interferir en los conductos de la otra red. La Figura 47 muestra la cercanía entre ambas redes y como se distribuyen en Miravalles.

Es probable que existan especificaciones o detalles, los cuales no se encuentran en el insumo de este diseño consultado, que probablemente aclaren los primeros 2 cuestionamientos. Sin embargo, el cuestionamiento número 3 puede tener como consecuencia un rediseño de, ya sea, el alcantarillado pluvial de Ingeniería Total o el alcantarillado sanitario del PMA debido a la **interferencia o “choque” entre ellos**. De no resolverse esto en una etapa de diseño, puede tener que afrontarse en etapas más avanzadas de alguno de los dos proyectos.

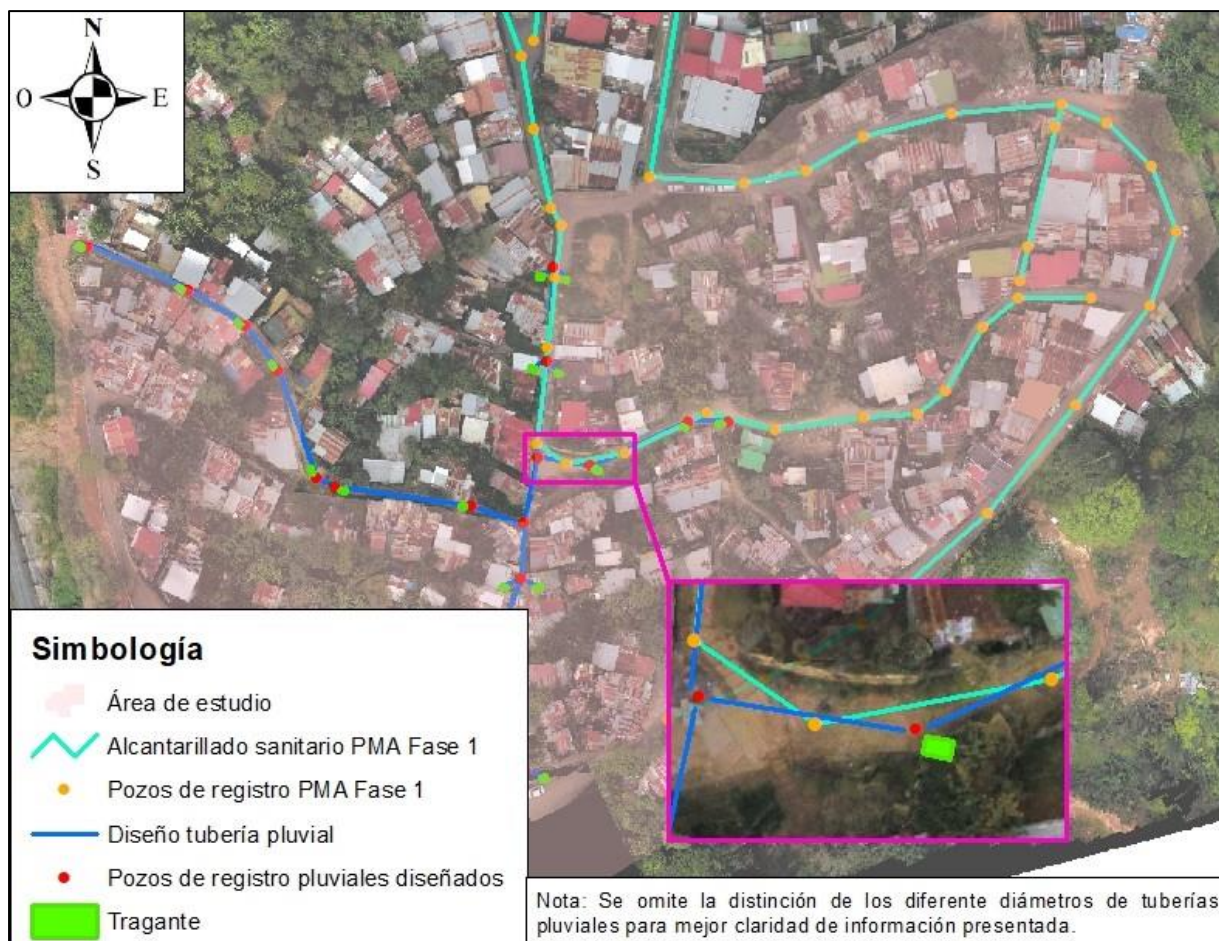


Figura 47. Alcantarillado sanitario PMA Fase 1 y alcantarillado pluvial diseñado en Miravalles

Fuente: AyA, 2016 e Ingeniería Total, 2017

6.3.2 Ubicación de pozos de registro y tuberías en Barrio San José y Miravalles

Utilizando la imagen aérea de ambas áreas de estudio en ArcGIS 10.4, se colocan pozos en intersecciones y en cambios de dirección a lo largo de la vía pública del área de estudio, incluyendo las alamedas, a la vez que se considera la presencia del alcantarillado pluvial (tal como aparecen en el Mapa 17 y Mapa 18). Seguidamente, se unen los pozos mediante trazos rectilíneos los cuales representan las tuberías mientras se considera el MED, para así definir hacia donde fluye el agua residual. En este proceso se tiene siempre en consideración lo que la norma técnica del AyA dispone (indicado en la sección 2.3).

Al distribuir el alcantarillado sanitario sobre las áreas de estudio, se evidencia el problema de espacio en las alamedas al haber un alcantarillado pluvial existente (o diseñado). Esto sucede

principalmente porque la tubería pluvial está centrada en la alameda o los pozos pluviales ocupan mucho espacio y dificulta la ubicación de un pozo de registro convencional para el sistema sanitario.

Para afrontar el problema del espacio en alamedas, se plantea utilizar elementos de registro de alcantarillado sanitario no convencional, específicamente, del alcantarillado sanitario simplificado (explicación de este sistema en la sección 2.2), los cuales permiten que estos puedan ubicarse en el poco espacio que existe en las alamedas al compartirlo con el alcantarillado pluvial. El diámetro mínimo de tuberías se mantiene de 150 mm, tal y como se establece en la norma técnica del AyA, a pesar de que los sistemas simplificados utilicen diámetros menores. En todo caso, el alcantarillado simplificado conecta con un alcantarillado sanitario convencional, fuera de las alamedas.

Según el Cuadro 2 de la sección 2.2, la profundidad mínima de las tuberías, desde la rasante hasta la corona, en este sistema no convencional, es de 0,45 m en las alamedas. En el caso de una tubería PEAD corrugada de 150 mm de diámetro nominal, es decir, de 176 mm de diámetro externo, según la ficha técnica en el Anexo 4, cumple con esta profundidad mínima si los pozos de registro simplificados (podrían llamarse cajas de registro sanitaria, pero, se le llama pozo de registro simplificado para mantener la concordancia con CEPIS (2015)), tienen una profundidad mínima de 0,63 m. Así que, para el alcantarillado simplificado propuesto se establece una profundidad mínima en los pozos de 0,65 m.

El sistema de alcantarillado sanitario simplificado ha sido utilizado en Brasil desde inicios de 1980 (Frigo y Batista, 2016) como una alternativa de menor costo y en barrios marginales de Tegucigalpa, en Honduras donde se califican de exitosas, en parte por la experiencia de la participación comunitaria (Kopitopoulos, 2008).

En el caso de Costa Rica, no se conocen ejemplos de alcantarillado simplificado, sin embargo, en el año 2007, se propuso considerar el uso de alcantarillado sanitario sin arrastre de sólidos (no se especifica lugar), pero, un grupo técnico de profesionales en el AyA expuso una serie de razones, incluyendo una experiencia ocurrida en Villa Verano en San José de Alajuela, por las que no es recomendable y consideran no desarrollar este sistema (Borges et al., 2007). Las principales razones por las que estuvieron en contra de este sistema son:

- El diámetro mínimo contemplado era de 75 mm. Indican que el AyA reporta más de 500 obstrucciones en conductos de 150 mm o más y aunque el sistema propuesto teóricamente no arrastra sólidos, consideran que problemas de obstrucción serían mayores con diámetros tan reducidos, principalmente por la presencia de residuos sólidos que con frecuencia son arrojados por los usuarios a la red sanitaria.
- La poca profundidad del alcantarillado sanitario sin arrastre de sólidos aumenta las posibilidades de conexiones ilícitas, vandalismo o daños como consecuencia de una intervención de los vecinos ante el intento de liberar una obstrucción por ellos mismos.
- También indican que la poca profundidad de las tuberías es un riesgo a que pueda quebrarse o desacoplarse por el paso de un vehículo pesado sobre un jardín o acera, siendo estos los lugares en donde se propone que pasen estas tuberías.
- Este sistema depende de un tanque séptico y este elemento no estaría en control del ente administrador, sino que del usuario; según Borges et. al (2007) en Costa Rica hay pruebas de que los usuarios no les dan el mantenimiento respectivo a los tanques sépticos.

Esta es la única referencia obtenida de un sistema no convencional en el país, por lo que se puede suponer que, en Costa Rica, los sistemas no convencionales prácticamente no se implementan.

En la Figura 48 se presenta un ejemplo de cómo el sistema simplificado soluciona el problema de espacio en una de las alamedas de Barrio San José durante el desarrollo del diseño del alcantarillado sanitario. Se compara el uso de espacio entre un pozo de registro sanitario convencional (de 1,20 m de diámetro interno y 1,6m de diámetro externo) con un pozo simplificado circular (de 0,60 m de diámetro interno y se asume de 0,8 m de diámetro externo) y un pozo simplificado cuadrado (equivalente en área al de 0,6 m de diámetro interno, con dimensiones de 0,55 m por 0,55 m internamente y 0,75 m por 0,75 m externamente).

En el área de estudio de Miravalles es en donde existe mayor demanda de espacio en las alamedas, principalmente por el diseño de alcantarillado pluvial de Ingeniería Total. Se colocan pozos simplificados en los descansos de las gradas y áreas verdes que se muestran en las láminas A03 y P-1 en el Anexo 5, con el fin de procurar un fácil acceso a estos elementos, sin alterar el diseño de las gradas y evitar traslapes con la infraestructura pluvial.



Figura 48. Comparación entre pozo convencional y pozo simplificado circular y cuadrado en alameda de Barrio San José

Basado en CEPIS (2015) y lo mencionado por Borges et. al (2007), se pueden mencionar las siguientes ventajas y desventajas de la implementación del alcantarillado simplificado en el Cuadro 40. Aunque los criterios emitidos por Borges et. al (2007) corresponden a un sistema de alcantarillado sin arrastre de sólidos, se consideran únicamente los que puedan ser asociados al alcantarillado simplificado.

Cuadro 40. Ventajas y desventajas del uso del alcantarillado simplificado

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Es posible sacar provecho de la comunidad para su construcción.	Poca profundidad de la red podría resultar en conexiones ilícitas o vandalismo.
Menor demanda de espacio.	Probabilidad de interferencia de tuberías de agua potable (profundidad mínima igual a 0,8 m según norma técnica del AyA)
Menor costo.	Requiere mayor cultura de mantenimiento del usuario para evitar obstrucciones o anegamiento en los pozos simplificados.
Ubicación de tuberías en sitios sin tráfico vehicular.	

6.3.3 Dimensionamiento de diámetros de tuberías, profundidades de pozos y verificación de parámetros

El caudal que se considera en un tramo para su dimensionamiento es el que llega al pozo aguas arriba más los aportes de aguas residuales residenciales (Q_r), no residenciales (Q_{nr}), por

infiltración (Q_{in}) y conexiones ilícitas (Q_{ci}) que el tramo en consideración tiene. La Figura 49 muestra gráficamente cada uno de estos aportes en una tubería.

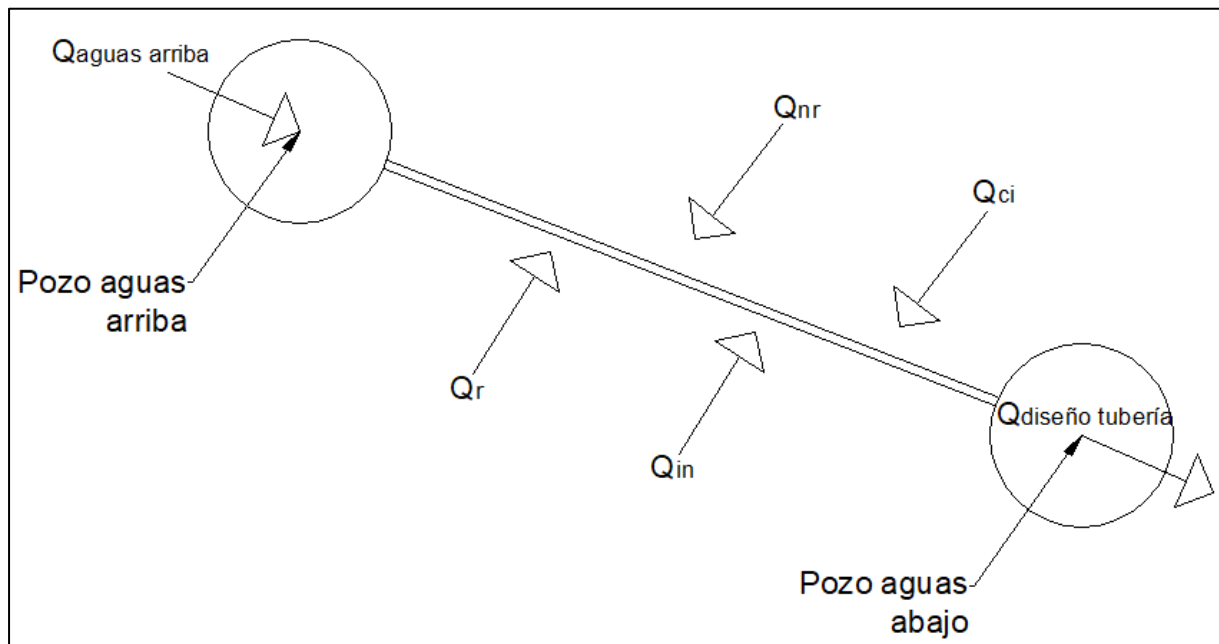


Figura 49. Representación gráfica de los caudales en una tubería para su diseño

El aporte de las residencias depende de un área, siendo 2,32 L/s/ha y 1,91 L/s/ha para Barrio San José y Miravalles respectivamente. Significa que se deben definir áreas tributarias en los usos residenciales en el área de estudio y considerar que dichas áreas aportan aguas residuales a un determinado tramo, es decir, Q_r .

Las áreas se definen según la topografía y distribución de la red sanitaria propuesta. En la Figura 50 se muestra la distribución de áreas tributarias consideradas en cada área de estudio. En Barrio San José, los usos no residenciales se excluyen de las áreas tributarias, ya que, se utilizan para calcular exclusivamente Q_r . En Miravalles, toda el área de estudio es de uso residencial, pero, por la topografía o la existencia de alcantarillado sanitario del PMA del AyA, es que existen zonas sin áreas tributarias. También se incluyen áreas tributarias fuera del área de estudio, ya que, por su topografía podrían brindar aportes a la red propuesta en Miravalles.

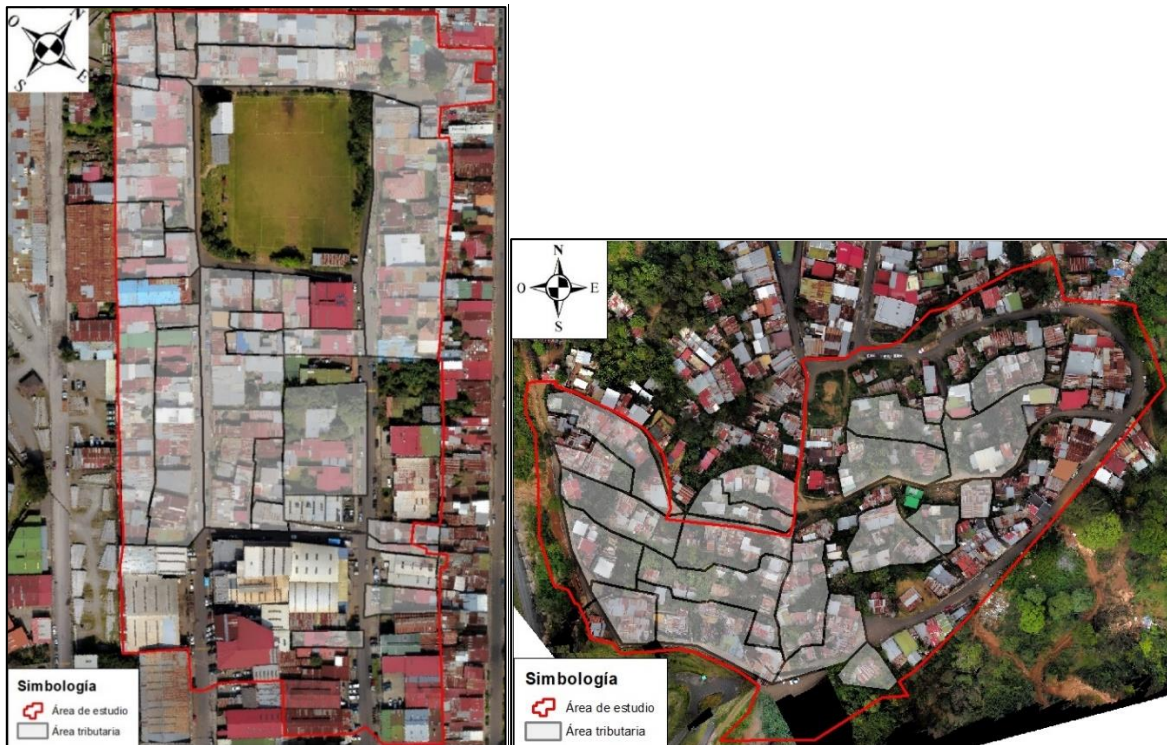


Figura 50. Distribución de áreas tributarias en Barrio San José y Miravalles

El aporte de aguas no residenciales (Q_{nr}) depende de la cantidad de unidades habitacionales equivalentes (0,0301 L/s por unidad habitacional), que para su cálculo depende del área del predio y del tipo de actividad que se desarrolla (muestra de cálculo en sección 6.1.3). Con ayuda del geodato de Catastro Municipal de Curridabat se logra calcular el área de cada predio no residencial en ArcGIS 10.4. Hay que reiterar que este aporte ocurre solamente en Barrio San José.

El agua por infiltración (Q_{in}) depende de la longitud de las tuberías (0,25 L/s/km), el cual se calcula en ArcGIS 10.4, después de haber realizado su trazado.

Las conexiones ilícitas (Q_{ci}), similar al caudal de aguas residuales residenciales, dependen de un área tributaria (0,2 L/s/ha), para lo que se hace uso del área tributaria de las áreas residenciales y del área de los predios de actividades no residenciales para su cálculo, según corresponda a cada tubería.

A continuación, se presenta una muestra de cálculo para el diseño de una tubería. En este caso se trata específicamente del tramo A-13 entre los pozos PR-14 y PR-15 en Barrio San José (en la sección 6.4 se detalla el diseño final de la propuesta y la nomenclatura de pozos y tramos).

La ubicación de estos pozos y la extensión del tramo A-13 son producto de la etapa anterior de diseño.

El tramo A-13 recibe aportes residenciales, no residenciales, de infiltración y de conexiones ilícitas, además del caudal del pozo PR-14 que es el pozo aguas arriba. En la Figura 51 se presentan los alrededores y la ubicación de este tramo. Nótese en la Figura 51 que, según el catastro, el aporte no residencial proviene sitios con usos asociados a actividades de bodegas, industria, centro de acopio, almacenamiento o distribución. Se sigue el procedimiento de cálculo detallado en la sección 2.3 para el dimensionamiento de tuberías.

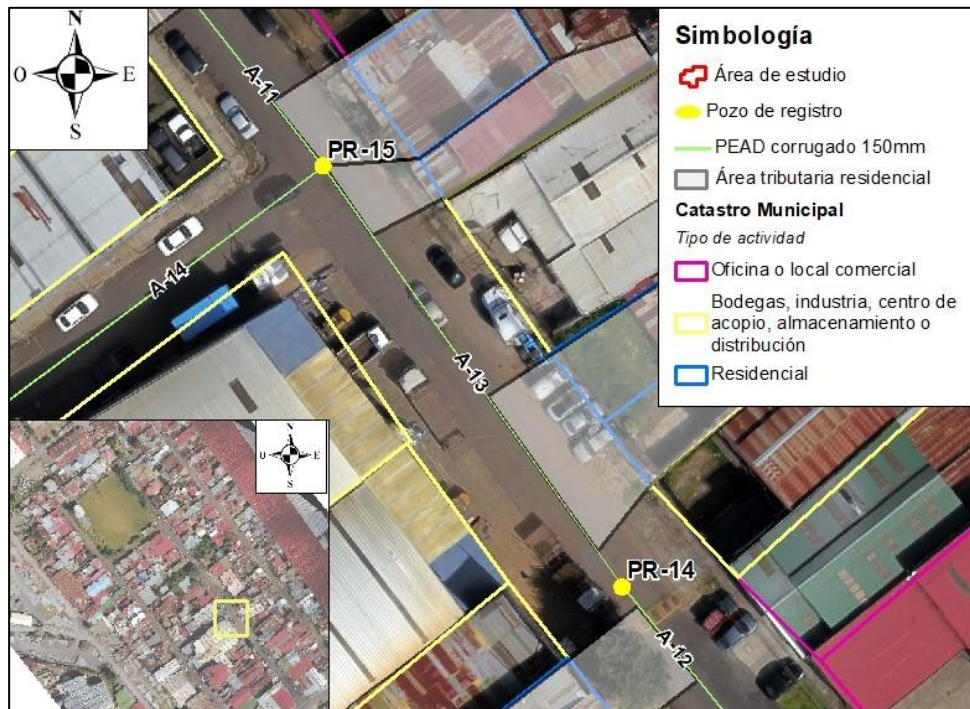


Figura 51. Ubicación de tubería A-13 en Barrio San José

Algunos datos importantes de la tubería y los pozos:

- Longitud tubería A-13: 47,69 m.
- Elevación rasante del pozo PR-14 (aguas arriba): 1178,83 m.s.n.m.
- Elevación rasante del pozo PR-15 (aguas abajo): 1177,62 m.s.n.m.
- Profundidad a fondo del pozo PR-14: 1,15 m.
- Profundidad a fondo del pozo PR-15: 2,1 m.
- Elevación a fondo del pozo PR-14: $1178,83 - 1,15 = 1177,70$ m.s.n.m.
- Elevación a fondo del pozo PR-15: $1177,62 - 2,1 = 1175,52$ m.s.n.m.

- La profundidad de los pozos es producto de un proceso iterativo en el diseño, en donde se comienza por asumir la profundidad mínima en cada pozo y se realizan todos los cálculos que se presentan a continuación, donde deben cumplirse todos los parámetros de diseño. Si algún parámetro no cumple, se modifica la profundidad de alguno de los pozos y se comienzan a hacer nuevamente los cálculos. Las profundidades de los pozos PR-14 y PR-15 mencionadas, son las resultantes de este proceso iterativo y en donde se cumplen con todos los parámetros como se demuestra seguidamente.
- Pendiente tubería A-13:

$$\frac{1175,52 \text{ m.s.n.m} - 1177,70 \text{ m.s.n.m}}{47,69 \text{ m}} = -0,045 = -4,5\%$$

Cálculo de caudal de aguas residuales ordinarias residenciales (Q_r):

- Área tributaria residencial total correspondiente a tubería A-13: 0,0744 ha.

$$Q_r = 2,32 \frac{L}{s * ha} * 0,0744 \text{ ha} = 0,173 \frac{L}{s}$$

Cálculo de caudal de aguas residuales ordinarias no residenciales (Q_{nr}):

- Área predios con tipo de actividad de bodega, industrias o centro de acopio, almacenamiento y distribución total correspondiente a tubería A-13: 2245,04 m².
- Unidades habitacionales equivalentes:

$$\frac{2245,04 \text{ m}^2}{500 \frac{\text{m}^2}{\text{unidades habitacionales}}} = 4,5 \text{ unidades habitacionales}$$

$$Q_{nr} = 0,0301 \frac{L}{s * vivienda} * 4,5 \text{ unidades habitacionales} = 0,135 \frac{L}{s}$$

Caudal aguas residuales ordinarias total:

$$Q_{or} = 0,173 \frac{L}{s} + 0,135 \frac{L}{s} = 0,308 \frac{L}{s}$$

Cálculo de caudal de agua de infiltración:

$$Q_{in} = 0,25 \frac{L}{s * km} * \frac{47,69 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 1 \text{ km} = 0,012 \frac{L}{s}$$

Cálculo de caudal de conexiones ilícitas:

$$Q_{ci} = \left(0,0744 \text{ ha} + \frac{2245,04 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} * 1 \text{ ha} \right) * 0,2 \frac{\text{L}}{\text{s} * \text{ha}} = 0,06 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Caudal aguas arriba en pozo PR-14 (Q_{PR-14}): 0,56 L/s

Caudal total de diseño para tubería A-13 (utilizando ecuación 1 en sección 2.3):

$$Q_{A-13} = Q_{or} + Q_{in} + Q_{ci} + Q_{PR-14} = 0,308 \frac{\text{L}}{\text{s}} + 0,012 \frac{\text{L}}{\text{s}} + 0,06 \frac{\text{L}}{\text{s}} + 0,56 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 0,94 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Al ser un caudal menor a 1,5 L/s, se toma el valor de 1,5 L/s como caudal de diseño para obtener el diámetro teórico, utilizando la ecuación 5.

$$d_0 = \left(\frac{4^{5/3} * n * Q_{A-13}}{\pi * S^{1/2}} \right)^{3/8} = \left(\frac{4^{5/3} * 0,012 \frac{\text{s}}{\text{m}^{1/3}} * 1,5 \frac{\text{L}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}}{\pi * |-0,045|^{1/2}} \right)^{3/8} * \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} = 46 \text{ mm}$$

El Cuadro 4 de la sección 2.3 indica que el diámetro mínimo debe ser de 150 mm. Por lo tanto, se elige una tubería PEAD corrugada de diámetro nominal de 150 mm que cumpla con la norma ASTM F2947, ya que esta es la tubería elegida. Según la ficha técnica consultada (ficha técnica de tubería PEAD corrugada en Anexo 4), el diámetro interno mínimo de la tubería es de 145 mm y el diámetro externo es de 176 mm.

Seguidamente, se calcula el radio hidráulico a tubo lleno con el diámetro interno de la tubería elegida. Después se calcula el caudal a tubo lleno con la ecuación de Gaukler-Manning (ecuación 4) y luego la velocidad a tubo lleno, con la ecuación 6.

$$R_0 = \frac{Am}{Pm} = \frac{\frac{\pi}{4} * d_{0c}^2}{\pi * d_{0c}} = \frac{d_{0c}}{4} = \frac{145 \text{ mm}}{4} * \frac{1}{1000 \text{ mm}} = 0,0363 \text{ m}$$

$$Q_0 = \frac{1}{n} * R_0^{2/3} * Am * S^{1/2} = \frac{(0,0363 \text{ m})^{2/3} * \left(\frac{\pi * 0,145^2}{4} \right) \text{ m}^2 * |-0,045|^{1/2}}{0,012 \frac{\text{s}}{\text{m}^{1/3}}} * \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 32 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$V_0 = \frac{Q_0}{\frac{\pi}{4} * d_{0c}^2} = \frac{32 \frac{\text{L}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}}{\left(\frac{\pi * 0,145^2}{4} \right) \text{ m}^2} = 1,94 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La razón entre el caudal real y el caudal a tubo lleno es la siguiente:

$$\frac{Q_{A-13}}{Q_0} = \frac{1,5 \frac{L}{s}}{32 \frac{L}{s}} = 0,05$$

Con este valor, se obtienen las siguientes relaciones hidráulicas según el Cuadro 5, en la sección 2.3:

$$V/V_0=0,453$$

$$R/R_0=0,449$$

$$d/d_0=0,182$$

$$D/d_0=0,116$$

Lo que resta ahora es despejar los valores respectivos al caudal de diseño de velocidad (V), tirante hidráulico (d), radio hidráulico (R) y profundidad hidráulica (D).

$$\begin{aligned} V &= 0,453 * V_0 = 0,453 * 1,94 \frac{m}{s} = 0,88 \frac{m}{s} & R &= 0,449 * R_0 = 0,449 * 0,0363m = 0,016m \\ d &= 0,182 * d_{0c} = 0,182 * 145mm = 26,39mm & D &= 0,116 * d_{0c} = 0,116 * 145mm = 16,8mm \end{aligned}$$

La velocidad máxima que debería haber en una tubería es de 5 m/s y queda en evidencia que la tubería A-13 cumple con tener una velocidad menor a esta. También se comprueba que el tirante hidráulico es menor al 75% del diámetro interno, ya que, d/d₀ indica que el tirante hidráulico es el 18,2% del diámetro.

Se verifica que la fuerza tractiva es mayor a 0,10 kg/m² con la ecuación 2, como prueba de que tanto la pendiente como la velocidad son mayores al mínimo que debería tener una alcantarilla según la norma del AyA.

$$\tau_0 = \gamma * R * S = 1000 \frac{kg}{m^3} * 0,016m * |-0,045| = 0,73 \frac{kg}{m^2}$$

Y por último se comprueba que el número de Froude es menor a 0,9 o mayor a 1,1 con la ecuación 3.

$$F = \frac{V}{\sqrt{g * D}} = \frac{0,88 \frac{m}{s}}{\sqrt{9,81 \frac{m}{s^2} * 0,0168 m}} = 2,17$$

En resumen, con los cálculos realizados, se determina que la tubería A-13 tendría un diámetro nominal de 150 mm. Además, se comprueba que cumple con los parámetros establecidos por la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial del AyA. Esta misma metodología de cálculo se realiza en las tuberías

contempladas en el diseño de alcantarillado sanitario de ambas comunidades, para así obtener un primer diseño que incluye alcantarillado convencional como el simplificado.

6.3.4 Verificación en cruces con el alcantarillado pluvial y modificación de ubicación de pozos y trazado de red.

Se verifica que el alcantarillado sanitario diseñado y distribuido en el área de estudio no traslape con el alcantarillado pluvial al estimar la separación existente entre las tuberías de ambos sistemas en los puntos específicos donde deba pasar una sobre otra. La norma técnica del AyA indica que debe existir una separación libre de al menos 20 cm entre ambas tuberías y la sanitaria es la que debe estar por encima (AyA, 2017).

- *Verificación en Barrio San José*

En el área de estudio de Barrio San José se identifican 19 puntos específicos en donde las tuberías del pluvial y sanitario se cruzan y estos se pueden ubicar en el Mapa 19. Distribución de sistemas sanitario y pluvial en Barrio San José y los cruces entre ellos. De encontrarse que las tuberías traslapen o con una separación menor a lo estipulado por el AyA, se modifica el primer diseño de alcantarillado sanitario variando la posición y profundidad de pozos, para así alterar la posición de las tuberías sanitarias, lo que conlleva a un diseño que evite la interferencia del sistema pluvial. Dicho diseño se detalla en la sección 6.4.

En el Cuadro 41 se muestran datos de elevación y separación de los conductos sanitarios y pluviales en los 19 cruces, con lo que se demuestra que no hay interferencias entre ellos. No obstante, prácticamente en todos los cruces, el conducto sanitario se coloca debajo del conducto pluvial contrario a lo que indica la norma del AyA. Las razones por las cuales es preferible que el alcantarillado sanitario esté ubicado por encima del alcantarillado pluvial son:

1. Reducir infiltración en la red sanitaria (principalmente en niveles freáticos altos).
2. Evitar conexiones ilícitas al sistema pluvial (el usuario puede tender a enviar las aguas residuales a la tuberías más cercanas o superficiales).

Debido a la segunda razón se recomienda realizar una campaña informativa respecto al servicio de alcantarillado sanitario en el área de estudio e impulsar su uso adecuadamente.

En el área de estudio de Barrio San José se encuentra que el sistema pluvial está a una profundidad tal que, intentar colocar la tubería sanitaria por encima la dejaría expuesta o con

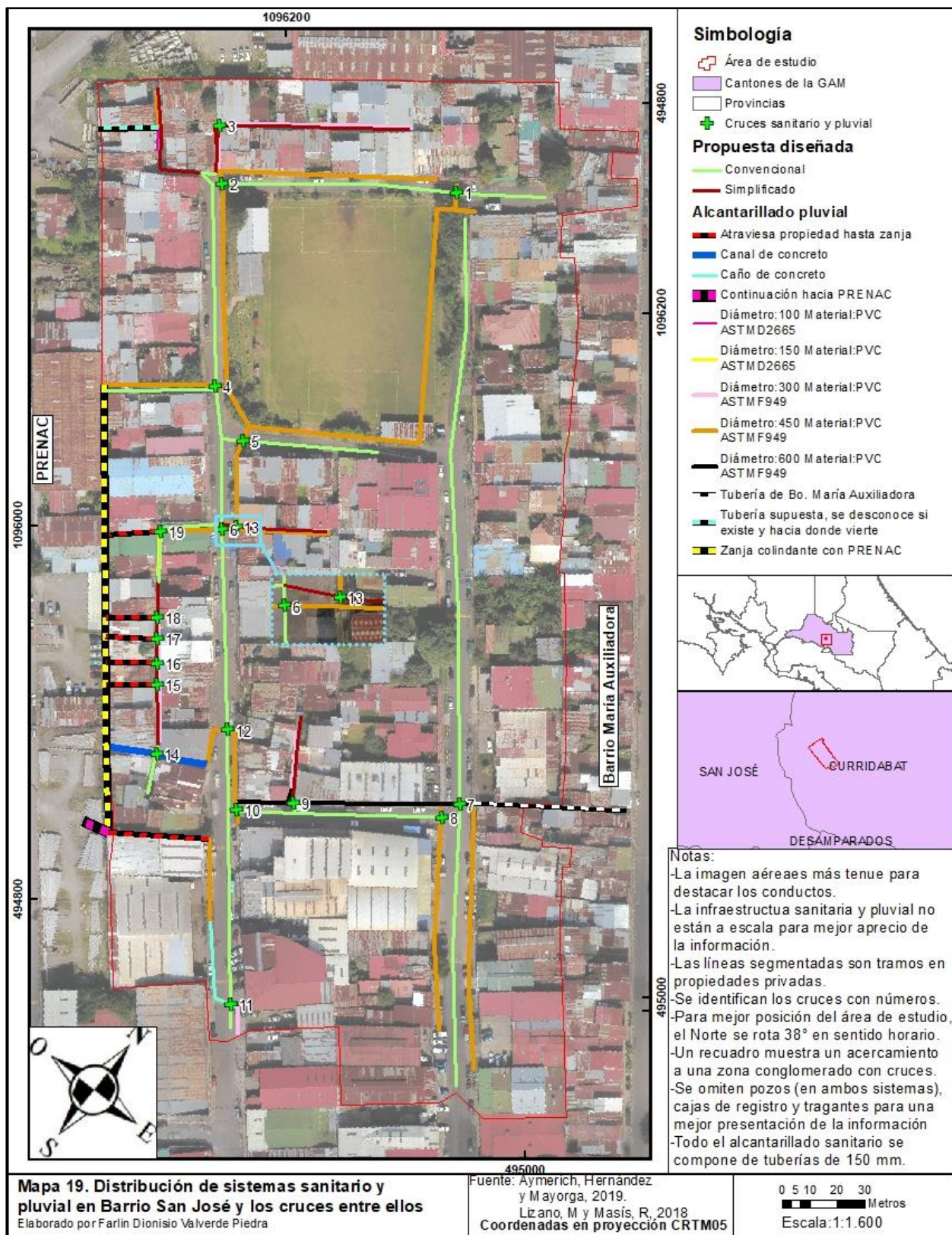
poca profundidad (entre los 10 cm o menos de distancia entre corona y rasante), lo que la haría vulnerable al efecto de las cargas de rodamiento. Esto es una muestra de la importancia de diseñar y construir ambos sistemas simultáneamente. Además, el proceso de levantamiento del alcantarillado pluvial implica que exista incertidumbre sobre la verdadera ubicación de los conductos, es decir, es preferible mantener una separación libre de ambos sistemas como holgura ante la incertidumbre mencionada. Si los conductos sanitarios se intentan ubicar siempre sobre los conductos pluviales, en algunos casos, la separación estaría muy reducida de modo que la holgura mencionada sería igual de reducida y esto significa una mayor probabilidad de interferencia.

En el Cuadro 41 también se muestra como en algunos cruces no se cumple la separación de 20 cm entre ambos sistemas de alcantarillas, siendo la menor en el cruce 16 con apenas 8 cm de separación. Esto es debido a las condiciones topográficas del sitio, que obligan a colocar el conducto sanitario de forma que cumpla con los parámetros de diseño establecidos en la norma técnica del AyA.

Cuadro 41. Datos respectivos a los cruces entre conductos sanitarios y pluviales en Barrio San José

<i>Cruce</i>	<i>Elevación cruce (m.s.n.m)</i>	<i>Elevación corona conducto pluvial (m.s.n.m)</i>	<i>Elevación fondo externo conducto pluvial (m.s.n.m)</i>	<i>Elevación corona sanitaria (m.s.n.m)</i>	<i>Elevación fondo externo sanitario (m.s.n.m)</i>	<i>Separación libre (m)</i>	<i>Sistema que pasa por abajo</i>
1	1183,55	1183,06	1182,58	1182,34	1182,17	0,23	Sanitario
2	1177,20	1176,82	1176,33	1175,70	1175,52	0,63	Sanitario
3	1180,09	1179,36	1179,03	1179,67	1179,49	0,13	Pluvial
4	1173,85	1173,62	1173,14	1172,38	1172,21	0,75	Sanitario
5	1173,92	1173,81	1173,32	1172,66	1172,48	0,66	Sanitario
6	1173,14	1172,80	1172,31	1170,54	1170,36	1,77	Sanitario
7	1177,47	1176,76	1176,11	1175,77	1175,60	0,34	Sanitario
8	1177,21	1176,04	1175,55	1175,38	1175,21	0,17	Sanitario
9	1174,56	1173,73	1173,08	1172,90	1172,73	0,17	Sanitario
10	1174,17	1173,47	1172,98	1172,66	1172,48	0,32	Sanitario
11	1178,87	1178,87	1178,44	1177,83	1177,65	0,61	Sanitario
12	1173,15	1172,92	1172,43	1171,32	1171,15	1,11	Sanitario
13	1173,49	1173,29	1172,81	1172,57	1172,39	0,24	Sanitario
14*	1172,88	1172,88	1172,08	1171,23	1171,06	0,85	Sanitario
15*	1171,65	1171,61	1171,28	1171,02	1170,85	0,26	Sanitario
16*	1171,45	1171,37	1171,05	1170,96	1170,79	0,08	Sanitario
17*	1171,48	1171,42	1171,09	1170,90	1170,73	0,19	Sanitario
18*	1171,65	1171,60	1171,28	1170,85	1170,68	0,42	Sanitario
19*	1171,77	1171,77	1171,28	1170,68	1170,51	0,60	Sanitario

Nota: *Involucran conductos con pendiente desconocida. Para calcularla se asumen de otros conductos.



A continuación, se presenta una muestra de cálculo sobre la estimación de separación entre el conducto pluvial y el conducto sanitario. Específicamente se muestra la serie de cálculos realizados en el cruce 7, donde la Figura 52 presenta una imagen aérea más cercana de este cruce. La tubería sanitaria se identifica como A-11.

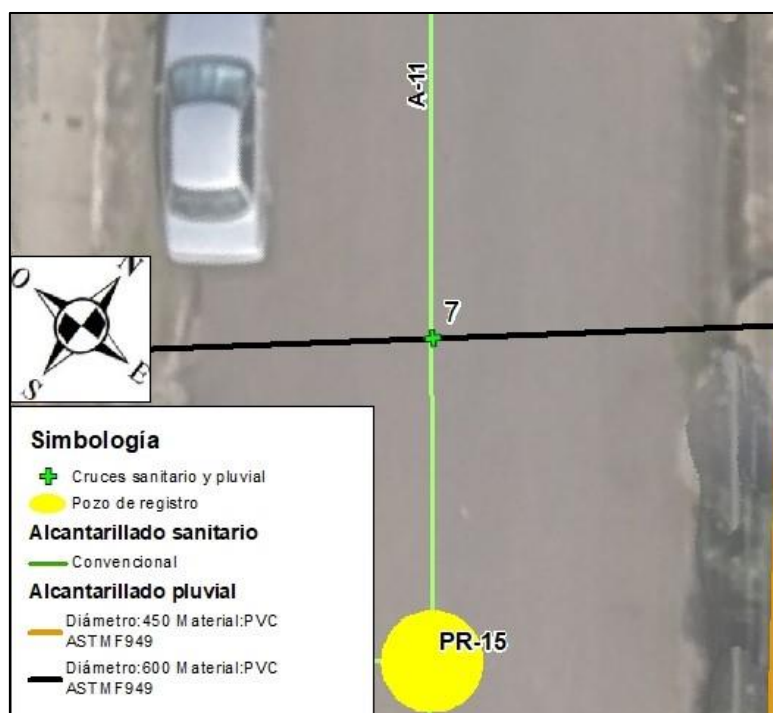


Figura 52. Cruce 7 de conducto pluvial y sanitario en Barrio San José

Para conocer la profundidad de ambos conductos se deben conocer los siguientes datos de cada uno:

- Pendiente.
- Distancia desde el inicio del conducto aguas arriba hasta el cruce.
- Diámetro externo del conducto.
- Elevación de rasante en el punto específico en que se da el cruce.

Los datos para calcular la pendiente se muestran el Cuadro 42.

Cuadro 42. Datos necesarios en tubería A-11 y tubería pluvial de 600 mm para calcular pendiente

<i>Tubería A-11</i>	<i>Tubería pluvial 600 mm</i>
Longitud: 74,84 m	Longitud: 11,64 m
Elevación fondo externo inicio: 1176,70 m.s.n.m	Elevación fondo externo inicio: 1176,73 m.s.n.m
Elevación fondo externo final: 1175, 52 m.s.n.m	Elevación fondo externo final: 1175,40 m.s.n.m

Las pendientes respectivas son las siguientes:

$$S_{A-11} = \frac{1175,52 \text{ m.s.n.m} - 1176,70 \text{ m.s.n.m}}{74,84\text{m}} = -1,58\%$$

$$S_{Pluvial\ 600\text{mm}} = \frac{1175,40 \text{ m.s.n.m} - 1176,73 \text{ m.s.n.m}}{11,64\text{m}} = -11,43\%$$

Con ayuda de ArcGIS 10.4 se mide la distancia desde el inicio de cada tubería hasta el cruce, los cuales son:

- Distancia de inicio tubería A-11 (Pozo PR-16) hasta cruce: 69,81 m.
- Distancia de inicio de tubería pluvial de 600 mm hasta cruce: 5,45 m.

Teniendo la distancia y la pendiente de cada conducto, es posible estimar la elevación del fondo externo y la corona de cada uno, si se tiene presente el diámetro externo respectivo (Fichas técnicas en Anexo 4). Y con esta información se obtiene la separación libre de ambas tuberías en el cruce. Lo anterior se calcula de la siguiente forma.

Elevación fondo externo conducto en cruce

$$= \text{Longitud a cruce} * S_{\text{conducto}} + \text{Elevación fondo externo inicio}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevación fondo externo A - 11 en cruce} &= 69,81\text{m} * -1,58\% + 1176,70 \text{ m.s.n.m} \\ &= 1175,60 \text{ m.s.n.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevación fondo externo pluvial 600mm en cruce} &= 5,45\text{m} * -11,43\% + 1176,73 \text{ m.s.n.m} \\ &= 1176,11 \text{ m.s.n.m} \end{aligned}$$

- Diámetro externo tubería A-11: 176 mm.
- Diámetro externo tubería pluvial de 600 mm: 649,73 mm.

Elevación corona conducto en cruce = Elevación fondo externo cruce + Diámetro externo

$$\text{Elevación corona A - 11 en cruce} = 1175,60 \text{ m.s.n.m} + 0,176 \text{ m} = 1175,77 \text{ m.s.n.m}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevación corona pluvial 60mm en cruce} &= 1176,11 \text{ m.s.n.m} + 0,64973 \text{ m} \\ &= 1176,76 \text{ m.s.n.m} \end{aligned}$$

Teniendo las elevaciones de la corona y el fondo externo de cada tubería, se verifica cuál es la que está por encima, siendo en este caso la tubería pluvial. Así que, la separación libre es la

diferencia entre las elevaciones de la corona de la tubería A-11 y el fondo externo de la tubería pluvial de 600 mm.

$$\text{Separación libre} = 1176,11 \text{ m.s.n.m} - 1175,77 \text{ m.s.n.m} = 0,34 \text{ m}$$

Este proceso de cálculo se realiza para el resto de los cruces de Barrio San José, así como también en los cruces de Miravalles, los cuales se detallan más adelante.

- *Verificación en Miravalles*

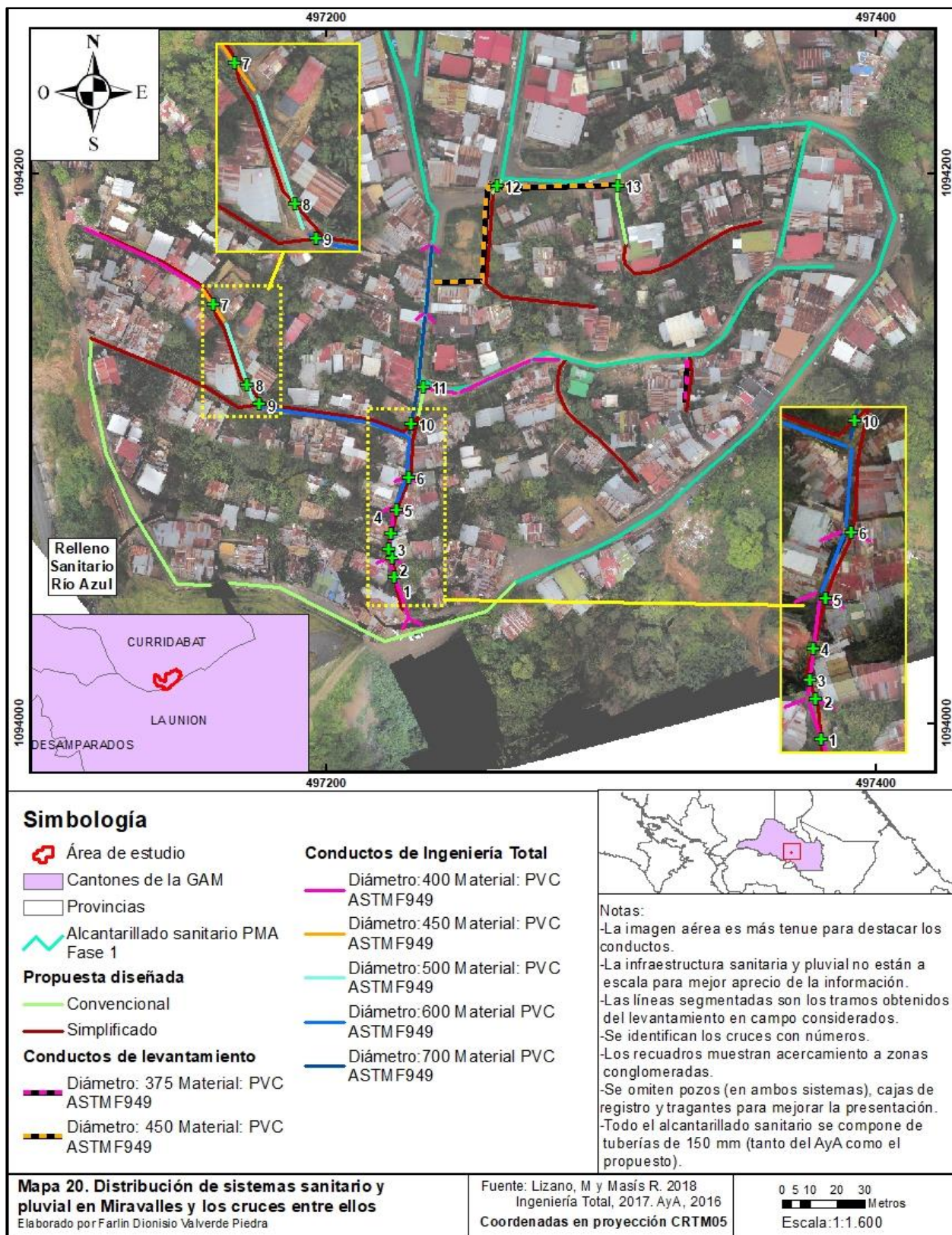
Se encuentran 13 cruces entre el alcantarillado pluvial (diseñado y existente) y el sanitario, donde en su mayoría, el sistema sanitario está por encima con una separación mayor a 20 cm, como lo indica la norma técnica del AyA. Similar a Barrio San José, se realizan modificaciones en la posición de **pozos y elevaciones para evitar los “choques”**.

De los 13 cruces, sólo en 3 el conducto sanitario está por debajo del pluvial. Colocar la tubería sanitaria por encima haría que esté a muy poca profundidad con respecto a la rasante, exponiéndola a daños por las cargas de rodamiento, ya que, las ubicaciones de estos cruces coinciden con vías donde hay tráfico de vehículos.

En el Cuadro 46 se muestran los datos que demuestran que no intervienen ambos sistemas en los cruces y en el Mapa 20. Distribución de sistemas sanitario y pluvial en Miravalles y los cruces entre ellos se presenta la ubicación de dichos cruces en Miravalles.

Cuadro 43. Datos respectivos a los cruces entre conductos sanitarios y pluviales en Miravalles

<i>Cruce</i>	<i>Elevación cruce (m.s.n.m)</i>	<i>Elevación corona conducto pluvial (m.s.n.m)</i>	<i>Elevación fondo externo conducto pluvial (m.s.n.m)</i>	<i>Elevación corona sanitaria (m.s.n.m)</i>	<i>Elevación fondo externo sanitario (m.s.n.m)</i>	<i>Separación libre (m)</i>	<i>Sistema que pasa por abajo</i>
1	1313,90	1311,54	1311,14	1313,23	1313,06	1,52	Pluvial
2	1312,01	1309,17	1308,77	1310,22	1310,04	0,33	Pluvial
3	1310,75	1309,17	1308,77	1310,22	1310,04	0,87	Pluvial
4	1308,09	1306,02	1305,62	1307,31	1307,14	1,12	Pluvial
5	1303,10	1301,86	1301,46	1302,63	1302,45	0,59	Pluvial
6	1297,62	1296,41	1296,01	1297,03	1296,86	0,45	Pluvial
7	1293,33	1291,69	1291,21	1292,82	1292,64	0,95	Pluvial
8	1290,60	1289,99	1289,34	1290,47	1290,29	0,31	Pluvial
9	1291,01	1290,06	1289,48	1290,88	1290,70	0,65	Pluvial
10	1286,72	1285,55	1284,82	1286,03	1285,85	0,30	Pluvial
11	1280,45	1279,44	1279,04	1278,82	1278,64	0,22	Sanitario
12	1254,23	1253,49	1253,09	1252,90	1252,73	0,19	Sanitario
13	1259,09	1258,57	1258,17	1257,01	1256,83	1,16	Sanitario



6.4 Descripción del alcantarillado sanitario propuesto

La nomenclatura asignada para identificar cada uno de los pozos es PR-número (PR-02, PR-13, etcétera) para los pozos de registro ubicados en vías públicas donde pueden transitar vehículos. Si el pozo de registro está dentro de una alameda, donde no hay tránsito de vehículos, se identifican con PRA-número (PRA-02, PRA-13, etcétera). Con respecto a los tramos de tubería sanitaria, estos se identifican como A-número (A-02, A-13, etcétera) si se ubican en la vía pública donde transitan vehículos, y como A númeroAlameda-número (A1-01, A4-03, etcétera) si se encuentran dentro de alguna alameda, a la vez que se identifica en cuál alameda se encuentra.

6.4.1 Descripción de propuesta para Barrio San José

Respecto a pozos de registro en Barrio San José se cuenta con:

- 23 pozos de registro dentro de alamedas. Identificados como PRA-01 hasta PRA-23.
- 16 de estos pozos de registro en alamedas forman parte del alcantarillado sanitario simplificado.
- 14 de los pozos simplificados son de 0,60 m de diámetro interno (diámetro interno mínimo como se indica en el Cuadro 2 de la sección 2.2) o también pueden ser de 0,55 m por 0,55 m internamente. Se utiliza el diámetro mínimo debido al espacio en la alameda y en los pozos de profundidad mínima (0,65 m).
- 2 de los pozos simplificados son de 0,70 m de diámetro interno o también pueden ser de 0,625 m por 0,625 m internamente (0,825 m por 0,825 externamente). Estos son los pozos PRA-02 y PRA-20 de 0,7 m y 0,9 m de profundidad respectivamente. La guía de diseño CEPIS no define un criterio para establecer el diámetro del pozo simplificado en el rango dado (de 0,6 a 0,9 m según se muestra en el Cuadro 2), por lo que se asume mantener una proporción similar en profundidad y diámetro interno.
- Los 7 pozos restantes en las alamedas son convencionales, es decir, con 1,2 m de diámetro interno y de 1,15 m de profundidad mínima. No obstante, el pozo PRA-03 tiene una profundidad de 1,1 m para poder cumplir parámetros de diseño en los tramos que conecta, pero, se considera como otro pozo convencional.
- 21 pozos de registro se ubican en vía pública donde transitan vehículos y están identificados como PR-01 hasta PR-21. Todos son pozos convencionales.

Respecto a los tramos, para la propuesta de alcantarillado sanitario diseñada en Barrio San José, se tiene lo siguiente:

- 17 tramos de tubería de 150 mm de PEAD corrugado para el alcantarillado sanitario simplificado.
- Extensión total tuberías alcantarillado sanitario simplificado: 270 m.
- 26 tramos de tubería de 150 mm de PEAD corrugado para el alcantarillado sanitario convencional.
- Extensión total tuberías alcantarillado sanitario convencional: 1001 m.
- En vías transitables por vehículos se contemplan 19 tramos identificados como A-01 hasta A-19.
- Las alamedas se identifican con un número, como se muestra en la Figura 53.



Figura 53. Números de identificación de alamedas en Barrio San José

De esta forma es como se logra identificar los tramos en las alamedas:

Alameda 1: De A1-01 a A1-03.

Alameda 2: De A2-01 a A2-07

Alameda 3: De A3-01 a A3-04

Alameda 4: De A4-01 a A4-06

Alameda 5: De A5-01 a A5-03

Alameda 6: Tramo único de A6-01

La distribución de la red sanitaria propuesta en el área de estudio se presenta en el Mapa 21. Propuesta de alcantarillado sanitario en Barrio San José. En el Cuadro 45 se muestran los datos del perfil de cada tramo junto con el caudal de diseño y los cálculos hidráulicos pertinentes a los aportes que recibe exclusivamente cada tramo. En el Cuadro 46 se presentan los tramos con sus datos de perfil y con el caudal de diseño respectivo que incluye el aporte del pozo aguas arriba. En ambos casos, se cumplen satisfactoriamente los parámetros de diseño (en el Cuadro 45 no se muestran las columnas que afirman el cumplimiento de parámetros para la simplificación de este). En la sección 6.2.3 se presenta una muestra de cálculo de un tramo.

La distribución propuesta recolecta el agua residual de toda el área de estudio y se conduce por gravedad al pozo PR-17, donde se estima que el caudal total es 10,55 L/s. El caudal de cada fuente que conforma esta contribución total se distribuye de la siguiente manera:

- Caudal residencial: 6,88 L/s
- Caudal infiltraciones: 0,32 L/s
- Caudal no residencial: 2,33 L/s
- Caudal conexiones ilícitas: 1,02 L/s

Para conectar con la red sanitaria del PMA, es requerido un sistema de bombeo donde se propone que el pozo PR-17 funcione como la estación de bombeo y desde ahí se establezca una tubería de impulsión hasta el pozo CUR-0850 (nomenclatura establecida por el AyA) del PMA, el cual es el pozo más cercano para realizar la interconexión.

A continuación, se presenta un dimensionamiento preliminar de la cámara húmeda. El volumen útil mínimo en la cámara húmeda según la *Water Environment Federation* (2010) se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_{um} = \frac{C * Q_b}{4} = \frac{5 \text{ min} * 0,633 \frac{m^3}{min}}{4} = 0,791 m^3 \quad (21)$$

En donde:

- V_{um} : Volumen útil mínimo en la cámara húmeda (m^3).
- C : El lapso entre los que comienza a funcionar la bomba. En general son 5 min para bombas cercanas a los 4 kW de potencia (min).
- Q_b : Capacidad de bomba en el punto de operación. Se toma el caudal total de aguas residuales del área de estudio (equivalente a $0,633 m^3/min$) como la capacidad esperada en su operación.

El diámetro mínimo de la cámara húmeda se calcula de la siguiente manera:

$$D_{CH} = \sqrt{V_{um} * \frac{4}{\pi} * H} = \sqrt{0,791m^3 * \frac{4}{\pi} * \frac{1}{0,6m}} = 1,30 m \quad (22)$$

En donde:

- D_{CH} : Diámetro interno de cámara húmeda (m).
- H : Profundidad estimada para el volumen útil (m).

La cámara húmeda debe contar con al menos 0,40 m más de profundidad, que no se consideren parte del volumen útil mínimo, para que la bomba no opere en seco. Este valor es arbitrario, puede variar dependiendo de la altura de la bomba.

La carga de operación de la bomba se calcula mediante la diferencia de elevaciones (Δz) entre la lámina de agua en la cámara húmeda del pozo PR-17 y la base del pozo CUR-0850; también debe sumarse a la carga la pérdida de energía debido a la tubería de impulsión, aunque, las pérdidas debido a la bomba se desprecian.

La diferencia de elevaciones se calcula con la siguiente información:

- Elevación rasante pozo PR-17: 1173,08 m.s.n.m.
- Elevación rasante pozo CUR-0850: 1179,97 m.s.n.m.
- Profundidad de entrada al pozo PR-17: 3 m.
- Profundidad de entrada al pozo CUR-0850: 1,2 m.
- Profundidad volumen útil: 0,6 m.

$$\begin{aligned} \text{Elevación crítica lámina de agua en PR - 17} &= 1173,08 \text{ m.s.n.m} - 3m - 0,6m \\ &= 1169,48 \text{ m.s.n.m} \end{aligned}$$

$$\text{Elevación entrada pozo CUR - 0850} = 1179,97 \text{ m.s.n.m} - 1,2m = 1178,77 \text{ m.s.n.m}$$

$$\Delta z = 1178,77 \text{ m.s.n.m} - 1169,48 \text{ m.s.n.m} = 9,29m$$

Para conocer la pérdida de energía es necesario determinar el diámetro y la longitud de la tubería de impulsión. La distancia entre la estación de bombeo PR-17 y el pozo CUR-0850 se estima con ArcGIS 10.4 en 136,67m. El diámetro de la tubería de impulsión se calcula con la fórmula para el diámetro económico de Bresse.

$$D_{ec} = K\sqrt{Q_b} = 1,2 * \sqrt{0,01055 \frac{m^3}{s}} = 0,123 m \quad (23)$$

En donde:

- D_{ec} : Diámetro económico (m).
- K: Valor constante entre 0,75 y 1,4. Por lo general se utiliza 1,2.
- Q_b : Capacidad de bomba en el punto de operación. Se toma el caudal de 10,55 L/s como la capacidad esperada en su operación (m^3/s).

Se elige un diámetro nominal de 100 mm, SDR 26 de PVC ASTM D2241 para la tubería de impulsión, donde su diámetro interno equivale a 105,52 mm. En el Anexo 4 se encuentra la ficha técnica correspondiente.

La pérdida de energía por la tubería de impulsión se calcula con la fórmula de Darcy-Weisbach (existen otras fórmulas que se pueden utilizar como por ejemplo Hazen-Williams):

$$h_f = \frac{8}{g\pi^2} * \frac{f * L}{D_i^5} * Q_b^2 \quad (24)$$

En donde:

- L: Longitud en de la tubería de impulsión (m).
- g: Aceleración de la gravedad ($9,81 m/s^2$)
- D_i : Diámetro interno de la tubería de impulsión (m).
- Q_b : Capacidad de bomba en el punto de operación. Se toma el caudal de 10,55 L/s como la capacidad esperada en su operación (m^3/s).
- f: Factor de fricción.

El factor de fricción requiere de su propio cálculo por medio de la fórmula de Swamee-Jane (también hay otras fórmulas para utilizar como Colebrook-White):

$$f = \frac{1,325}{\left(\ln \left(\frac{k/D_i}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right)^2} \quad (25)$$

En donde:

- k: Rugosidad del material (mm). Para PVC es 0,0015 (López, 2003).
- D_i: Diámetro interno de la tubería de impulsión (mm).
- Re: Número de Reynolds.

El número de Reynolds se obtiene de la fórmula presentada a continuación.

$$Re = \frac{4 * Q_b}{\pi * D_i * v} \quad (26)$$

En donde:

- D_i: Diámetro interno de la tubería de impulsión (mm).
- Q_b: Capacidad de bomba en el punto de operación. Se toma el caudal de 10,55 L/s como la capacidad esperada en su operación (m³/s).
- **u**: Viscosidad cinemática del agua (m²/s). Para agua a 20 °C es 1,007*10⁻⁶ (Streeter, Wylie & Bedford, 2000).

A continuación, se evalúan las ecuaciones 25 y 26 para finalmente calcular la pérdida de energía en la tubería de impulsión con la ecuación 24.

$$Re = \frac{4 * 0,01055 \frac{m^3}{s}}{\pi * 0,10552 * 1,007 * 10^{-6}} = 126414,92$$

$$f = \frac{1,325}{\left(\ln \left(\frac{0,0015/105,52}{3,7} + \frac{5,74}{126414,92^{0,9}} \right) \right)^2} = 0,0171$$

$$h_f = \frac{8}{9,81 \frac{m}{s^2} * \pi^2} * \frac{0,0171 * 136,67m}{(0,10552m)^5} * \left(0,01055 \frac{m^3}{s} \right)^2 = 1,644m$$

Por lo tanto, la carga de operación de la bomba es:

$$H_B = \Delta z + h_f = 9,29m + 1,644 m = 10,934m$$

Conociendo la carga (H_B) y el caudal de operación (Q_b) se procede a la elección de la bomba. Como propuesta, se elige la marca AF de bombas sumergibles para aguas residuales de la empresa Zebol y se consulta en la ficha técnica respectiva. En la ficha técnica se muestran las curvas características de los diferentes modelos de bombas, en donde, al conocer el valor de H_B y Q_b se puede determinar en la curva cuál sería la bomba adecuada. En la Figura 55 se muestra la curva característica que determina la bomba elegida al mostrar el punto del correspondiente a la carga de operación, igual a 10,934 m, y el caudal de operación, igual a 0,633 m³/min.

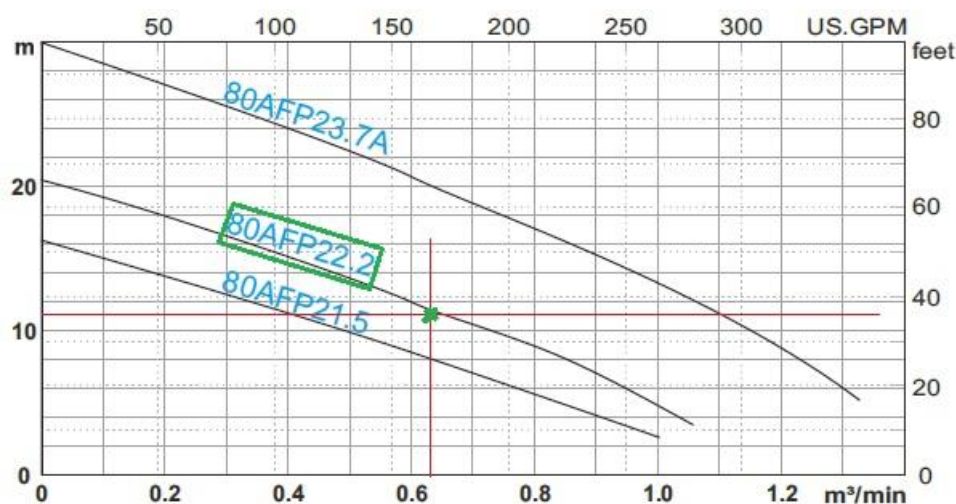


Figura 54. Curvas características de modelos de bombas sumergibles para aguas residuales marca AF

Fuente: AF, s.f.

Modificado por Valverde, 2019

La bomba elegida es el modelo 80AFP22.2 y sus características se muestran en el Cuadro 44.

Cuadro 44. Características de bomba sumergible marca AF modelo 80AFP22.2

Diámetro de salida: 80 mm.	Potencia: 3 HP o 2,2 kW
Rodete tipo P o semi abierto	A: 413mm B:275 mm C:260mm D: 608 o 525 mm
	

Fuente: AF, s.f.

En la cámara húmeda deben colocarse al menos dos bombas de este modelo como medida de seguridad ante cualquier fallo, arreglo o cambio en la bomba que se utiliza.

Como alternativa a la estación de bombeo se puede evaluar la posibilidad de utilizar túneles o habilitar una servidumbre a través de algunas viviendas hacia el Suroeste de Barrio San José, que cruce PRENAC y llegue a la red sanitaria existente al Oeste de PRENAC (esta se muestra en el Mapa 12 de la sección 5.1.1)

Estas opciones ameritan una investigación respectiva para conocer su viabilidad, sin embargo, en este trabajo se recomienda como parte de la propuesta el uso de una bomba sumergible con tubería de impulsión.

Cuadro 45. Datos de perfil, caudal de diseño de aportes exclusivos al tramo y cálculos hidráulicos respectivos en propuesta de alcantarillado sanitario Barrio San José

Perfil Básico													Caudal de diseño de aportes del tramo										Cálculos hidráulicos																	
Cada ramal se agrupa en un color, celeste o gris	Características pozo de inicio y final								Profundidad a corona de tubería saliendo de pozo	Profundidad a corona de tubería entrante a pozo	Longitud de tramo	Pendiente de tramo	Área de drenaje residencial	Área predio comercial/recreativo	Área predio industrial	Caudal no residencial	Caudal máximo diario	Caudal máximo horario	Caudal infiltración	Caudal por conexiones ilícitas	Caudal de diseño	Caudal diseño final (cumple mínimo)	Diámetro requerido tubo lleno	Diámetro nominal seleccionado	Diámetro interno	Diámetro externo	Caudal a tubo lleno	Velocidad a tubo lleno	Radio hidráulico sección llena	Relaciones hidráulicas					Velocidad real	Número de Froude	Tirante real	Radio hidráulico real	Fuerza tractiva	
	Tramo	De Pozo	Prof. Pozo (m)	Rasante (m.s.n.m)	Fondo (m.s.n.m)	A Pozo	Prof. Pozo (m)	Rasante (m.s.n.m)	Fondo (m.s.n.m)	Prof. a corona (m.s.n.m)	Prof. a corona (m.s.n.m)	L (m)	S%	(ha)	(m2)	(m2)	Onr (L/s)	QMD (L/s)	QMH (L/s)	Qin (L/s)	Qci (L/s)	Qd (L/s)	Qd (L/s)	do (mm)	dn (mm)	doc (mm)	de (mm)	Qo (m3/s)	Vo (m/s)	Ro (m)	Qd/ Qo	V/Vo	d/y	R/Ro	H/D	V (m/s)	-	y (mm)	R (m)	τ (kg/m^2)
A-01	PR-01	1,3	1185,97	1184,67	PR-02	1,7	1184,12	1182,42	1184,85	1182,6	29	-7,8%	0,23	0	0	0,000	0,292	0,526	0,007	0,045	0,579	1,5	41,6	150	145	176	0,042	2,542	0,036	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	1,085	2,85	23,93	0,015	1,152	
A-02	PR-02	1,7	1184,12	1182,42	PR-03	1,15	1180,97	1179,82	1182,6	1180,0	34	-7,6%	0,11	0	0	0,000	0,148	0,266	0,009	0,023	0,297	1,5	41,7	150	145	176	0,042	2,524	0,036	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	1,078	2,83	23,93	0,015	1,137	
A-03	PR-03	1,15	1180,97	1179,82	PR-04	1,6	1176,85	1175,25	1180	1175,4	58,4	-7,8%	0,11	0	0	0,000	0,143	0,258	0,015	0,022	0,294	1,5	41,5	150	145	176	0,042	2,553	0,036	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	1,090	2,86	23,93	0,015	1,163	
A-04	PR-04	1,6	1176,85	1175,25	PR-05	1,7	1173,85	1172,15	1175,43	1172,3	74,9	-4,1%	0,27	6422,4	0	0,966	0,347	0,625	0,019	0,182	1,792	1,8	50,0	150	145	176	0,031	1,857	0,036	0,06	0,473	0,196	0,481	0,128	0,878	2,06	28,42	0,017	0,722	
A-05	PR-05	1,7	1173,85	1172,15	PR-06	1,55	1173,6	1172,05	1172,33	1172,2	18	-0,6%	0,07	0	0	0,000	0,087	0,157	0,005	0,014	0,175	1,5	68,1	150	145	176	0,011	0,680	0,036	0,13	0,580	0,280	0,650	0,197	0,395	0,75	40,60	0,024	0,131	
A-06	PR-06	1,55	1173,6	1172,05	PR-11	2,8	1173,17	1170,37	1172,23	1170,5	30,8	-5,4%	0,10	505,21	0	0,076	0,132	0,238	0,008	0,031	0,352	1,5	44,4	150	145	176	0,035	2,130	0,036	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	0,910	2,39	23,93	0,015	0,810	
A-07	PR-11	2,8	1173,17	1170,37	PR-17	3	1173,08	1170,08	1170,55	1170,3	51,6	-0,6%	0,29	0	0	0,000	0,371	0,668	0,013	0,058	0,739	1,5	68,0	150	145	176	0,011	0,684	0,036	0,13	0,580	0,280	0,650	0,197	0,397	0,75	40,60	0,024	0,132	
A-08	PR-07	1,3	1183,22	1181,92	PR-08	1,15	1181,46	1180,31	1182,1	1180,5	40,1	-4,0%	0,12	0	0	0,000	0,151	0,271	0,010	0,023	0,305	1,5	47,0	150	145	176	0,030	1,829	0,036	0,05	0,453	0,182	0,449	0,116	0,829	2,04	26,39	0,016	0,653	
A-09	PR-08	1,15	1181,46	1180,31	PR-09	1,15	1178,75	1177,6	1180,49	1177,8	45,2	-6,0%	0,23	0	0	0,000	0,300	0,541	0,011	0,047	0,598	1,5	43,6	150	145	176	0,037	2,235	0,036	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	0,955	2,51	23,93	0,015	0,891	
A-10	PR-09	1,15	1178,75	1177,6	PR-16	1,15	1177,8	1176,65	1177,78	1176,8	58,3	-1,6%	0,22	0	1364,43	0,082	0,278	0,501	0,015	0,070	0,668	1,5	55,7	150	145	176	0,019	1,165	0,036	0,08	0,505	0,220	0,530	0,151	0,588	1,27	31,90	0,019	0,313	
A-11	PR-16	1,15	1177,8	1176,65	PR-15	2,1	1177,62	1175,52	1176,83	1175,7	74,8	-1,5%	0,29	2565,3	419,67	0,411	0,370	0,666	0,019	0,117	1,213	1,5	56,5	150	145	176	0,019	1,122	0,036	0,08	0,505	0,220	0,530	0,151	0,566	1,22	31,90	0,019	0,290	
A-12	PR-13	1,3	1184,18	1182,88	PR-14	1,15	1178,83	1177,68	1183,06	1177,9	49,9	-10,4%	0,03	2188	1091,78	0,395	0,042	0,076	0,012	0,072	0,555	1,5	39,3	150	145	176	0,049	2,947	0,036	0,03	0,400	0,148	0,370	0,086	1,179	3,37	21,46	0,013	1,398	
A-13	PR-14	1,15	1178,83	1177,68	PR-15	2,1	1177,62	1175,52	1177,86	1175,7	47,7	-4,5%	0,07	0	2245,04	0,135	0,096	0,173	0,012	0,060	0,379	1,5	46,0	150	145	176	0,032	1,943	0,036	0,05	0,453	0,182	0,449	0,116	0,880	2,17	26,39	0,016	0,737	
A-14	PR-15	2,1	1177,62	1175,52	PR-18	2,2	1174,79	1172,59	1175,7	1172,8	60	-4,9%	0,04	0	0	0,000	0,048	0,086	0,015	0,007	0,108	1,5	45,3	150	145	176	0,033	2,017	0,036	0,05	0,453	0,182	0,449	0,116	0,914	2,25	26,39	0,016	0,795	
A-15	PR-18	2,2	1174,79	1172,59	PR-12	1,6	1174,07	1172,47	1172,77	1172,6	24	-0,5%	0,00	0	0	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	1,5	69,5	150	145	176	0,011	0,645	0,036	0,14	0,590	0,289	0,668	0,205	0,381	0,71	41,91	0,024	0,121	
A-16	PR-19	1,3	1179,58	1178,28	PR-12	1,6	1174,07	1172,47	1178,46	1172,6	79,2	-7,3%	0,02	0	0	0,000	0,023	0,042	0,020	0,004	0,065	1,5	42,0	150	145	176	0,041	2,472	0,036	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	1,055	2,77	23,93	0,015	1,090	
A-17	PR-12	1,6	1174,07	1172,47	PR-17	3	1173,08	1170,08	1172,65	1170,3	52,3	-4,6%	0,00	0	4448,66	0,268	0,000	0,000	0,013	0,089	0,370	1,5	45,9	150	145	176	0,032	1,950	0,036	0,05	0,453	0,182	0,449	0,116	0,884	2,18	26,39	0,016	0,743	
A-18	PR-10	1,3	1176,61	1175,31	PR-06	1,55	1173,6	1172,05	1175,49	1172,2	57	-5,7%	0,07	0	0	0,000	0,091	0,164	0,014	0,014	0,193	1,5	44,0	150	145	176	0,036	2,182	0,036	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	0,932	2,45	23,93	0,015	0,850	
A-19	PR-21	1,55	1176,91	1175,36	PR-04	1,6	1176,85	1175,25	1175,54	1175,4	5,79	-1,9%	0,00	0	0	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	1,5	54,1	150	145	176	0,021	1,258	0,036	0,07	0,492	0,210	0,510	0,140	0,619	1,39	30,45	0,018	0,351	
A1-01	PRA-21	0,65	1177,34	1176,69	PRA-22	0,65	1176,39	1175,74	1176,87	1175,9	15,7	-6,0%	0,06	0	0	0,000	0,073	0,132	0,004	0,011	0,147	1,5	43,6	150	145	176	0,037	2,244	0,036	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	0,958	2,52	23,93	0,015	0,898	
A1-02	PRA-22	0,65	1176,39	1175,74	PRA-23	0,65	1176,1	1175,45	1175,92	1175,6	14	-2,1%	0,05	0	0	0,000	0,059	0,106	0,004	0,009	0,119	1,5	53,3	150	145	176	0,022	1,312	0,036											

Cuadro 46. Datos de perfil, caudal de diseño total y cálculos hidráulicos de tramos en propuesta de alcantarillado sanitario en Barrio San José

Perfil Básico													Caudal de diseño considerando aporte aguas arriba y cálculos hidráulicos respectivos																								
Cada ramal se agrupa en un color, celeste o gris	Características pozo de inicio y final								Profundidad a corona de tubería saliendo de pozo	Profundidad a corona de tubería entrante a pozo	Longitud de tramo	Pendiente de tramo	Caudal de diseño acumulado	Caudal diseño final acumulado	Diámetro requerido tubo lleno acum	Diámetro nominal seleccionado acum	Diámetro interno acum	Diámetro externo acum	Caudal a tubo lleno acum	Velocidad a tubo lleno acum	Radio hidráulico sección llena acum	Relaciones hidráulicas					Velocidad real	¿Cumple con velocidad menor a 5m/s?	Número de Froude	¿Número de Froude menor a 0,9 y mayor a 1,1?	Tirante real	¿Tirante menor a 75% DI?	Radio hidráulico real	Fuerza tractiva	¿Fuerza tractiva mayor a 0,10 kg/m2?		
	Tramo	De Pozo	Prof. Pozo (m)	Rasante (m.s.n.m)	Fondo (m.s.n.m)	A Pozo	Prof. Pozo (m)	Rasante (m.s.n.m)														Fondo (m.s.n.m)	Prof. a corona (m.s.n.m)	Prof. a corona (m.s.n.m)	L (m)	S%										Qd (L/s)	Qd (L/s)
A-01	PR-01	1,3	1185,97	1184,67	PR-02	1,7	1184,12	1182,42	1184,85	1182,6	29	-7,8%	0,58	1,5	41,57	150	145	176	0,042	2,542	0,036	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	1,085	SI	2,849	SI	23,93	SI	0,015	1,152	SI		
A-02	PR-02	1,7	1184,12	1182,42	PR-03	1,15	1180,97	1179,82	1182,6	1180,0	34	-7,6%	0,88	1,5	41,68	150	145	176	0,042	2,524	0,036	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	1,078	SI	2,830	SI	23,93	SI	0,015	1,137	SI		
A-03	PR-03	1,15	1180,97	1179,82	PR-04	1,6	1176,85	1175,25	1180,05	1175,4	58,4	-7,8%	1,17	1,5	41,50	150	145	176	0,042	2,553	0,036	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	1,090	SI	2,862	SI	23,93	SI	0,015	1,163	SI		
A-04	PR-04	1,6	1176,85	1175,25	PR-05	1,7	1173,85	1172,15	1175,43	1172,3	74,9	-4,1%	3,75	3,746	65,92	150	145	176	0,031	1,857	0,036	0,12	0,570	0,270	0,630	0,188	1,058	SI	2,047	SI	39,15	SI	0,023	0,945	SI		
A-05	PR-05	1,7	1173,85	1172,15	PR-06	1,55	1173,6	1172,05	1172,33	1172,2	18	-0,6%	4,12	4,117	99,51	150	145	176	0,011	0,680	0,036	0,37	0,776	0,476	0,974	0,368	0,528	SI	0,730	SI	69,02	SI	0,035	0,196	SI		
A-06	PR-06	1,55	1173,6	1172,05	PR-11	2,8	1173,17	1170,37	1172,23	1170,5	30,8	-5,4%	4,66	4,662	67,96	150	145	176	0,035	2,130	0,036	0,13	0,580	0,280	0,650	0,197	1,236	SI	2,334	SI	40,60	SI	0,024	1,284	SI		
A-07	PR-11	2,8	1173,17	1170,37	PR-17	3	1173,08	1170,08	1170,55	1170,3	51,6	-0,6%	6,14	6,141	115,35	150	145	176	0,011	0,684	0,036	0,54	0,870	0,588	1,107	0,487	0,595	SI	0,715	SI	85,26	SI	0,040	0,226	SI		
A-08	PR-07	1,3	1183,22	1181,92	PR-08	1,15	1181,46	1180,31	1182,1	1180,5	40,1	-4,0%	0,30	1,5	47,03	150	145	176	0,03	1,829	0,036	0,05	0,453	0,182	0,449	0,116	0,829	SI	2,040	SI	26,39	SI	0,016	0,653	SI		
A-09	PR-08	1,15	1181,46	1180,31	PR-09	1,15	1178,75	1177,6	1180,49	1177,8	45,2	-6,0%	0,90	1,5	43,62	150	145	176	0,037	2,235	0,036	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	0,955	SI	2,506	SI	23,93	SI	0,015	0,891	SI		
A-10	PR-09	1,15	1178,75	1177,6	PR-16	1,15	1177,8	1176,65	1177,78	1176,8	58,3	-1,6%	1,57	1,572	56,68	150	145	176	0,019	1,165	0,036	0,08	0,505	0,220	0,530	0,151	0,588	SI	1,270	SI	31,90	SI	0,019	0,313	SI		
A-11	PR-16	1,15	1177,8	1176,65	PR-15	2,1	1177,62	1175,52	1176,83	1175,7	74,8	-1,5%	2,78	2,785	71,25	150	145	176	0,019	1,122	0,036	0,15	0,600	0,298	0,686	0,213	0,673	SI	1,223	SI	43,21	SI	0,025	0,375	SI		
A-12	PR-13	1,3	1184,18	1182,88	PR-14	1,15	1178,83	1177,68	1183,06	1177,9	49,9	-10,4%	0,56	1,5	39,33	150	145	176	0,049	2,947	0,036	0,03	0,400	0,148	0,370	0,086	1,179	SI	3,370	SI	21,46	SI	0,013	1,398	SI		
A-13	PR-14	1,15	1178,83	1177,68	PR-15	2,1	1177,62	1175,52	1177,86	1175,7	47,7	-4,5%	0,93	1,5	45,98	150	145	176	0,032	1,943	0,036	0,05	0,453	0,182	0,449	0,116	0,880	SI	2,166	SI	26,39	SI	0,016	0,737	SI		
A-14	PR-15	2,1	1177,62	1175,52	PR-18	2,2	1174,79	1172,59	1175,7	1172,8	60	-4,9%	3,83	3,828	64,42	150	145	176	0,033	2,017	0,036	0,11	0,553	0,258	0,606	0,179	1,115	SI	2,211	SI	37,41	SI	0,022	1,073	SI		
A-15	PR-18	2,2	1174,79	1172,59	PR-12	1,6	1174,07	1172,47	1172,77	1172,6	24	-0,5%	3,97	3,969	100,13	150	145	176	0,011	0,645	0,036	0,37	0,776	0,476	0,974	0,368	0,501	SI	0,692	SI	69,02	SI	0,035	0,176	SI		
A-16	PR-19	1,3	1179,58	1178,28	PR-12	1,6	1174,07	1172,47	1178,46	1172,6	79,2	-7,3%	0,07	1,5	42,01	150	145	176	0,041	2,472	0,036	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	1,055	SI	2,771	SI	23,93	SI	0,015	1,090	SI		
A-17	PR-12	1,6	1174,07	1172,47	PR-17	3	1173,08	1170,08	1172,65	1170,3	52,3	-4,6%	4,40	4,404	68,76	150	145	176	0,032	1,950	0,036	0,14	0,590	0,289	0,668	0,205	1,151	SI	2,131	SI	41,91	SI	0,024	1,106	SI		
A-18	PR-10	1,3	1176,61	1175,31	PR-06	1,55	1173,6	1172,05	1175,49	1172,2	57	-5,7%	0,19	1,5	44,02	150	145	176	0,036	2,182	0,036	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	0,932	SI	2,446	SI	23,93	SI	0,015	0,850	SI		
A-19	PR-21	1,55	1176,91	1175,36	PR-04	1,6	1176,85	1175,25	1175,54	1175,4	5,79	-1,9%	0,78	1,5	54,12	150	145	176	0,021	1,258	0,036	0,07	0,492	0,210	0,510	0,140	0,619	SI	1,387	SI	30,45	SI	0,018	0,351	SI		
A1-01	PRA-21	0,65	1177,34	1176,69	PRA-22	0,65	1176,39	1175,74	1176,87	1175,9	15,7	-6,0%	0,15	1,5	43,56	150	145	176	0,037	2,244	0,036	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	0,958	SI	2,515	SI	23,93	SI	0,015	0,898	SI		
A1-02	PRA-22	0,65	1176,39	1175,74	PRA-23	0,65	1176,1	1175,45	1175,92	1175,6	14	-2,1%	0,27	1,5	53,27	150	145	176	0,022	1,312	0,036	0,07	0,492	0,210	0,510	0,140	0,646	SI	1,447	SI	30,45	SI	0,018	0,382	SI		
A1-03	PRA-23	0,65	1176,1	1175,45	PR-21	1,55	1176,91	1175,36	1175,63	1175,5	15	-0,6%	0,34	1,5	67,13	150	145	176	0,012	0,708	0,036	0,13	0,580	0,280	0,650	0,197	0,411	SI	0,776	SI	40,60	SI	0,024	0,142	SI		
A2-01	PRA-15	0,65	1185,17	1184,52	PRA-16	0,65	1182,67	1182,02	1184,7	1182,2	27,2	-9,2%	0,19	1,5	40,27	150	145	176	0,046	2,767	0,036	0,03	0,400	0,148	0,370	0,086	1,107	SI	3,164	SI	21,46	SI	0,013	1,232	SI		
A2-02	PRA-16	0,65	1182,67	1182,02	PRA-17	0,65	1181,67	1181,02	1182,2	1181,2	21	-4,8%	0,28	1,5	45,56	150	145	176	0,033	1,990	0,036	0,05	0,453	0,182	0,449	0,116	0,902	SI	2,220	SI	26,39	SI	0,016	0,774			

6.4.2 Descripción de propuesta para Miravalles

Respecto a pozos de registro en Miravalles se cuenta con:

- 46 pozos de registro dentro de alamedas. Identificados como PRA-01 hasta PRA-46 y todos son pozos simplificados.
- El pozo PRA-01 y el PRA-12 tienen 0,8 m de profundidad, además el PRA-05 tiene 0,7 m de profundidad. El resto de los pozos simplificados son de 0,65 m de profundidad. Todos estos, a excepción del pozo PRA-23, tienen diámetro interno mínimo, es decir, 0,6 m (de ser cuadrados serían de 0,55 m por 0,55 m de sección interna) debido al limitado espacio en las alamedas.
- El pozo simplificado PRA-23 es el único pozo en las alamedas que puede tener un diámetro interno mayor al mínimo (0,60 m) debido a que se ubica en un espacio amplio de la alameda 1 (en el Mapa 22 aparece sobre una vivienda, sin embargo, según planos del Anexo 5, no existiría esa vivienda de llegar a desarrollarse el diseño planteado en la Municipalidad de Curridabat, probablemente a que se contemple reasentar a la familia de esa vivienda). Así que, este pozo puede ser hasta de 0,9 m de diámetro interno o de 0,80 m por 0,80 m internamente en una sección cuadrada. Cabe mencionar que también es el pozo simplificado más profundo, de 0,9 m.
- 16 pozos de registro se ubican en vía pública donde transitan vehículos y están identificados como PR-01 hasta PR-16. Todos son pozos convencionales.
- El pozo PR-11 y PR-12 se integran al diseño de alcantarillado sanitario del PMA Fase 1 del AyA. Es decir, estos pozos modifican la propuesta del AyA al colocarse en medio de dos conductos como pozos adicionales.
- El pozo PR-11 y PR-12 tienen caída. PR-11 tiene una profundidad de 2 m y PR-12 de 2,75 m, pero los tramos A3-02 y A2-09 vierten el agua residual al pozo PR-11 y PR-12 respectivamente a una profundidad de 1,15 m. Ambos pozos tienen un diámetro interno de 1,40 m. y 1,80 m de diámetro externo (esto se asume de que el pozo de 1,20 m de diámetro interno tiene un diámetro externo de 1,60 m sobre el espacio a ocupar a nivel de rasante).

La propuesta de alcantarillado sanitario diseñada en Miravalles contempla lo siguiente respecto a los tramos:

- 46 tramos de tubería de 150 mm de PEAD corrugado en alcantarillado sanitario simplificado.
- Extensión total tuberías alcantarillado sanitario simplificado: 506,1 m.
- 13 tramos de tubería de 150 mm de PEAD corrugado para el alcantarillado sanitario convencional y al ubicarse todas en vías transitables por vehículos, se identifican como A-01 hasta A-13.
- Extensión total tuberías alcantarillado sanitario convencional: 275,9 m.

Las alamedas en Miravalles se identifican según se muestra en la Figura 55.

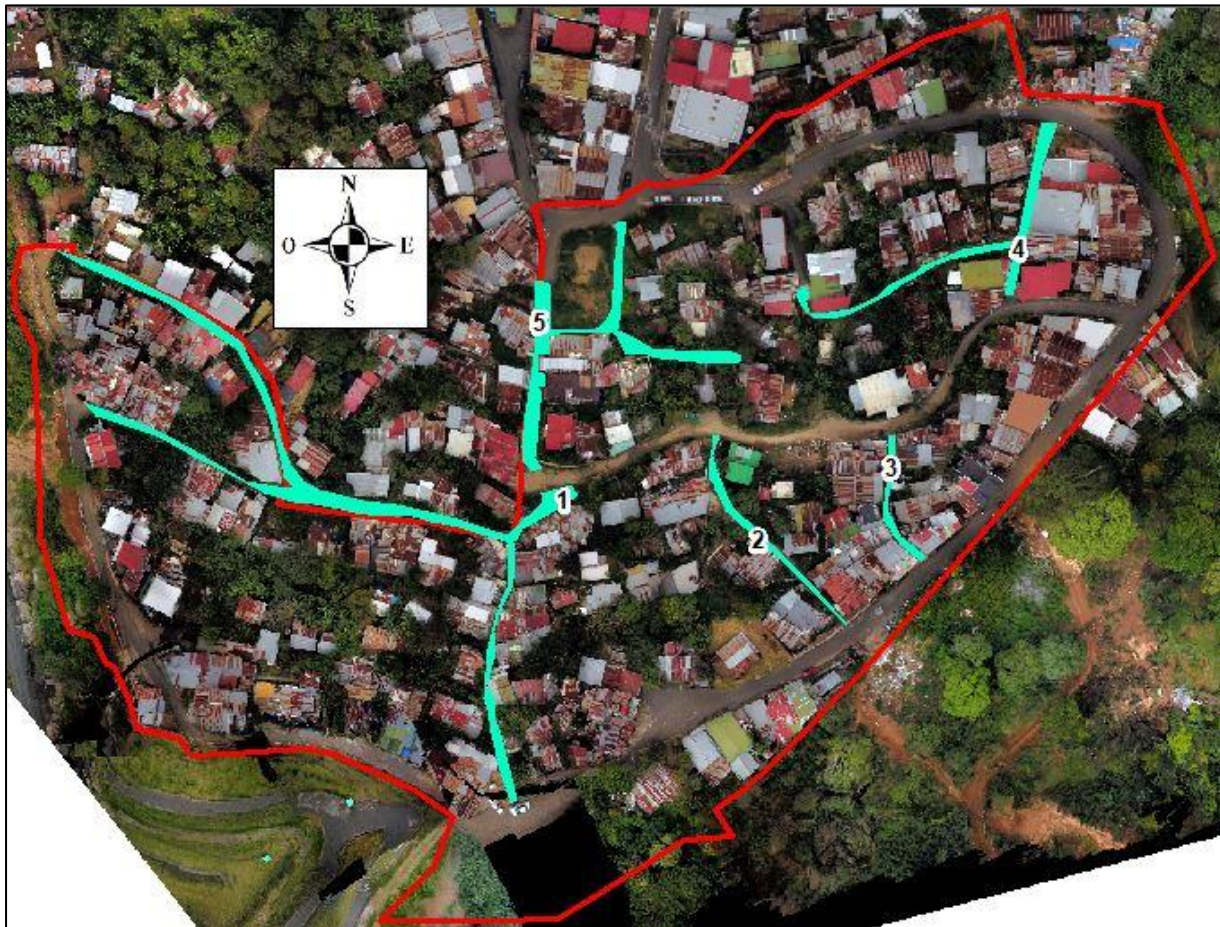


Figura 55. Números de identificación de alamedas en Miravalles

De esta forma es como se logra identificar a los siguientes tramos.

Alameda 1: De A1-01 a A1-24.

Alameda 2: De A2-01 a A2-09

Alameda 3: De A3-01 a A3-02

Alameda 4: De A4-01 a A4-09

Alameda 5: De A5-01 a A5-03

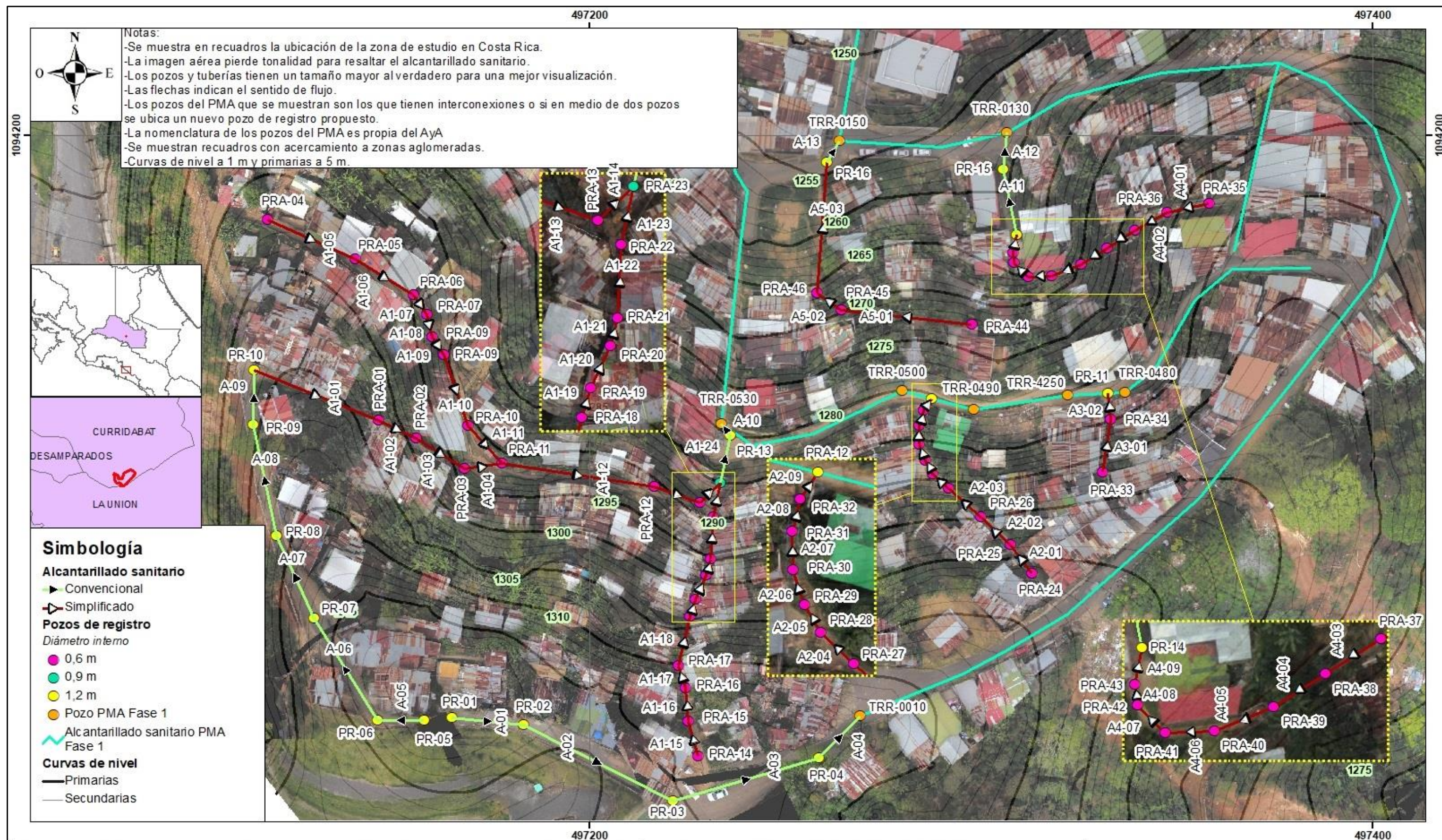
La distribución de la red sanitaria propuesta en el área de estudio se presenta en el Mapa 22. Propuesta de alcantarillado sanitario en Miravalles. Esta propuesta considera 4 interconexiones a pozos del alcantarillado sanitario del PMA, además de incluir dos pozos a dicho diseño del AyA como se mencionó anteriormente.

Todo el sistema funciona por gravedad y se estima que toda la propuesta recolecta en total un caudal de 4,16 L/s, que estaría enviando al sistema sanitario del AyA. El caudal de cada fuente que conforma esta contribución total se distribuye de la siguiente manera:

- Caudal residencial: 3,58 L/s
- Caudal infiltraciones: 0,20 L/s
- Caudal conexiones ilícitas: 0,38 L/s

En el Cuadro 47 se muestran los datos del perfil de cada tramo junto con el caudal de diseño y los cálculos hidráulicos pertinentes a los aportes que recibe exclusivamente cada tramo. En el Cuadro 48 se presentan los tramos con sus datos de perfil y con el caudal de diseño respectivo que incluye el aporte del pozo aguas arriba. En ambos casos, se cumplen satisfactoriamente los parámetros de diseño (en el Cuadro 47 no se muestran las columnas que afirman el cumplimiento de parámetros para la simplificación de este). En la sección 6.3.3 se presenta una muestra de cálculo de un tramo.

También se incluyen pozos del PMA, en ambos cuadros, correspondientes a los que se les construiría una interconexión. Cabe mencionar que la información de los pozos y tuberías del alcantarillado del PMA se toma del insumo del AyA (2016), excepto la elevación de rasante de los pozos. Esta se obtiene del MED producto del levantamiento de imágenes por dron y así corresponderían todos los elementos del sistema sanitario a un único modelo de elevaciones, tanto del AyA como los nuevos propuestos.



Mapa 22. Propuesta de alcantarillado sanitario en Miravalles

Elaborado por Farlin Dionisio Valverde Piedra

Fuente: Lizano, M y Masís R, 2018
AyA, 2016
Coordenadas en proyección CRTM05

0 10 20 40 60
Meters

Escala: 1:900

Cuadro 47. Datos de perfil, caudal de diseño de aportes exclusivos al tramo y cálculos hidráulicos respectivos en propuesta de alcantarillado sanitario en Miravalles

Cada ramal se agrupa en un color, celeste o gris	Perfil Básico								Caudal de diseño de aportes del tramo								Cálculos hidráulicos																			
	Características pozo inicio y final								Profundidad a corona de tubería saliendo de pozo	Profundidad a corona de tubería entrante a pozo	Longitud de tramo	Pendiente de tramo	Área de drenaje residencial	Caudal máximo diario	Caudal máximo horario	Caudal infiltración	Caudal por conexiones ilícitas	Caudal de diseño	Caudal diseño final (cumple mínimo)	Diámetro requerido tubo lleno	Diámetro nominal seleccionado	Diámetro interno	Diámetro externo	Caudal a tubo lleno	Velocidad a tubo lleno	Radio hidráulico sección llena	Relaciones hidráulicas					Velocidad real	Número de Froude	Triante real	Radio hidráulico real	Fuerza tractiva
																											Qd/ Qo	V/Vo	d/y	R/Ro	H/D					
Línea	De Pozo	Prof. Pozo (m)	Rasante (m.s.n.m)	Fondo (m.s.n.m)	A Pozo (m)	Prof. Pozo (m)	Rasante (m.s.n.m)	Fondo (m.s.n.m)	Prof.a corona (m.s.n.m)	Prof.a corona (m.s.n.m)	L (m)	S %	(ha)	QM D (L/s)	QM H (L/s)	Qin (L/s)	Qci (L/s)	Qd (L/s)	Qd (L/s)	do (mm)	dn (mm)	doc (mm)	de (mm)	Qo (m3/s)	Vo (m/s)	Ro (m)	Qd/ Qo	V/Vo	d/y	R/Ro	H/D	V (m/s)	-	y (mm)	R (m)	τ (kg/m^2)
A-1	PR-01	1.3	1318.56	1317.26	PR-02	1.15	1316.68	1315.53	1317.44	1315.71	18.3	-9.4%	0.06	0.06	0.11	0.00	0.01	0.12	15	40.06	150	145	176	0.05	2.80	0.036	0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	1.12	3.21	215	0.013	1.27
	PR-02	1.15	1316.68	1315.53	PR-03	1.15	1315.25	1314.1	1315.71	1314.28	42.7	-3.3%	0.10	0.11	0.19	0.01	0.02	0.22	15	48.67	150	145	176	0.03	1.67	0.036	0.05	0.453	0.182	0.449	0.116	0.76	1.86	26.4	0.016	0.54
	PR-03	1.15	1315.25	1314.1	PR-04	1.15	1313.55	1312.4	1314.28	1312.58	39.0	-4.4%	0.04	0.04	0.08	0.01	0.01	0.09	15	46.31	150	145	176	0.03	1.91	0.036	0.05	0.453	0.182	0.449	0.116	0.86	2.13	26.4	0.016	0.71
	PR-04	1.15	1313.55	1312.4	TRR-0010	1.9	1312.98	1311.08	1312.58	1311.26	15.0	-8.8%	0.10	0.10	0.18	0.00	0.02	0.21	15	40.60	150	145	176	0.04	2.71	0.036	0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	1.08	3.10	215	0.013	1.18
A-5	PR-05	1.3	1318.6	1317.3	PR-06	1.15	1316.75	1315.6	1317.48	1315.78	12.0	-14.2%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15	37.14	150	145	176	0.06	3.43	0.036	0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	1.37	3.93	215	0.013	1.90
A-6	PR-06	1.15	1316.75	1315.6	PR-07	1.15	1313.37	1312.22	1315.78	1312.40	30.7	-11.0%	0.07	0.08	0.14	0.01	0.01	0.16	15	38.94	150	145	176	0.05	3.03	0.036	0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	1.21	3.46	215	0.013	1.47
A-7	PR-07	1.15	1313.37	1312.22	PR-08	1.15	1308.63	1307.48	1312.40	1307.66	23.1	-20.5%	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	15	34.64	150	145	176	0.07	4.13	0.036	0.02	0.363	0.124	0.315	0.067	1.50	4.86	18.0	0.011	2.34
A-8	PR-08	1.15	1308.63	1307.48	PR-09	1.15	1304.33	1303.18	1307.66	1303.36	28.9	-14.9%	0.10	0.11	0.20	0.01	0.02	0.22	15	36.78	150	145	176	0.06	3.52	0.036	0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	1.41	4.03	215	0.013	2.00
A-9	PR-09	1.15	1304.33	1303.18	PR-10	1.15	1303.01	1301.86	1303.36	1302.04	14.1	-9.4%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15	40.11	150	145	176	0.05	2.80	0.036	0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	1.12	3.20	215	0.013	1.26
A-101	PR-10	1.15	1303.01	1301.86	PRA-01	0.8	1302.51	1301.71	1302.04	1301.89	34.3	-0.4%	0.10	0.11	0.19	0.01	0.02	0.22	15	71.27	150	145	176	0.01	0.60	0.036	0.15	0.600	0.298	0.686	0.213	0.36	0.66	43.2	0.025	0.11
A-102	PRA-01	0.8	1302.51	1301.71	PRA-02	0.65	1298.78	1298.13	1301.89	1298.31	10.6	-33.9%	0.03	0.03	0.06	0.00	0.01	0.07	15	31.52	150	145	176	0.09	5.32	0.036	0.02	0.363	0.124	0.315	0.067	1.93	6.25	18.0	0.011	3.87
A-103	PRA-02	0.65	1298.78	1298.13	PRA-03	0.65	1293.62	1292.97	1298.31	1293.15	14.5	-35.6%	0.03	0.03	0.05	0.00	0.01	0.06	15	31.24	150	145	176	0.09	5.45	0.036	0.02	0.363	0.124	0.315	0.067	1.98	6.40	18.0	0.011	4.07
A-104	PRA-03	0.65	1293.62	1292.97	PRA-11	0.65	1290.87	1290.22	1293.15	1290.40	9.7	-28.4%	0.03	0.03	0.05	0.00	0.01	0.06	15	32.60	150	145	176	0.08	4.86	0.036	0.02	0.363	0.124	0.315	0.067	1.76	5.71	18.0	0.011	3.24
A-105	PRA-04	0.65	1297.26	1296.61	PRA-05	0.7	1297.19	1296.49	1296.79	1296.67	24.5	-0.5%	0.04	0.04	0.08	0.01	0.01	0.09	15	69.80	150	145	176	0.01	0.64	0.036	0.14	0.590	0.289	0.668	0.205	0.38	0.70	419	0.024	0.12
A-106	PRA-05	0.7	1297.19	1296.49	PRA-06	0.65	1294.59	1293.94	1296.67	1294.12	17.4	-14.7%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15	36.89	150	145	176	0.06	3.50	0.036	0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	1.40	4.00	215	0.013	1.97
A-107	PRA-06	0.65	1294.59	1293.94	PRA-07	0.65	1293.49	1292.84	1294.12	1293.02	6.3	-17.5%	0.03	0.03	0.06	0.00	0.01	0.07	15	35.67	150	145	176	0.06	3.82	0.036	0.02	0.363	0.124	0.315	0.067	1.39	4.50	18.0	0.011	2.00
A-108	PRA-07	0.65	1293.49	1292.84	PRA-08	0.65	1292.88	1292.23	1293.02	1292.41	5.8	-10.6%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15	39.20	150	145	176	0.05	2.97	0.036	0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	1.19	3.40	215	0.013	1.42
A-109	PRA-08	0.65	1292.88	1292.23	PRA-09	0.65	1291.05	1290.4	1292.41	1290.58	5.5	-33.2%	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	0.04	15	31.66	150	145	176	0.09	5.26	0.036	0.02	0.363	0.124	0.315	0.067	1.91	6.18	18.0	0.011	3.79
A-110	PRA-09	0.65	1291.05	1290.4	PRA-10	0.65	1290.97	1290.32	1290.58	1290.50	19.1	-0.4%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15	71.85	150	145	176	0.01	0.59	0.036	0.15	0.600	0.298	0.686	0.213	0.35	0.64	43.2	0.025	0.10
A-111	PRA-10	0.65	1290.97	1290.32	PRA-11	0.65	1290.87	1290.22	1290.50	1290.40	12.8	-0.8%	0.04	0.04	0.07	0.00	0.01	0.09	15	63.94	150	145	176	0.01	0.81	0.036	0.11	0.553	0.258	0.606	0.179	0.45	0.88	37.4	0.022	0.17
A-112	PRA-11	0.65	1290.87	1290.22	PRA-12	0.8	1290.83	1290.03	1290.40	1290.21	39.5	-0.5%	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	15	70.01	150	145	176	0.01	0.63	0.036	0.14	0.590	0.289	0.668	0.205	0.37	0.69	419	0.024	0.12
A-113	PRA-12	0.8	1290.83	1290.03	PRA-13	0.65	1288.3	1287.65	1290.21	1287.83	12.2	-19.5%	0.16	0.16	0.30	0.00	0.03	0.33	15	34.97	150	145	176	0.07	4.03	0.036	0.02	0.363	0.124	0.						

Cuadro 48. Datos de perfil, caudal de diseño total y cálculos hidráulicos de tramos en propuesta de alcantarillado sanitario en Miravalles

Perfil Básico														Caudal de diseño considerando aporte aguas arriba y cálculos hidráulicos respectivos																							
Cada ramal se agrupa en un color, celeste o gris	Características pozo inicio y final								Profundidad a corona de tubería saliendo de pozo	Profundidad a corona de tubería entrante a pozo	Longitud de tramo	Pendiente de tramo	Caudal de diseño acumulado	Caudal diseño final acumulado	Diámetro requerido tubo lleno acum	Diámetro nominal seleccionado acum	Diámetro interno acum	Diámetro externo acum	Caudal a tubo lleno acum	Velocidad a tubo lleno acum	Radio hidráulico sección llena acum	Relaciones hidráulicas					Velocidad real	¿Cumple con velocidad menor a 5m/s?	Número de Froude	¿Número de Froude menor a 0,9 y mayor a 1,1?	Tirante real	¿Tirante menor a 75% D?	Radio hidráulico real	Fuerza tractiva	¿Fuerza tractiva mayor a 0,10 kg/m2?		
	Línea	De Pozo	Prof. Pozo (m)	Rasante (m.s.n.m)	Fondo (m.s.n.m)	A Pozo (m)	Prof. Pozo (m)	Rasante (m.s.n.m)														Fondo (m.s.n.m)	Prof.a corona (m.s.n.m)	Prof.a corona (m.s.n.m)	L (m)	S %										Qd (L/s)	Qd (L/s)
A-1	PR-01	1.3	1318.56	1317.26	PR-02	1.15	1316.68	1315.53	1317.26	1315.53	18.3	-9.4%	0.12	1.5	40.06	150	145	176	0.046	2.805	0.036	0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	1.122	SI	3.21	SI	2146	SI	0.013	1.27	SI		
A-2	PR-02	1.15	1316.68	1315.53	PR-03	1.15	1315.25	1314.1	1315.53	1314.10	42.7	-3.3%	0.35	1.5	48.67	150	145	176	0.028	1.670	0.036	0.05	0.453	0.182	0.449	0.116	0.756	SI	1.86	SI	26.39	SI	0.016	0.54	SI		
A-3	PR-03	1.15	1315.25	1314.1	PR-04	1.15	1313.55	1312.4	1314.10	1312.40	39.0	-4.4%	0.44	1.5	46.31	150	145	176	0.031	1.906	0.036	0.05	0.453	0.182	0.449	0.116	0.863	SI	2.13	SI	26.39	SI	0.016	0.71	SI		
A-4	PR-04	1.15	1313.55	1312.4	TRR-0010	1.9	1312.98	1311.08	1312.40	1311.08	15.0	-8.8%	0.65	1.5	40.60	150	145	176	0.045	2.708	0.036	0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	1.083	SI	3.10	SI	2146	SI	0.013	1.18	SI		
A-5	PR-05	1.3	1318.6	1317.3	PR-06	1.15	1316.75	1315.6	1317.30	1315.60	12.0	-14.2%	0.00	1.5	37.14	150	145	176	0.057	3.434	0.036	0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	1.374	SI	3.93	SI	2146	SI	0.013	1.90	SI		
A-6	PR-06	1.15	1316.75	1315.6	PR-07	1.15	1313.37	1312.22	1315.60	1312.22	30.7	-11.0%	0.16	1.5	38.94	150	145	176	0.050	3.027	0.036	0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	1.211	SI	3.46	SI	2146	SI	0.013	1.47	SI		
A-7	PR-07	1.15	1313.37	1312.22	PR-08	1.15	1308.63	1307.48	1312.22	1307.48	23.1	-20.5%	0.17	1.5	34.64	150	145	176	0.068	4.135	0.036	0.02	0.363	0.124	0.315	0.067	1.501	SI	4.86	SI	17.98	SI	0.011	2.34	SI		
A-8	PR-08	1.15	1308.63	1307.48	PR-09	1.15	1304.33	1303.18	1307.48	1303.18	28.9	-14.9%	0.39	1.5	36.78	150	145	176	0.058	3.523	0.036	0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	1.409	SI	4.03	SI	2146	SI	0.013	2.00	SI		
A-9	PR-09	1.15	1304.33	1303.18	PR-10	1.15	1303.01	1301.86	1303.18	1301.86	14.1	-9.4%	0.39	1.5	40.11	150	145	176	0.046	2.796	0.036	0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	1.118	SI	3.20	SI	2146	SI	0.013	1.26	SI		
A-101	PR-10	1.15	1303.01	1301.86	PRA-01	0.8	1302.51	1301.71	1301.86	1301.71	34.3	-0.4%	0.61	1.5	71.27	150	145	176	0.010	0.604	0.036	0.15	0.600	0.298	0.686	0.213	0.362	SI	0.66	SI	43.21	SI	0.025	0.11	SI		
A-102	PRA-01	0.8	1302.51	1301.71	PRA-02	0.65	1298.78	1298.13	1301.71	1298.13	10.6	-33.9%	0.68	1.5	31.52	150	145	176	0.088	5.317	0.036	0.02	0.363	0.124	0.315	0.067	1.930	SI	6.25	SI	17.98	SI	0.011	3.87	SI		
A-103	PRA-02	0.65	1298.78	1298.13	PRA-03	0.65	1293.62	1292.97	1298.13	1292.97	14.5	-35.6%	0.73	1.5	31.24	150	145	176	0.090	5.447	0.036	0.02	0.363	0.124	0.315	0.067	1.977	SI	6.40	SI	17.98	SI	0.011	4.07	SI		
A-104	PRA-03	0.65	1293.62	1292.97	PRA-11	0.65	1290.87	1290.22	1292.97	1290.22	9.7	-28.4%	0.79	1.5	32.60	150	145	176	0.080	4.860	0.036	0.02	0.363	0.124	0.315	0.067	1.764	SI	5.71	SI	17.98	SI	0.011	3.24	SI		
A-105	PRA-04	0.65	1297.26	1296.61	PRA-05	0.7	1297.19	1296.49	1296.61	1296.49	24.5	-0.5%	0.09	1.5	69.80	150	145	176	0.011	0.638	0.036	0.14	0.590	0.289	0.668	0.205	0.377	SI	0.70	SI	41.91	SI	0.024	0.12	SI		
A-106	PRA-05	0.7	1297.19	1296.49	PRA-06	0.65	1294.59	1293.94	1296.49	1293.94	17.4	-14.7%	0.10	1.5	36.89	150	145	176	0.058	3.495	0.036	0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	1.398	SI	4.00	SI	2146	SI	0.013	1.97	SI		
A-107	PRA-06	0.65	1294.59	1293.94	PRA-07	0.65	1293.49	1292.84	1293.94	1292.84	6.3	-17.5%	0.16	1.5	35.67	150	145	176	0.063	3.823	0.036	0.02	0.363	0.124	0.315	0.067	1.388	SI	4.50	SI	17.98	SI	0.011	2.00	SI		
A-108	PRA-07	0.65	1293.49	1292.84	PRA-08	0.65	1292.88	1292.23	1292.84	1292.23	5.8	-10.6%	0.16	1.5	39.20	150	145	176	0.049	2.973	0.036	0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	1.189	SI	3.40	SI	2146	SI	0.013	1.42	SI		
A-109	PRA-08	0.65	1292.88	1292.23	PRA-09	0.65	1291.05	1290.4	1292.23	1290.40	5.5	-33.2%	0.20	1.5	31.66	150	145	176	0.087	5.255	0.036	0.02	0.363	0.124	0.315	0.067	1.908	SI	6.18	SI	17.98	SI	0.011	3.79	SI		
A-110	PRA-09	0.65	1291.05	1290.4	PRA-10	0.65	1290.97	1290.32	1290.40	1290.32	19.1	-0.4%	0.21	1.5	71.85	150	145	176	0.010	0.591	0.036	0.15	0.600	0.298	0.686	0.213	0.354	SI	0.64	SI	43.21	SI	0.025	0.10	SI		
A-111	PRA-10	0.65	1290.97	1290.32	PRA-11	0.65	1290.87	1290.22	1290.32	1290.22	12.8	-0.8%	0.29	1.5	63.94	150	145	176	0.013	0.806	0.036	0.11	0.553	0.258	0.606	0.179	0.446	SI	0.88	SI	37.41	SI	0.022	0.17	SI		
A-112	PRA-11	0.65	1290.87	1290.22	PRA-12	0.8	1290.83	1290.03	1290.22	1290.03	39.5	-0.5%	1.10	1.5	70.01	150	145	176	0.010	0.633	0.036	0.14	0.590	0.289	0.668	0.205	0.373	SI	0.69	SI	41.91	SI	0.024	0.12	SI		
A-113	PRA-12	0.8	1290.83	1290.03	PRA-13	0.65	1288.3	1287.65	1290.03	1287.65	12.2	-19.5%	1.43	1.5	34.97	150	145	176	0.067	4.031	0.036	0.02	0.363	0.124	0.315	0.067	1.463	SI	4.74	SI	17.98	SI	0.011	2.23	SI		
A-114	PRA-13	0.65	1288.3	1287.65	PRA-23	0.9	1285.17	1284.27	1287.65	1284.27	7.3	-46.2%	1.45	1.5	29.74	150	145	176	0.102	6.207	0.036	0.01	0.292	0.092	0.239	0.041	1.812	SI	7.50	SI</							

6.4.3 Viviendas sin cobertura de alcantarillado sanitario dentro de la propuesta de alcantarillado sanitario en Barrio San José y Miravalles

- *Barrio San José*

La propuesta de alcantarillado sanitario en el área de estudio de Barrio San José logra que el 100% de las viviendas, e incluso comercios e industrias, tengan acceso al servicio de recolección de aguas residuales. Sin embargo, como se indica en la sección 6.4.1, la condición topográfica del sitio obliga que el flujo de aguas residuales se conduzca hacia un único pozo (específicamente al pozo PR-17) y desde ese pozo se debe implementar una tecnología que permita evacuar todo el caudal de la comunidad hasta un pozo en el sistema existente del AyA. Es decir, la propuesta depende completamente de este sistema de evacuación a implementar en el pozo PR-17.

Se propone además que el AyA evalúe implementar alcantarillado sanitario simplificado en espacios críticos que no tuvieron un desarrollo convencional, como en las alamedas de Barrio San José. Esto porque actualmente, en el artículo 4 del Reglamento de aprobación y recepción de sistemas de saneamiento por parte del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, se indica que, para la aprobación de los planos constructivos y la recepción del sistema, este debe cumplir con normas técnicas establecidas por el AyA (AyA, 2017). Aunque, si fuera el caso de que existieran inconvenientes con el alcantarillado simplificado, el sistema aún puede desarrollarse únicamente con el alcantarillado convencional propuesto en la red, debido a que, en Barrio San José, los conductos no convencionales se ubican en las alamedas y funcionan como ramales que dependen del alcantarillado convencional.

- *Miravalles*

En Miravalles existen dos conjuntos de viviendas que no se consideran como posibles usuarios de la propuesta sanitaria diseñada. Uno de estos conjuntos se encuentra dentro del área de estudio y el otro afuera del área de estudio, pero, justo en el límite, donde se ubican los tramos A1-05 hasta A1-11, en la alameda 1. Estas viviendas se dejaron fuera de las áreas tributarias para el aporte de aguas residuales. En la Figura 56 se señalan ambos conjuntos junto con las áreas tributarias consideradas en la sección 6.3.3.

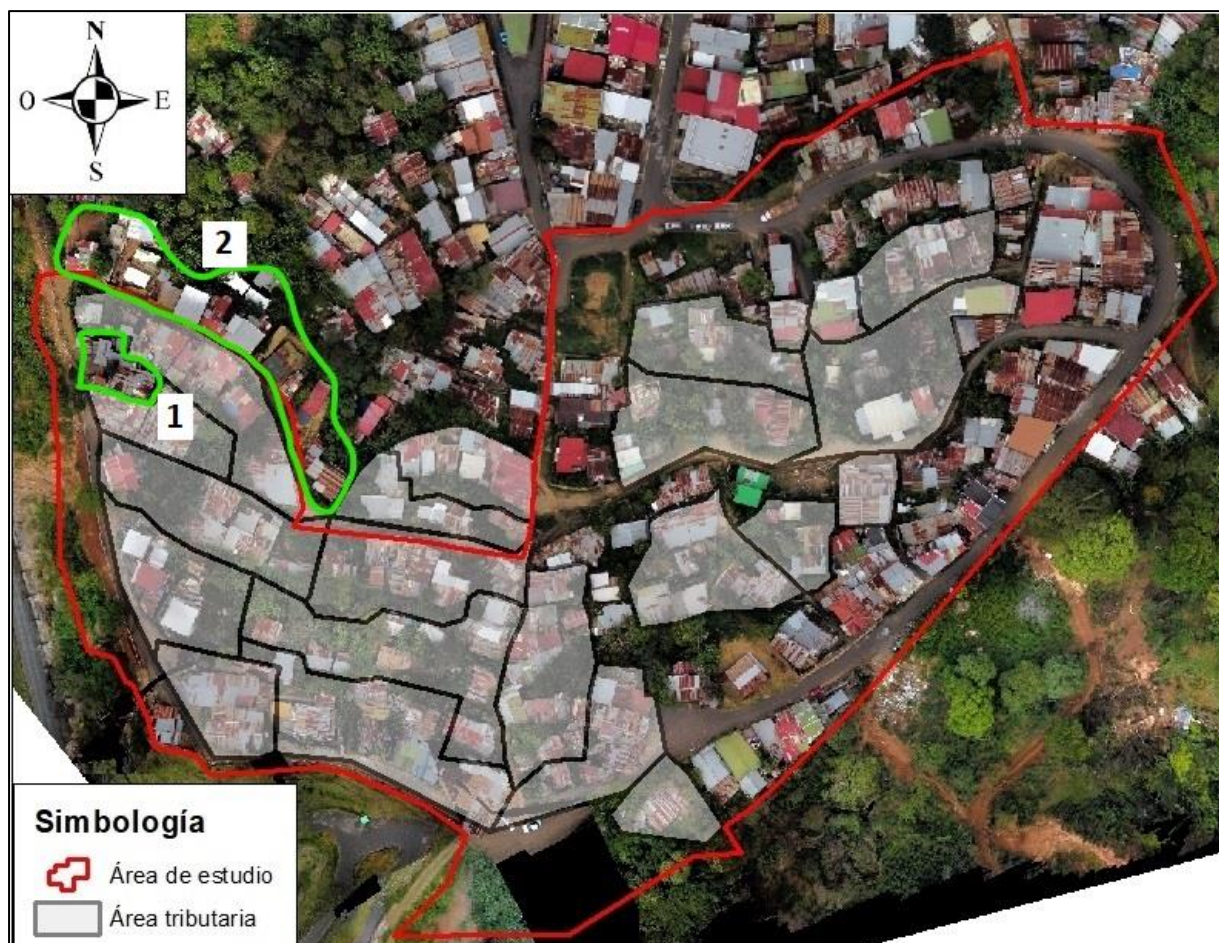


Figura 56. Conjunto de viviendas que no se consideran como usuarias del sistema de alcantarillado sanitario propuesto en Miravalles

El principal problema de estas viviendas es la topografía. No se ubica ningún tramo de alcantarillado sanitario frente al conjunto de viviendas 1 (ver Mapa 22), debido a que no habría posibilidad de integrarlo con el resto del sistema, de forma que el flujo de aguas residuales sea por gravedad. El conjunto de viviendas 2 se ubica en una elevación inferior a la elevación de la alameda.

Las opciones de ambos conjuntos de viviendas son el bombeo o el uso de tanque séptico con su respectiva zona de drenaje. De llevarse a cabo una intervención a nivel de las viviendas y de considerarse el uso de tanque séptico con zona de drenajes en estos dos grupos, se les debe asegurar a las viviendas el respectivo espacio para la implementación de esta tecnología.

La propuesta de alcantarillado sanitario en Miravalles depende del sistema simplificado para evacuar y conectarse a la red sanitaria del PMA. La propuesta de una red sanitaria no

convencional pretende brindar un servicio a comunidades con condiciones físicas críticas, que de hacerse del modo convencional requeriría una modificación drástica a la distribución de las viviendas que tenga como consecuencia una alta porción de familias por reubicar.

6.5 Estimación preliminar de costos constructivos

Ya que el diseño hidráulico es preliminar en ambas comunidades, se procede a calcular una estimación preliminar de costos de la propuesta brindada. Este tipo de estimación se obtiene de contar con cantidades de elementos específicos del diseño hidráulico y costos unitarios que se fundamenta por la experiencia de algún estimador en proyectos similares, consulta de bases de datos o procesos de licitación recientes. Luego, se deben multiplicar las cantidades con sus costos unitarios respectivos para obtener el costo preliminar de los elementos.

Se realiza la consulta a José Joaquín Sánchez Hernández y al Ing. Raúl Fernández Guevara, ambos con experiencia acumulada en la estimación de costos relacionados a proyectos de sistemas sanitarios en el AyA y Fernández Vaglio S.A respectivamente. Con el aporte de ambos se logra establecer una serie de costos unitarios que se presenta a continuación en el Cuadro 49.

Cuadro 49. Costos unitarios para los elementos de la propuesta de alcantarillado sanitario

<i>Elementos</i>	<i>Costo</i>
Tubería PEAD de pared corrugada 150 mm.	Q10 992/m
Ademado y tablestacado a menos de 2 m de profundo	Q2100/m ²
Ademado y tablestacado de 2 m a 4 m de profundo	Q4200/m ²
Pozo de registro sanitario de 1,20 m de diámetro interno, primer metro de profundidad	Q1 045 000/1m de profundo
Metro adicional de pozo de registro sanitario de 1,20m de diámetro interno	Q465 000/1m de profundo
Pozo de registro sanitario de 1,40 m de diámetro interno, primer metro de profundidad.	Q1 272 000/1m de profundo
Metro adicional de pozo de registro sanitario de 1,40 m de diámetro interno	Q539 000/1m de profundo
Interconexión de tubería de 150 mm a pozo existente	Q215000/interconexión
Reposición de pavimento de asfalto	Q27000 /m ²
Reposición de pavimento de concreto	Q41760 /m ²
Imprevistos	10% de costos

Fuente: Fernández y Sánchez, 2019

Respecto a las actividades del Cuadro 49, se indica lo siguiente:

- El costo de la tubería PEAD de 150 mm incluye, material, uso de maquinaria, colocación, relleno, compactación y bombeo de agua debido a nivel freático (es una condición

crítica que se toma en cuenta, aunque no se conoce la localización del nivel freático en las áreas de estudio).

- Los ademes y las tablaestacas se utilizan según el comportamiento del suelo ante las zanjas, sin embargo, es una condición crítica que se integra en los costos.
- El área considerada para el costo de los ademes y tablaestacas es la correspondiente al largo por el ancho de la zanja donde se coloca la tubería.
- Los pozos de registro convencionales se consideran construidos en sitio e incluyen materiales, uso de maquinaria, excavación, compactación, relleno, tapa y escalera.
- No se tiene costo unitario para pozos de registro simplificado, así que su cálculo se realiza con mayor detalle en el Apéndice 2 para cada comunidad. Se asumen pozos de registro simplificados cuadrados (como se muestra en la Figura 5, en la sección 2.2) para el cálculo de su costo, esto quiere decir que su área interna es equivalente a una versión circular. También se consideran con paredes de 10 cm de espesor, una losa inferior de 10 cm de espesor y una tapa de 5 cm de grosor.
- Para calcular el costo de los pozos simplificados se toma información del Ing. Robert Anglin Fonseca en el curso de Estimación de costos y presupuestos en construcción. También se incluye en el costo lo indicado en la publicación de salarios mínimos para un peón y operario de construcción para el año 2019, según el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social para el sector privado.
- La interconexión incluye el uso de equipo para la abertura y la colocación de la tubería a un pozo sanitario existente moderno (un pozo sanitario muy viejo puede verse comprometido en la interconexión). Se asume que la interconexión se realiza en un pozo moderno debido a que Barrio San José y Miravalles tienen la red sanitaria de la Fase 1 del PMA muy cercana y es el sitio en donde pueden conectarse.
- La reposición de pavimentos incluye todos los materiales y adecuación de subrasante, colocación de subbase, base y carpeta asfáltica o de concreto.
- El área considerada para el costo de la reposición de pavimentos corresponde al largo por el ancho de la zanja donde se coloca la tubería.
- Sánchez (2019) indica que 10% es el porcentaje de imprevisto utilizado generalmente en este tipo de proyectos. Este porcentaje incluye el solventar daño a redes de agua potable o alguna modificación necesaria en el sitio.

En el caso de la estación de bombeo y la tubería de impulsión, elementos exclusivos para Barrio San José, se utilizan costos unitarios del Departamento de Diseño de la UEN Programación y Control del AyA. De estos costos se utilizan los siguientes:

- Bombeo aguas residuales con bomba de 10kW o menos: \$7500/kW.
- Tubería de impulsión PVC SDR26: \$63/m.

Respecto a estos elementos:

- El bombeo incluye costos de excavación, cimentaciones, tuberías, acometida, válvulas, accesorios, bombas, tablero de control, imprevistos, utilidad y administración del contratista.
- La tubería de impulsión incluye excavación, relleno, instalación de tubería, válvulas, reposición de pavimentos, bloques de anclaje, imprevistos, utilidad y administración.
- El precio es dado en dólares, para lo que se hace una conversión de ~~Q~~599,55 por cada \$1 correspondiente el tipo de cambio promedio entre el 1 de enero de 2019 hasta el 31 de julio de 2019. Por lo tanto, los costos de bombeo **pasan a Q4 496 625/kW** y de tubería de impulsión a ~~Q~~37 771,65/m

6.5.1 Costos estimados para propuesta en Barrio San José

Se debe detallar que el tramo A-07 es el único que se encuentra completamente a una profundidad mayor a los 2 m (entre 2,62m a 2,77 m). Los tramos que se encuentran parcialmente a más de 2 m a nivel de corona son el tramo A-06 (17,24 m de los 30,84 m), el tramo A-17 (18,02 m de los 52,34m), el tramo A3-04 (1,90 m de los 6,64 m) y el tramo A4-06 (8,58 m de los 22,12 m). Esta información resulta relevante para el costo de ademes.

Se incluye el costo de una única interconexión las aguas residuales que culminan en el pozo CUR-0850.

El costo de imprevistos no incluye en su cálculo el resultado del costo de bombeo ni el de la tubería de impulsión, debido a que los costos unitarios de estos elementos incluyen imprevistos.

A continuación, se presenta el costo estimado de la propuesta de alcantarillado sanitario en Barrio San José en el Cuadro 50. En el Apéndice 2 se presenta el desglose del cálculo de estos costos.

Cuadro 50. Costos estimados para la propuesta de alcantarillado sanitario en Barrio San José

<i>Elementos</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo</i>
Tubería PEAD de pared corrugada 150 mm	1271 m	Q13 970 832
Ademado y tablestacado a menos de 2 m de profundo	786,4 m ²	Q1 651 440
Ademado y tablestacado de 2 m a 4 m de profundo	68,1 m ²	Q286 020
Pozo de registro sanitario convencional (1,20 m diámetro interno)	28 unidades	Q36 049 000
Pozo de registro sanitario simplificado	16 unidades	Q1 303 341
Interconexión de tubería de 150 mm a pozo existente	1 unidad	Q215 000
Reposición de pavimento de asfalto	719,8 m ²	Q19 434 600
Reposición de pavimento de concreto	134,7 m ²	Q5 625 072
Bombeo	2,2kW	Q9 892 575
Tubería de impulsión PVC ASTM D2241 SDR26	136,67m	Q5 162 251,41
Imprevistos	10%	Q7 818 034
Total		Q101 443 662

El costo por persona, de la población inicial obtenida del Censo del 2011 siendo 836 personas, sería en total Q121 344,09.

Los costos que no se incluyen son los que corresponden a las previstas domiciliarias. Tampoco los costos de diseño final, trámites ante la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), estudios detallados de suelos o hidrología ni las posibles inversiones que deben hacer los usuarios en sus viviendas.

6.5.2 Costos estimados para propuesta en Miravalles

La propuesta de alcantarillado sanitario en Miravalles se diferencia a la de Barrio San José en que ninguna de las coronas de las tuberías está a una profundidad mayor a los 2 m y cuenta con 3 interconexiones y 2 pozos de registro con caídas.

Otra particularidad sobre Miravalles es que no se incluyen costos de reposición de pavimentos en las alamedas. Esto es debido a los planes de intervención de la Municipalidad de Curridabat en la construcción de gradas y pavimentación de estas. Se propone que el desarrollo de esta propuesta de alcantarillado sanitario se incluya dentro de la planeación de la intervención de modo que se lleve a cabo junto con la construcción del alcantarillado pluvial. La calle de lastre (ver la Figura 37) no parece tener propuestas de tener pavimento en algún momento, por lo que tampoco se considera en el costo de reposición.

Los únicos tramos a los que se les considera reposición de pavimento, específicamente de asfalto son el tramo A-03, A-04, A-11, A-12 y A-13.

A continuación, se presenta el costo estimado de la propuesta de alcantarillado sanitario en Barrio San José en el Cuadro 50. En el Apéndice 2 se presenta el desglose del cálculo de estos costos.

Cuadro 51. Costos estimados para la propuesta de alcantarillado sanitario en Miravalles

<i>Elementos</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo</i>
Tubería PEAD de pared corrugada 150 mm	782 m	Q8 595 744
Ademado y tablestacado a menos de 2 m de profundo	496,8m ²	Q1 043 280
Pozo de registro sanitario convencional (1,20 m diámetro interno)	14 unidades	Q16 234 250
Pozo de registro sanitario convencional (1,40 m diámetro interno)	2 unidades	Q4 026 250
Pozo de registro sanitario simplificado	46 unidades	Q3 005 076
Interconexión de tubería de 150 mm a pozo existente	3 unidad	Q645 000
Reposición de pavimento de asfalto	65,6 m ²	Q1 768 500
Imprevistos	10%	Q3 531 810
Total		Q38 849 910

El costo por persona, de la población inicial obtenida del Censo del 2011 siendo 805 personas, sería en total Q48 260,76.

Los costos que no se incluyen son los que corresponden a las previstas domiciliarias. Tampoco los costos de diseño final, trámites ante SETENA, estudios detallados de suelos o hidrología ni las posibles inversiones que deben hacer los usuarios en sus viviendas.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

7.1.1 Información general y específica de asentamientos informales

- Los datos provenientes del Censo del 2011 destacaron en su fácil acceso y la gran variedad de características con las que se puede definir una comunidad, sin embargo, es probable que exista un error de interpretación en algunas variables lo que conlleva a datos equivocados. En este trabajo se demostró que la variable de uso del servicio de alcantarillado sanitario en las viviendas podría tener este tipo de error, al obtener datos de viviendas con este servicio en donde realmente no lo hay, como es el caso de Barrio San José y Miravalles.
- La información geográfica que da a conocer la ubicación de los asentamientos informales en Costa Rica, proveniente del MIVAH, es una fuente valiosa que hace posible este trabajo, pero, esta puede tener errores de ubicación como sucedió con el asentamiento informal de Miravalles.
- Las metodologías de selección del AyA y de Sanabria tienen sus propios enfoques, pero, cada una cuenta con una amplitud tal que sus variables y criterios pueden ser utilizados o modificados para la creación de metodologías nuevas enfocadas a temáticas y objetivos diferentes, como se realizó en este trabajo.
- El insumo topográfico obtenido gracias a la ayuda de la Escuela de Geografía resultó ser muy práctico y conveniente para comunidades de las proporciones de Barrio San José y Miravalles debido a que el levantamiento en campo tomó como máximo 2 horas y los geógrafos profesionales, Masís y Lizano, procesaron los datos en menos de una semana. Coberturas de vuelo mayores a las de estas comunidades, o más de 15 ha al menos, requieren más de un vuelo y más puntos de control, lo que aumenta el tiempo de levantamiento y procesamiento de datos.

7.1.2 Proceso de selección y preselección de asentamientos informales

- La selección del asentamiento de Barrio San José, como producto de la preselección y selección final, indicó que el proceso llevado a cabo sí cumplió con el objetivo de destacar los asentamientos informales con posibilidades de renovación y que cuenten con avances en su consolidación, así como también la ausencia parcial o

total del servicio de alcantarillado sanitario y la posibilidad de conexión a un sistema sanitario cercano. Esto se demostró al establecer la descripción de este asentamiento.

- El asentamiento informal Miravalles no se seleccionó del proceso de preselección y selección final, sin embargo, a pesar de que su ubicación geográfica estaba equivocada, según la información del MIVAH utilizada, las condiciones observadas del asentamiento, en lo que respecta a pendientes y viviendas en tugurio, dejan ver que su posición en el orden de prioridad (en la posición 23) de los asentamientos preseleccionados concuerda.
- De los 158 asentamientos informales considerados inicialmente dentro de la GAM, se concluye que 55 de ellos tienen las condiciones más favorables para un proceso efectivo en la realización de una eventual intervención, de mejora o construcción, de un sistema de alcantarillado sanitario que pudiera conectarse a un sistema más grande con tratamiento de aguas residuales.
- Los criterios más importantes en el planeamiento de intervención de asentamientos informales son los que definen su reubicación como única alternativa, siendo la invasión a ASP; invasión a zonas protegidas de cuerpos de agua, nacientes y captaciones y estar dentro de zonas bajo amenazas naturales. Su importancia se debe a que involucra la seguridad de sus ocupantes y la preservación de espacios designados al cuidado del ambiente. Por lo tanto, fueron los primeros criterios evaluados para poder priorizar y seleccionar asentamientos informales en un proyecto de intervención.

7.1.3 Asentamientos informales seleccionados: Barrio San José y Miravalles

- Barrio San José presentó mejores condiciones de vialidad, áreas verdes, áreas recreativas, vivienda y servicio de agua potable que Miravalles.
- Existe mayor cohesión social entre los vecinos de Barrio San José a diferencia de los de Miravalles. Por lo tanto, en Barrio San José, el acercamiento social resultaría ser más eficiente.
- Ambos asentamientos evacúan aguas residuales en la infraestructura actual de recolección de aguas pluviales y se evidencia en esta la presencia de residuos sólidos.

- La topografía de Miravalles resultó ser más empinada que en Barrio San José, no obstante, la distribución de viviendas en Miravalles resulta más conveniente para aprovechar la gravedad en el flujo de agua residual.
- Ambos asentamientos tienen un uso extendido de tanque sépticos según datos del INEC, lo que hace más necesario la implementación de alcantarillado sanitario debido a la contaminación que puede estar dándose y el riesgo a la salud pública. Además, en Barrio San José, se puede apreciar en la imagen aérea del Mapa 21 que se ha realizado una cobertura completa en varios predios, lo que significa que han construido sobre la zona de infiltración de los sistemas de saneamiento individual. Se desconoce el destino de las aguas residuales luego de pasar por el tratamiento en los tanques sépticos, pero, se asume que existen zonas de drenaje en algunos casos y en otros se descarga a la infraestructura pluvial.

7.1.4 Propuestas de alcantarillado sanitario

- En el asentamiento informal de Barrio San José y Miravalles se encontraron sectores críticos en lo que respecta al espacio disponible en la vía pública donde se tuvo que considerar implementar elementos no convencionales de sistemas de alcantarillado sanitario que actualmente no cumplen con las normas técnicas del AyA.
- El alcantarillado pluvial levantado en Barrio San José tiene una distribución que no es acorde a la norma técnica del AyA y como consecuencia, lograr una distribución del alcantarillado sanitario resultó en una justificación más para proponer un sistema de alcantarillado sanitario no convencional.
- La propuesta en Miravalles depende del alcantarillado sanitario simplificado para que pueda conectarse a la red sanitaria del AyA debido a su configuración de alamedas y a la propuesta de alcantarillado pluvial de la Municipalidad de Curridabat.
- La propuesta de Barrio San José funciona para la recolección de todas las aguas residuales del área estudiada, sin embargo, por su topografía no es posible evacuar las aguas residuales ya reunidas por gravedad hacia la red sanitaria del PMA del AyA. Así que, se propone el uso de un sistema de bombeo.
- El costo de la propuesta de Barrio San José (**¢101 443 662**) es 2,6 veces mayor al de la propuesta de Miravalles (**¢38 849 910**). Aunque Barrio San José tiene más extensión de tubería y más pavimento por reponer, lo que elevó su costo considerablemente es

la cantidad de pozos de registro sanitario convencional junto con la estación de bombeo y la tubería de impulsión. En ninguno se consideró costos de conexión de viviendas.

- Barrio San José tiene más área, por lo que se utilizaron una mayor cantidad de pozos convencionales que en Miravalles en donde existe una elevada cantidad de pozos simplificados.

7.2 Recomendaciones

7.2.1 Información general y específica de asentamientos informales

- La información necesaria para la solución de problemas en asentamientos informales abarca una gran variedad de aristas, desde lo legal, técnico y hasta lo social. El planeamiento de una intervención de cualquier tipo requiere tener establecido un panorama muy claro, en todas estas temáticas, para la toma de decisiones. Este trabajo se enfoca principalmente en el aspecto técnico, sin embargo, existe el aspecto social inherente a cualquier obra civil en comunidades, lo que involucra la participación de los futuros usuarios del proyecto, así como, el acompañamiento social de parte del ente administrativo del sistema, siendo el AyA en ambas comunidades o en su defecto, colaboración por parte del gobierno local de Curridabat. El aspecto legal es otra arista en donde no se profundiza en este trabajo, pero, igualmente influye en la ejecución del proyecto y también debe tener su investigación pertinente.
- Se comprobó que la información geográfica del MIVAH sobre asentamientos informales puede tener errores, por lo que, se recomienda que se unifique y se actualice esta información junto con otras instituciones para que se tomen decisiones desde la misma perspectiva.

7.2.2 Proceso de selección y preselección de asentamientos informales

- Los criterios elegidos y el modo de emplearlos para la selección de asentamientos informales es una primera propuesta que está abierta a ser modificada a diferentes escalas de detalles, es decir, variar la región o implementarla a nivel nacional, cantonal o distrital, según la disponibilidad de información.
- El proceso de preselección y selección final de asentamientos informales puede modificarse hacia otro enfoque, diferente al planteado en este trabajo final de graduación. Es decir, agregar o sustituir criterios que exploren nuevas propuestas y

órdenes de prioridad de asentamientos informales según el objetivo que se quiera cumplir.

- El peso evaluativo de los criterios que brindan un orden de prioridad a los asentamientos informales en el sistema de calificación propuesto en la preselección es igual para todos. Este sistema está disponible para que se puedan variar los pesos evaluativos de cada criterio, y así, variar la prioridad de los asentamientos preseleccionados según la perspectiva que se tenga.

7.2.3 Asentamientos informales seleccionados: Barrio San José y Miravalles

- El alcantarillado pluvial diseñado para Miravalles genera dudas desde la perspectiva de cómo va a ser construido, dado que se ubica en alamedas estrechas y propone utilizar pozos prefabricados de 1,20 m de diámetro interno y 2 m de profundo. Además, algunos tragantes están ubicados donde actualmente existen viviendas y la lámina P-1 no parece indicar que se habilite el espacio suficiente en las alamedas para esos tragantes. Por lo tanto, se debería revisar esta propuesta de alcantarillado pluvial y aclarar la manera en que se llevaría a cabo.
- Se recomienda considerar propuestas para las alamedas que impliquen recolección de aguas pluviales a nivel superficial únicamente y estas se depositen en un alcantarillado pluvial que pueda ser ubicado en una zona con mayor espacio.
- El alcantarillado pluvial en Barrio San José actualmente pasa a través de varias viviendas. Como recomendación se debería generar una propuesta que permita realizar cambios con el fin de minimizar el paso de tuberías pluviales a través de viviendas y que considere la propuesta de alcantarillado sanitario como posible interferencia.
- Solucionar aspectos del servicio de agua potable, recolección de aguas residuales y pluviales debe realizarse de forma integral tanto en el diseño como en la construcción. Siendo Miravalles un asentamiento que se puede intervenir en estos tres servicios y con otros planes de intervención, se debería resolver el implementar estas infraestructuras en primera instancia para después actuar con el resto de los planes (por ejemplo, el sistema de gradas, parque o el nuevo salón comunal). Además, asegurando estos servicios se puede avanzar en las posibilidades de formalización de viviendas.
- La intervención en Miravalles debe llevarse a cabo mediante una acción interinstitucional entre la Municipalidad de Curridabat, SINAC, CNE, Ministerio de Salud y AyA. Esto debido a que este asentamiento informal se encuentra dentro de un ASP y

por los ocurrentes deslizamientos que la CNE ha reportado, así como, la coordinación con el Ministerio de Salud el cual es el propietario legal del terreno en donde se ubica Miravalles 2 y el ente que emite las declaratorias de inhabitabilidad.

7.2.4 Propuestas de alcantarillado sanitario

- El AyA puede considerar más flexibilidad en sus normativas técnicas para que incluya la posibilidad de una implementación de alcantarillado sanitario simplificado en situaciones críticas como los asentamientos informales. Para esto resulta necesario un mayor estudio y evaluación técnica de los sistemas de alcantarillado sanitario no convencionales para que funcionen como insumo en la elaboración de una normativa técnica por parte del AyA.
- Los costos asociados a las propuestas en Barrio San José y Miravalles pueden extenderse a incluir aquellas inversiones que deben realizar los usuarios para poder hacer uso del servicio de alcantarillado sanitario.

Fuentes de información

Entrevistas

Aymerich, S. (Comunicación Personal, noviembre 20, 2018).

Aymerich, S. (Comunicación Personal, febrero 23, 2019).

Brenes, F. (Comunicación Personal, agosto 10, 2018).

Brenes, F. (Comunicación Personal, junio 24, 2019).

Hernández, E. (Comunicación Personal, febrero 23, 2019).

Mayorga, A. (Comunicación Personal, febrero 23, 2019).

Méndez, H. (Comunicación Personal, septiembre 3, 2018).

Guías de diseño

CEPIS. (2005). *Guía para el diseño de tecnologías de alcantarillado*. Lima: Organización Panamericana de la Salud. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/sanea/169esp-diseno-alcantar.pdf>

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2017). *Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial*. San José, Costa Rica

Informes técnicos

Barahona, D. (2009). *Valoración de terreno donde se ubica el Proyecto Miravalles II*. (DPM-INF-1060-2009). San José: Departamento de Prevención y Mitigación de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias.

Borges, K., Martínez, A. C., Pérez, R., Araya, A., Velázquez, M. T., López, M. (2007). *Informe técnico: Propuesta de tanques sépticos mejorados con red de alcantarillado sanitario de pequeño diámetro*. San José: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Manuscrito inédito.

Méndez, J. (2007). *Análisis de riesgos potenciales que pueden afectar al Proyecto Miravalles II, ubicado al este del relleno de Río Azul*. (DPM-INF-0446-2007). San José: Departamento de Prevención y Mitigación de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias.

Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS). (2009). *Mejoramiento ambiental de la ciudad de Alajuela. Proyecto de Alcantarillado Sanitario*. San José: Universidad de Costa Rica.

Unidad de Gestión Social y Participación Ciudadana del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2017). *Metodología de abordaje de asentamiento en proceso de consolidación y en precarios*. San José: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Leyes, reglamentos y planes

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (16 de abril de 1996). Artículo 33 [Capítulo II]. Ley de Aguas [Ley N° 276]. Diario Oficial La Gaceta.

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (27 de agosto de 1942). Artículo 31 [Capítulo IV]. Ley Forestal [Ley N° 7575]. Diario Oficial La Gaceta.

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (16 de junio de 1961). Artículo 6 [Capítulo II]. Ley de Erradicación de Tugurios y Defensa de sus Arrendatarios [Ley N° 2760]. Diario Oficial La Gaceta.

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (13 de noviembre de 1995). Artículo 32 [Capítulo VII]. Ley Orgánica del Ambiente [Ley N° 7554]. Diario Oficial La Gaceta.

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (30 de noviembre de 1968). Artículo 1 y 58 [Capítulo Preliminar]. Ley de Planificación Urbana. [Ley N° 4240]. Diario Oficial La Gaceta.

Consejo Nacional de Planificación Urbana. (2013). *Plan de la Gran Área Metropolitana (Plan GAM 2013)*. Recuperado de https://www.mivah.go.cr/Biblioteca_PlanGAM.shtml

Consejo Nacional de Planificación Urbana (2008). *Plan Regional Urbano de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica (PRUGAM 2008-2030)*. Recuperado de <https://www.mivah.go.cr/PRUGAM.shtml>

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2017). *Reglamento de aprobación y recepción de sistemas de saneamiento por parte del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados*. San José, Costa Rica

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2018). *Reglamento para la prestación de los servicios de AyA*. San José, Costa Rica

Ministerio de Ambiente y Energía. (8 de abril de 2008). Artículo 3. [Capítulo I]. Reglamento a la Ley de Biodiversidad [Decreto N° 34 433]. Diario Oficial La Gaceta.

Ministerio de Ambiente y Energía. (23 de enero de 1997). Artículo 2. [Capítulo I]. Reglamento a la Ley Forestal [Decreto N° 25 721]. Diario Oficial La Gaceta.

Ministerio de Trabajo y Previsión Social. (16 de junio de 1961). Artículo 2. [Capítulo I]. Ley de Erradicación de Tugurios y Defensa de sus Arrendatarios [Ley N° 2760]. Diario Oficial La Gaceta.

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (18 de diciembre del 2018). Artículo 1. Fijación de Salarios Mínimos para el Sector Privado que regirán a partir del 1° de enero de 2019 [Decreto N° 41 434-MTSS]. Diario Oficial La Gaceta.

Municipalidad de Curridabat (15 de octubre del 1993). Artículo 14. [Capítulo III]. Reglamento de zonificación y vialidad de Curridabat y sus reformas [Reglamento municipal 179]. Diario Oficial La Gaceta.

Municipalidad de Curridabat (21 de noviembre del 2013). Artículo 151. [Capítulo IX]. Modificación al Plan Regulador del cantón de Curridabat [Reglamento municipal 179]. Diario Oficial La Gaceta.

Municipalidad de Curridabat. (2017). *Ampliación y modificación del Plan Regulador del cantón de Curridabat*. Recuperado de <http://www.curridabat.go.cr/documentos/PR13de%20octubre.pdf>

Presidencia de la República, Ministerio de Ambiente y Energía, Ministerio de Salud. (4 de agosto de 2017). Artículo 5. [Capítulo I]. Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales [Decreto N° 34 433]. Diario Oficial La Gaceta.

Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS). (2017). *Plan Regulador Cantonal de Alajuela: Reglamento de Renovación Urbana*. San José: Universidad de Costa Rica.

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (2012). *Plan General de Manejo para la Zona Protectora Cerros de la Carpintera*. Recuperado de <http://www.sinac.go.cr/ES/planmanejo/Plan%20Manejo%20ACC/Zona%20Protectora%20Cerros%20de%20La%20Carpintera.pdf>

Libros de texto

Chow, V.T. (1994). *Hidráulica de canales abiertos*. (1da Ed.) Bogotá: McGraw-Hill

Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias y Red Sismológica Nacional. (2015). *El riesgo derivado de la amenaza volcánica en Costa Rica*. San José: CNE

López, R. (2003). *Elementos de diseño de acueductos y alcantarillados*. (2da Ed.) Bogotá: Alfaomega

Red Sismológica Nacional. (2015). *Glosario de Geología*. San José: Universidad de Costa Rica.

Streeter, V.L., Wylie, E.B & Bedford K.W (2000). *Mecánica de Fluidos*. (9na Ed.) Bogotá: McGraw-Hill Interamericana S.A.

Tchobanoglous, G (1981). Tratamiento y depuración de las aguas residuales. Barcelona: Labor

Water Environment Federation (2010). *Design of Municipal Wastewater Treatment Plants: WEF Manual of Practice No.8 ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 76*. (5ta Ed.). McGraw-Hill

Norma técnica

American Society of Testing Materials (ASTM). (2015). *Standard Specification for Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Corrugated Sewer Pipe with a Smooth Interior and Fittings* (ASTM F949-15). West Conshohocken: ASTM

Noticias

Lynch, D. (17, noviembre,2017). Seguridad Pública definió los 21 barrios más peligrosos y conflictivos de nuestro país. *Teletica*. Recuperado de https://www.teletica.com/178573_seguridad-publica-definio-los-21-barrios-mas-peligrosos-y-conflictivos-de-nuestro-pais

Morris, K. (10 de octubre de 2017). Alcantarillado sanitario de Alajuela es deficiente, revela auditoría operativa de la Contraloría. *Diario Extra*. Recuperado de <http://www.diarioextra.com/Noticia/detalle/344343/alcantarillado-sanitario-de-alajuela-es-deficiente>

Repretel. (16 de noviembre, 2017). *Vecino piden a la cruz roja entrar a barrios conflictivos*. [Comunicado de prensa]. Recuperado de <https://www.repretel.com/actualidad/vecinos-piden-a-la-cruz-roja-entrar-a-barrios-conflictivos-96838>

Páginas de internet

A.F. (s.f.). *AF Sewage/Wastewater Submersible Pumps*. Recuperado de <http://www.zebol.com/biblioteca/?mdocs-cat=mdocs-cat-13&att=Biblioteca>

Centro Centroamericano de Población. Base de datos Proyecciones Distritales de Población de Costa Rica 2000-2050. En: <http://consultas.ccp.ucr.ac.cr>. Consulta del 23 de abril del 2019.

Correos de Costa Rica (s.f.). Servicios Express. Recuperado de <https://www.correos.go.cr/servicios/servicioexpress/>

Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH). (2017). *Proyecto de Saneamiento*. Recuperado de <https://www.esph-sa.com/site/?q=proyecto-saneamiento>

Organización de las Naciones Unidas. (7 de febrero de 2014). *Naciones Unidas*. Obtenido de https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml

Organización Mundial de la Salud. (19 de febrero, 2018). *Saneamiento*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>

Plan de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José. (2017). *Alcantarillado Sanitario*. Recuperado de <http://ma.mejoramientoambiental.com/>

Proyectos de graduación

Figueiredo, U. (2009). *Intervenções de saneamento básico em áreas de vilas e favelas: Um estudo comparativo de duas experiências na Região Metropolitana de Belo Horizonte*. (Tesis de maestría), Universidad de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

Sanabria, D. (2017). *Desarrollo de una metodología para la identificación de territorios con potencial para la ubicación de vivienda de interés social en la Gran Área Metropolitana*. (Tesis de licenciatura), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Publicaciones

Comisión Nacional de Planificación Urbana (2013). *Mapas de Amenaza*. Recuperado de <https://www.cne.go.cr/index.php/prevencie-desastres-menuprincipal-93/mapas-de-amenazas>

- De Oliveira, E. (12 de mayo, 2016). *Saneamento em áreas irregulares: qual o caminho?* Recuperado de <http://www.assemae.org.br/artigos/item/1515-saneamento-em-areas-irregulares-qual-o-caminho>
- DroneDeploy (9 de mayo, 2017). *What are ground control points (GCPs) and how do I use them?* Recuperado de <https://blog.dronedeploy.com/what-are-ground-control-points-gcps-and-how-do-i-use-them-4f4c3771fd0b>
- Espinoza, J. (2013). Características de la vivienda y acceso para los grupos pobres y la clase media: 2010-2013. *En Vigésimo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. Recuperado de https://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/020/social/Espinosa2014.pdf
- Frigo, F y Batista, N. (2016). *Alternativas sustentáveis para o esgotamento sanitário de residências e de pequenos assentamentos rurais*. Recuperado de <https://uniara.com.br/arquivos/file/eventos/2016/vii-simposio-reforma-agraria-questoes-rurais/sessao7a/alternativas-sustentaveis-esgotamento-sanitario.pdf>
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2016). *Avances Programa de Agua Potable y Saneamiento 9na Edición*. [Panfleto]. Recuperado de <http://mejoramientoambiental.com/wp-content/uploads/2017/02/Avances-9-AyA-JBIC-3.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2013). *X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda: Principales indicadores sobre asentamientos informales*. San José, Costa Rica.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2015). *Índice de Pobreza Multidimensional (IPM): Metodología*. San José, Costa Rica.
- Kopitopoulos, D. (2008). Sanear los Barrios Marginales de las Ciudades Intermedias. *CHAC*, Edición especial de Saneamiento Integral. Recuperado de https://www.wsp.org/sites/wsp/files/publications/CHAC_Saneamiento_Integral.pdf
- Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (2005). *Informe sobre la actualización de los asentamientos en precario y en tugurio del Gran Área Metropolitana*. Recuperado de https://www.mivah.go.cr/Documentos/precarios/Precario_Tugurio_GAM_Febrero_2005/Asentamientos_en_Precario_y_Tugurio_GAM_Febrero_2005.pdf
- Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (2011). *Los Cuadros, Purral. Goicoechea. Diagnóstico Comunitario Enero-Junio 2011*. Recuperado de

https://www.mivah.go.cr/Documentos/investigaciones_diagnosticos/diagnosticos_planes_intervencion/2011/LOS_CUADROS_GOICOECHEA/DIAGNOSTICO_LOS_CUADROS.pdf

Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (2011). *Propuesta de plan de intervención para la comunidad de Guararí*. Recuperado de https://www.mivah.go.cr/Documentos/investigaciones_diagnosticos/diagnosticos_planes_intervencion/2011/LOS_CUADROS_GOICOECHEA/DIAGNOSTICO_LOS_CUADROS.pdf

Mora, S. (2014). Hogares en asentamientos informales en Costa Rica: quiénes son y cómo viven. *Notas de Población, N° 99, 107-132*. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37635-hogares-asentamientos-informales-costa-rica-quienes-son-como-viven>

Pujol, R., Pérez, E & Agüero J. (noviembre, 2012). Actividad económica, características sociales y demanda de transporte. Una exploración de los patrones de viajes residencia-trabajo en el censo de 2011. Trabajo presentado en el Simposio Costa Rica a la Luz del Censo 2011. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Pujol, R., Sánchez, L & Pérez E. (noviembre, 2012). Comportamiento de la segregación residencial en grupos de bajos ingresos para el periodo 2000-2011 en la Gran Área Metropolitana (GAM). Trabajo presentado en el Simposio Costa Rica a la Luz del Censo 2011. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Pujol, R., Sánchez, L & Pérez E. (noviembre, 2012). Informalidad en la vivienda de la Gran Área Metropolitana: El impacto de los proyectos de vivienda social, 2000-2011. Trabajo presentado en el Simposio Costa Rica a la Luz del Censo 2011. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Rodríguez, J., & Arriagada, C. (2004). Segregación Residencial en la Ciudad Latinoamericana. *Revista Eure*, 30(89), 5-24. doi: 10.4067/S0250-71612004008900001

Apéndices

Apéndice 1. Procedimiento del levantamiento de alcantarillado pluvial en los asentamientos informales de Barrio San José y Miravalles

El levantamiento de la infraestructura pluvial de ambas comunidades requiere de un trabajo de campo y de un trabajo con SIG a partir de la información recolectada en campo, siendo en este caso ArcGIS 10.4.

En el trabajo de campo se utilizan los instrumentos presentes en la Figura A 1 y Figura A 2, que, gracias a la colaboración de ProDUS, fueron prestados para realizar esta tarea. También se utiliza una cinta métrica en las ocasiones que mejor ameritaba para tomar medidas.

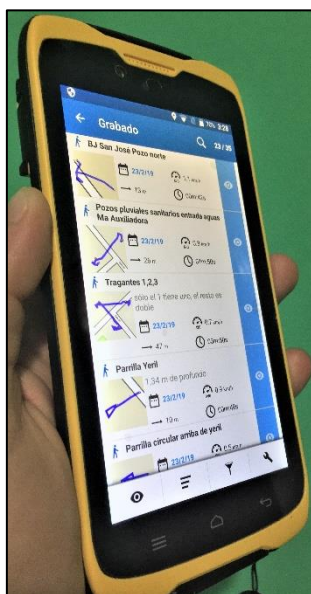


Figura A 1. Colector de datos portátil Trimble TDC100

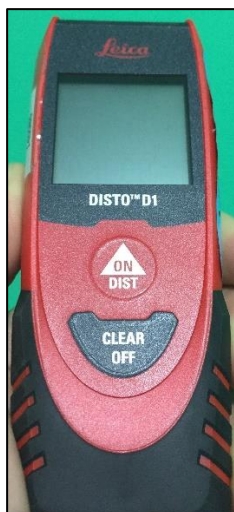


Figura A 2. Medidor láser Leica Disto D1

El colector de datos de la Figura A 1 guarda las coordenadas de algún punto en específico, mientras que el medidor láser de la Figura A 2 indica distancias según a donde apunte el láser.

La manera en que se realiza el trabajo en estas comunidades es de la siguiente forma:

1. Localizar pozos, cajas de registro o tragantes.
2. Marcar las coordenadas del pozo, caja de registro o tragante.
3. Intentar levantar la tapa o rejilla y con el láser medir la profundidad del pozo o caja de registro.
4. Medir con láser o cinta métrica (según convenga), el diámetro de las tuberías.
5. Localizar el próximo pozo o caja de registro al que continúa la tubería.
6. Repetir el paso 2 en adelante.

El 23 de febrero de 2019, en compañía de Suleyka Aymerich, se realiza el trabajo de campo en Barrio San José, mientras que, en Miravalles, se realiza el 8 de marzo del 2019 en compañía de July Sobalvarro. El síndico de Tirrases, Julio Quirós, no podía brindar acompañamiento ese día, por lo que comparte el contacto de Sobalvarro, quien es la presidenta de un comité de vecinos en Miravalles.

Gracias al acompañamiento en ambas comunidades, se logra recorrer completamente ambas áreas de estudio, sin embargo, este trabajo de campo no estuvo exento de algunas limitaciones como las siguientes:

- Tapas o rejillas que no se lograron abrir (aunque se puede medir con ayuda del láser a través de rejillas u orificios, no se podía medir el diámetro de tubería). Ejemplos en donde sucede esto se muestra en la Figura A 3.



Figura A 3. A. Caja de registro pluvial en Barrio San José donde la tapa está cubierta casi completamente de asfalto. B. Caja de registro pluvial en Miravalles que no tiene tapa y en su lugar hay cedazo, madera y pasta cementicia

- Incertidumbre en profundidad de pozos o cajas de registro al estar anegados en aguas residuales o con residuos sólidos. Ejemplo de esto se muestra en la Figura A 4.

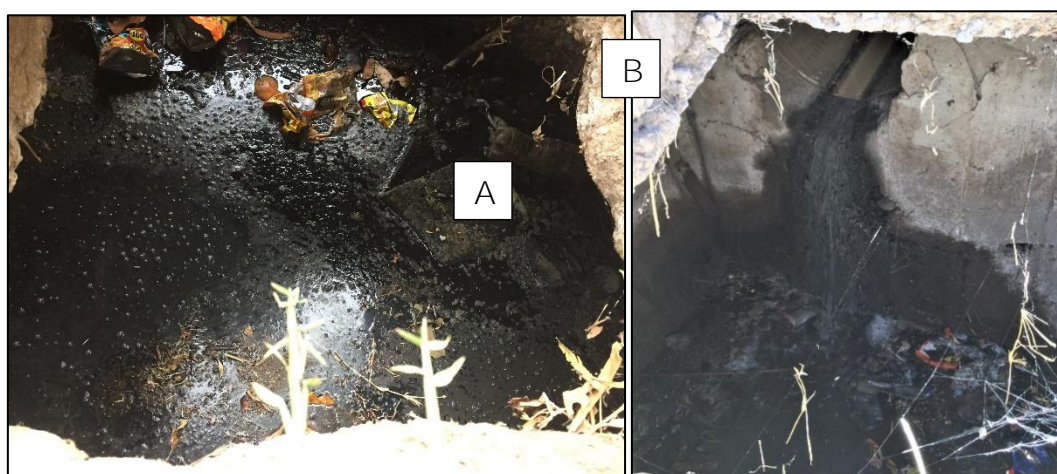


Figura A 4. Cajas de registro anegadas en aguas residuales y residuos sólidos en A. Barrio San José y B. Miravalles

- No se localizan pozos, tragantes o cajas de registro que indiquen la continuidad de una tubería. Es decir, hay incertidumbre sobre la existencia, ubicación o trayecto de una tubería debido a que no se conoce su inicio o final. En la Figura A 5 se muestra una alameda de Barrio San José que a lo largo de ella no hay ningún indicio de alguna caja de registro y hasta al final se llega a un tragante. No obstante, se aprecian algunos bajantes en la alameda.
- No se puede dar seguimiento a tuberías que atraviesan propiedades privadas (principalmente en Barrio San José).

Ante estas limitaciones se deben suponer las profundidades de las cajas de registro o pozos, las dimensiones de tuberías y los recorridos. Estos datos se llegan a suponer en base a otro pozo, caja de registro o tragante cercano del cuál no se tuviera alguna limitante. Además, con información de algunos vecinos se logra aclarar mejor algunos detalles del alcantarillado pluvial en donde existieran estas limitantes. Por ejemplo, en Barrio San José, se tuvo la colaboración de Edgar Hernández y Armando Mayorga que brindaron detalles en dimensiones y recorrido de tuberías al estar ellos presentes durante la construcción del alcantarillado pluvial en la comunidad.



Figura A 5. Alameda en Barrio San José pavimentada en asfalto

Luego de recolectar toda esta información, se sigue el siguiente proceso para conocer la distribución de la red pluvial en la comunidad.

1. Verificar que los puntos levantados con el colector de datos portátil Trimble TDC100 sean congruentes con la imagen aérea producto del levantamiento por dron.
2. Marcar el trazado de tuberías entre cada uno de estos puntos. Para esto es necesario crear un nuevo shapefile de líneas que funcione como las tuberías del pluvial.
3. Calcular la longitud de las tuberías.
4. Obtener la elevación de los puntos levantados según el MED producto del levantamiento por dron. Para esto se utiliza la herramienta ArcGIS 10.4 llamada *Agregar información de superficie*, que se encuentra en *Superficie funcional* y esta a su vez dentro de las *Herramientas de 3D Analyst*.
5. Restarle a la elevación de los puntos la profundidad estimada en el trabajo de campo.
6. Calcular la pendiente de las tuberías.

Es así que se logra estimar en donde se localizan las tuberías pluviales y se puede saber a la profundidad en que se encuentra la corona de la misma en cualquier punto al conocer su pendiente.

Los diámetros que se pudieron medir en el sitio se comparan con diámetros disponibles de algún fabricante, al suponer el material de la tubería (se supone un material de tubería que se encuentre en la norma técnica del AyA). Según lo observado en campo, se consideran como tuberías de PVC en cumplimiento de la norma ASTM F949 y tuberías de PVC que cumplen la norma ASTM D2665. Se toma como fabricante la empresa Durman y se utilizan los diámetros externos de las fichas técnicas de esta empresa correspondientes a las tuberías del material mencionado para conocer el espacio que abarcan.

Barrio San José cuenta con un canal subterráneo rectangular de concreto (hasta donde se podía observar) que es a donde llegan casi todas las aguas pluviales de la comunidad para luego dirigirlas hacia PRENAC al pasar por debajo de una vivienda. Este canal se encuentra debajo de una alameda, con solo un par de rejillas que permiten ver hacia dentro, pero, no hay forma en que se pueda acceder. En la Figura A 6 se muestra la alameda en donde por debajo pasa el canal mencionado.



Figura A 6. Alameda con rejillas hacia el canal pluvial de Barrio San José

Apéndice 2. Cálculos para la estimación de costos en propuestas de alcantarillado sanitario.

Barrio San José

- *Tuberías*

Debido a que toda la propuesta está compuesta de tuberías PEAD de pared corrugada de 150 mm de diámetro nominal, es cuestión de obtener la extensión total de tubería y multiplicarlo por el costo unitario. La sección 6.4.1 indica que la propuesta incluye 270 m de tubería para alcantarillado simplificado y 1001 m de tubería para alcantarillado convencional. El costo unitario según el Cuadro 49 es de 10992 ₡/m.

$$\text{Costo tubería PEAD 150 mm} = (270 + 1001)m * 10992 \frac{\text{₡}}{m} = \text{₡13 970 832}$$

- *Ademes y Tablaestacas*

El costo de estos elementos puede llegar a variar, debido a que su uso depende del comportamiento del suelo ante la creación de una zanja para la colocación de la tubería, sin embargo, en esta etapa preliminar se tiene en consideración. El costo unitario es de 2100 ₡/m² para zanjas de hasta 2 m de profundidad y de 4200 ₡/m² para zanjas de 2 m hasta 4 m de profundidad.

El área que se debe calcular se obtiene del ancho de zanja y su longitud. La sección 2.3 indica que la zanja debe tener un ancho mínimo igual al diámetro de tubería más 40 cm y un ancho máximo igual al diámetro de tubería más 50 cm. Las tuberías elegidas, al tener un diámetro externo de 176 mm (17,6 cm), tienen un rango entre 58 cm y 68 cm. Puede suponerse que la zanja estaría a su ancho máximo en la calle, donde transitan vehículos, debido a que es donde hay más espacio y en las alamedas podría tender a anchos menores por el poco espacio. Por lo tanto, las tuberías ubicadas en las calles de Barrio San José se asumen conservadoramente con una zanja de 70 cm de ancho y en las alamedas de 60 cm. No obstante, los tramos con la tubería a 2 m de profundidad a nivel de corona, se asume que la zanja es de 0,70 cm de ancho, independientemente de encontrarse en alameda o calle.

El tramo A-07 y parte del tramo A-06, A-17, A3-04 y A4-06 tienen un costo mayor, debido a que las tuberías se ubican a más de 2 m de profundidad. En total, son 97,32 m de tubería a

más de 2 m de profundidad. Las tuberías con profundidades menores suman en total 1173,51 m de longitud con 350,94 m en alamedas y 822,56 m en la calle. Los costos respectivos se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Costo ademes y tablaestacas hasta 2 m} = (822,56 * 0,7 + 350,94 * 0,6)m^2 * 2100 \frac{\text{C}}{m^2} = 786,4m^2 * 2100 \frac{\text{C}}{m^2} \\ = \text{C}1\ 651\ 440$$

$$\text{Costo ademes y tablaestacas entre 2 m y 4 m} = (97,32 * 0,7)m^2 * 4200 \frac{\text{C}}{m^2} = 68,1m^2 * 4200 \frac{\text{C}}{m^2} = \text{C}286\ 020$$

Saber si un tramo tiene la tubería a más de 2 m de profundidad se logra al calcular la diferencia entre las elevaciones de la corona a inicio y final del tramo con la rasante, así se conoce el rango de profundidades. Los datos de elevación de rasante y corona a inicio y final de cada tramo se muestran en el Cuadro 45 y Cuadro 46. Como ejemplo se muestra el tramo A-07, cuyo rango de profundidades es entre 2,62 m y 2,77 m a nivel de corona. Mediante los siguientes cálculos se obtiene el rango de profundidades para la tubería en el tramo A-07:

$$\text{Profundidad inicial corona} = 1173,17 \text{ m.s.n.m} - 1170,55 \text{ m.s.n.m} = 2,62 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad final corona} = 1173,08 \text{ m.s.n.m} - 1170,31 \text{ m.s.n.m} = 2,77 \text{ m}$$

De esta forma se calcula el rango de profundidades en todos los tramos de Barrio San José, los cuales se muestran en el Cuadro A 1.

Cuadro A 1. Rango de profundidades a corona de los tramos de la propuesta de alcantarillado sanitario en Barrio San José

Tramo	Profundidad inicial (m)	Profundidad final (m)	Tramo	Profundidad inicial (m)	Profundidad final (m)	Tramo	Profundidad inicial (m)	Profundidad final (m)
A-01	1,12	1,52	A-16	1,12	1,42	A3-01	0,47	0,47
A-02	1,52	0,92	A-17	1,42	2,77	A3-02	0,47	0,47
A-03	0,92	1,42	A-18	1,12	1,37	A3-03	0,47	0,52
A-04	1,42	1,52	A-19	1,37	1,42	A3-04	0,52	2,62
A-05	1,52	1,37	A1-01	0,47	0,47	A4-01	1,12	0,97
A-06	1,37	2,62	A1-02	0,47	0,47	A4-02	0,97	1,42
A-07	2,62	2,77	A1-03	0,47	1,37	A4-03	1,42	0,52
A-08	1,12	0,97	A2-01	0,47	0,47	A4-04	0,52	0,92
A-09	0,97	0,97	A2-02	0,47	0,47	A4-05	0,92	1,12
A-10	0,97	0,97	A2-03	0,47	0,47	A4-06	1,12	2,62
A-11	0,97	1,92	A2-04	0,47	0,72	A5-01	0,47	0,52
A-12	1,12	0,97	A2-05	0,47	0,72	A5-02	0,52	1,62
A-13	0,97	1,92	A2-06	0,72	0,97	A5-03	1,62	2,02
A-14	1,92	2,02	A2-07	0,97	1,37	A6-01	1,07	1,52
A-15	2,02	1,42						

Una vez identificados los tramos con profundidades mayores a 2 m, en aquellos donde sólo una porción de la tubería está a más de 2 m, se debe estimar la longitud correspondiente de esa porción y para eso se utiliza el perfil de terreno que hay sobre la tubería del tramo. Mediante el cálculo de la diferencia entre la rasante y la corona de la tubería en pequeñas longitudes específicas, a lo largo de todo el tramo, eventualmente se llega al punto donde la tubería está a 2 m de la rasante. En la Figura A 7, Figura A 8, Figura A 10 y Figura A 10 se muestran los perfiles sobre los tramos A-06, A-17, A3-04 y A4-06 respectivamente así como el punto de la tubería donde comienza a estar a una profundidad mayor a 2 m.

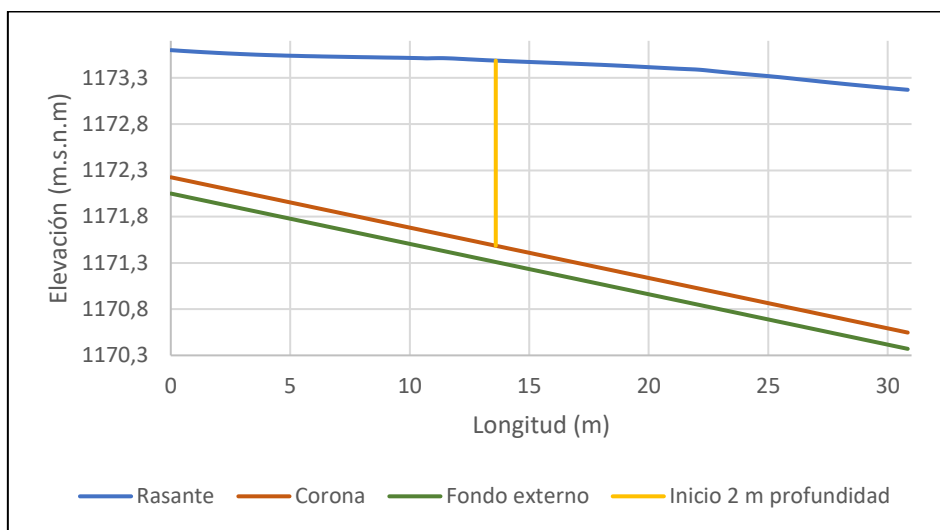


Figura A 7. Perfil de terreno, tubería y señalamiento de donde está a 2 m de profundidad el tramo A-06

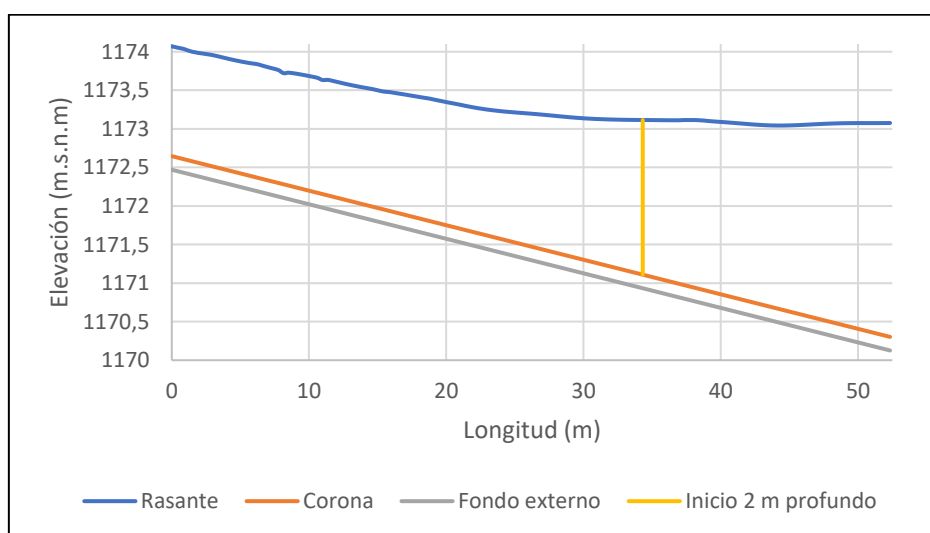


Figura A 8. Perfil de terreno, tubería y señalamiento de donde está a 2 m de profundidad el tramo A-17

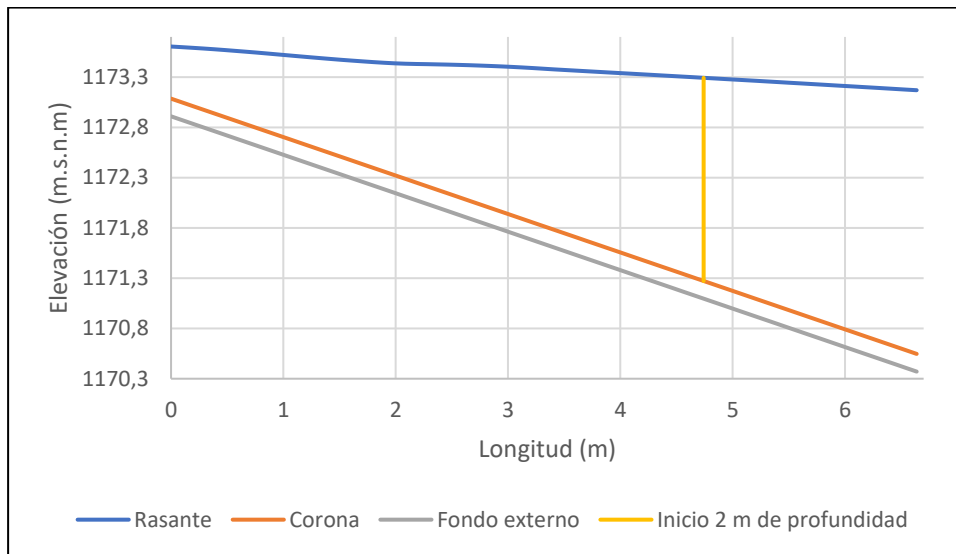


Figura A 9. Perfil de terreno, tubería y señalamiento de donde está a 2 m de profundidad el tramo A3-04

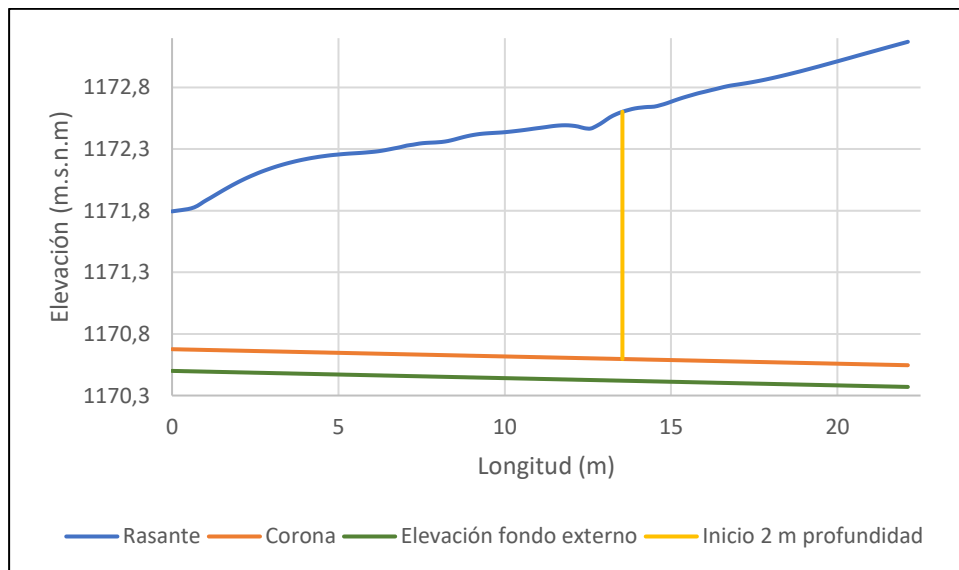


Figura A 10. Perfil de terreno, tubería y señalamiento de donde está a 2 m de profundidad el A4-06

Con este procedimiento se logra saber que se encuentran a más de 2 m de profundidad 17,24 m del tramo A-06, 18,02 m del tramo A-17, 1,90m del tramo A3-04 y 8,58 m del tramo A4-06.

- *Pozos de registro convencionales*

El primer metro de profundidad de un pozo convencional cuesta ₡1 045 000 y cualquier metro adicional en profundidad cuesta ₡465 000, esto se debe a que el primer metro involucra mayor demanda de material y trabajo, al contar con tapa, losa y reposición de rasante (ver detalle de pozo de registro sanitario en la Figura 11 de la sección 2.3). Debido a esto, se deben considerar las profundidades de todos los pozos convencionales y asignar el costo del primer metro respectivo y la longitud restante se multiplica al precio de metro adicional. Ejemplo de esto se realiza con el pozo más profundo de la propuesta de Barrio San José, el pozo PR-17 de 2,95 m de profundidad.

$$\text{Costo PR} - 17 = 1m * 1\,045\,000 \frac{\text{₡}}{m} + 1,95m * 465\,000 \frac{\text{₡}}{m} = ₡1\,951\,750$$

De esta manera se calcula el precio de los 28 pozos convencionales restantes. El costo de cada uno se muestra a continuación en el Cuadro A 2, siendo el total **de ₡36 049 000**

Cuadro A 2. Costo estimado de cada pozo de registro convencional en Barrio San José

<i>Pozo</i>	<i>Costo</i>	<i>Pozo</i>	<i>Costo</i>	<i>Pozo</i>	<i>Costo</i>	<i>Pozo</i>	<i>Costo</i>
PR-01	₡1 184 500	PR-08	₡1 114 750	PR-15	₡1 556 500	PRA-01	₡1 324 000
PR-02	₡1 370 500	PR-09	₡1 114 750	PR-16	₡1 114 750	PRA-03	₡1 091 500
PR-03	₡1 091 500	PR-10	₡1 184 500	PR-17	₡1 951 750	PRA-04	₡1 184 500
PR-04	₡1 324 000	PR-11	₡1 882 000	PR-18	₡1 603 000	PRA-05	₡1 161 250
PR-05	₡1 370 500	PR-12	₡1 324 000	PR-19	₡1 184 500	PRA-06	₡1 114 750
PR-06	₡1 300 750	PR-13	₡1 184 500	PR-20	₡1 114 750	PRA-07	₡1 184 500
PR-07	₡1 184 500	PR-14	₡1 114 750	PR-21	₡1 300 750	PRA-14	₡1 417 000

- *Pozos de registro simplificados*

Los datos utilizados para realizar el cálculo más a detalle de estos pozos provienen del curso Estimación de costos y presupuestos en construcción del Ing. Robert Anglin Fonseca en el 2018.

Se estima la cantidad de material total para las 16 unidades que se tienen contempladas en la propuesta de Barrio San José. Dichos materiales son, cemento, arena, piedra, varilla N°3, madera de formaleta y clavos. Se adiciona un 5% de costo adicional respecto a las herramientas y un cierto porcentaje de desperdicio según el material. Se incluye el costo estimado de los equipos requeridos como miniexcavadora, vagoneta, mezcladora de concreto y vibrador de concreto.

En todas estas actividades se considera el costo de la mano de obra, en donde el costo de un peón de construcción por hora está en ₡1295 y el de un operario es de ₡1408 (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 2018). Se estima un 50% de cargas sociales y una jornada semanal de 60 horas.

Se asume que los pozos son cuadrados, con una tapa de concreto de 5 cm de grosor y paredes y losa inferior de 10 cm para el cálculo del volumen de concreto. En total se estima que los 16 pozos simplificados de Barrio San José requieren 4,030 m³ de concreto. Los costos respectivos se indican en el Cuadro A 3.

Cuadro A 3. Costos asociados al concreto de los pozos simplificados en Barrio San José

<i>Materiales</i>							
<i>Material</i>	<i>Cantidad concreto (m³)</i>	<i>Rendimiento</i>	<i>Desperdicio</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo unidad</i>	<i>Costo material</i>	<i>Costo herramientas</i>
Cemento	4,030	8 sacos/m ³	8%	35 sacos	₡6100/saco	₡213 500,00	₡10 675,00
Arena	4,030	0,5 m ³ /m ³	8%	2,18 m ³	₡17000/m ³	₡36 999,42	₡1 849,97
Piedra quinta	4,030	0,9 m ³ /m ³	8%	3,92 m ³	₡19000/m ³	₡74 434,12	₡3 721,71
<i>Mano de obra</i>							
<i>Cantidad concreto (m³)</i>	<i>Rendimiento operario (hora/m³)</i>	<i>Rendimiento peón (hora/m³)</i>	<i>Horas operario</i>	<i>Horas peón</i>	<i>Costo</i>	<i>Cargas sociales</i>	
4,030	1,5	4,5	6,05	18,14	₡35 199,62	₡17 599,81	
<i>Equipos</i>							
<i>Equipo</i>	<i>Cantidad de concreto (m³)</i>	<i>Rendimiento</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo por hora</i>	<i>Costo total</i>		
Mezcladora	4,030	1,5 (hora/m ³)	6,05	₡416,67	₡2 519,04		
Vibrador	4,030	1,5 (hora/m ³)	6,05	₡1 500,00	₡9 068,48		

Fuente: Anglin, 2018

Se considera que el acero de refuerzo lleva una distribución similar a los pozos de registro convencionales, el cual se muestra en la Figura A 11.

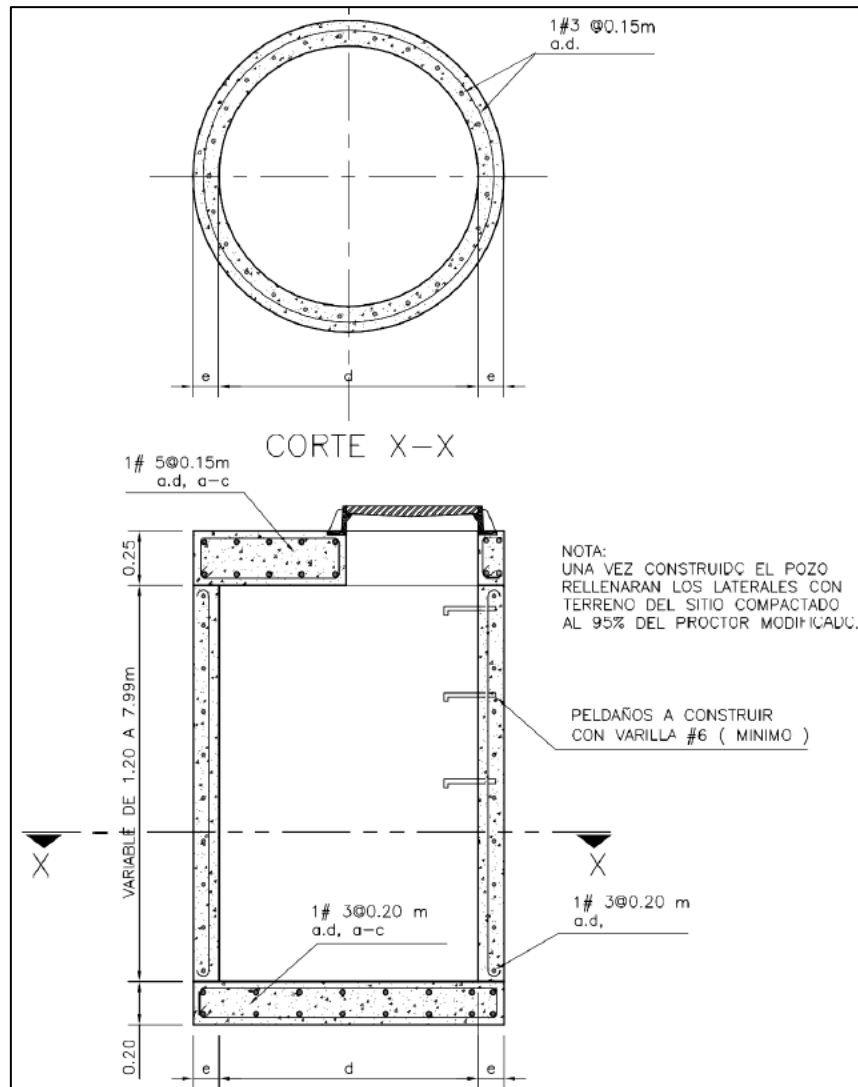


Figura A 11. Detalle estructural típico en pozo de registro sanitario hasta 8,25 m de profundo

Fuente: AyA, 2017

Así que se asume que el acero vertical es varilla N° 3 a cada 15 cm y el acero horizontal sea varilla N°3 a cada 20 cm. La longitud total de refuerzo se estima en 319,15 m para todos los pozos simplificados. Los costos asociados al refuerzo se indican a continuación en el Cuadro A 4.

Cuadro A 4. Costos asociados al refuerzo de los pozos simplificados en Barrio San José

<i>Materiales</i>							
<i>Varilla de acero</i>	<i>Cantidad varillas (m)</i>	<i>Rendimiento</i>	<i>Desperdicio</i>	<i>Cantidad (kg)</i>	<i>Costo por kg</i>	<i>Costo total</i>	<i>Costo herramientas</i>
N°3 G40	319,15	0,56 kg/m	15%	205,53	¢655	¢134 623,85	¢6 731,19
<i>Mano de obra</i>							
<i>Cantidad acero (kg)</i>	<i>Rendimiento operario (hora/100kg)</i>	<i>Rendimiento peón (hora/100kg)</i>	<i>Horas operario</i>	<i>Horas peón</i>	<i>Costo</i>	<i>Cargas sociales</i>	
205,53	13,20	3,95	27,13	8,12	¢53 584,27	¢26 792,14	

Fuente: Anglin, 2018

Se estima que la cantidad de tierra a movilizar para los 16 pozos simplificados en Barrio San José es de 7,19 m³. Se asume que la excavación puede hacerse mecanizada, tal y como se considera para la colocación de la tubería. Los costos de movimiento de tierras exclusivos de los pozos se presentan en el Cuadro A 5.

Cuadro A 5. Costos asociados al movimiento de tierras de los pozos simplificados en Barrio San José

<i>Mano de obra</i>						
<i>Cantidad tierra (m³)</i>	<i>Rendimiento operario (hora/m³)</i>	<i>Rendimiento peón (hora/m³)</i>	<i>Horas operario</i>	<i>Horas peón</i>	<i>Costo</i>	<i>Cargas sociales</i>
7,19	0,0	0,04	0	0,29	¢409,55	¢204,78
<i>Equipos</i>						
<i>Equipo</i>	<i>Cantidad de tierra (m³)</i>	<i>Rendimiento</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo por hora</i>	<i>Costo total</i>	
Miniexcavador	7,19	0,7 (hora/m³)	5,03	¢22 000,00	¢110 689,43	
Vagoneta	7,19	0,1 (hora/m³)	0,72	¢18 000,00	¢12 937,73	

Fuente: Anglin, 2018

El encofrado se asume de madera, conformado por tablas de 1 por 8 pulgadas y 1 por 3 pulgadas, a fin de estimar algún costo respecto a esta tarea, ya que el modo de llevar a cabo esta tarea puede variar. La cantidad de madera depende del área a cubrir y se estima que, en total, el área superficial de los pozos simplificados es de 61,98 m². Los costos respectivos al encofrado se muestran en el Cuadro A 6.

Cuadro A 6. Costos asociados al encofrado de los pozos simplificados en Barrio San José

<i>Materiales</i>							
<i>Material</i>	<i>Área superficial (m²)</i>	<i>Rendimiento</i>	<i>Desperdicio</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo unidad</i>	<i>Costo material</i>	<i>Costo herramientas</i>
Madera 1x8"	61,98	4 pulgadas/m ₃	11%	275,19 pulgadas	¢1000/pulgada	¢275 191,20	¢13 759,56
Madera 1x3"	61,98	1 pulgada/m³	11%	68,80 pulgadas	¢375/pulgada	¢25 799,18	¢1 289,96
Clavos	61,98	0,2 kg/m³	0%	12,4 kg	¢1450/kg	¢17 974,20	¢898,71
<i>Mano de obra</i>							
<i>Área superficial (m²)</i>	<i>Rendimiento operario (hora/m²)</i>	<i>Rendimiento peón (hora/m²)</i>	<i>Horas operario</i>	<i>Horas peón</i>	<i>Costo</i>	<i>Cargas sociales</i>	
57,02	0,8	0,8	45,62	45,62	¢133 020,82	¢66 510,41	

Fuente: Anglin, 2018

El costo total de los pozos simplificados de Barrio San José se resume en el Cuadro A 7 para cada tarea.

Cuadro A 7. Costos totales por tarea y costo total de pozos simplificados en Barrio San José

Costo total concreto	¢405 567,18
Costo total refuerzo	¢221 731,45
Costo total movimiento de tierra	¢124 241,48
Costo total encofrado	¢551 800,66
Total pozos simplificados	¢1 303 340,76

- *Reposición de pavimento de asfalto y concreto*

De la misma manera que la estimación de costos de los ademes y tablaestacas, se calcula el área superficial de las zanjas y se multiplica por el costo unitario, siendo 27000 ¢/m² para asfalto o 41760 ¢/m² para concreto.

En el caso de Barrio San José, las calles y las alamedas 1, 3, 5 y 6 tienen pavimento asfáltico. La longitud total de tuberías en estas alamedas es de 158,89 m mientras que la longitud total en la vía transitada por vehículos es de 891,11 m. Con estos datos y manteniendo el criterio de que el ancho de zanja en alamedas es 0,6 m y en la calle es 0,7 m (excepto el tramo A3-04 de la alameda 3 que tiene extensión de 6,64m y un ancho de zanja de 0,7 m debido a que la profundidad de la tubería llega a más de 2 m), el costo de la reposición de asfalto es el siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{Costo reposición asfalto} &= ([158,89 - 6,64] * 0,6 + [891,11 + 6,64] * 0,7)m^2 * 27000 \frac{\text{¢}}{m^2} = 719,8m^2 * 27000 \frac{\text{¢}}{m^2} \\
 &= \text{¢}19\,434\,600
 \end{aligned}$$

Las alamedas 2 y 4 son los lugares cubiertos de concreto en el área de estudio de Barrio San José. La extensión de tubería total de ambas alamedas es de 220,80 m y en las cuales se mantiene el criterio de tener un ancho de zanja de 0,6 m, excepto por el tramo A4-06 de 22,12 m de longitud que se asume zanja de 0,7 m de ancho debido a que la tubería llega a más de 2 m de profundidad. Por lo tanto, el costo de reposición es el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Costo reposición concreto} &= ([220,80 - 22,12] * 0,6 + 22,12 * 0,7)m^2 * 41760 \frac{\text{¢}}{m^2} \\ &= 134,7m^2 * 41760 \frac{\text{¢}}{m^2} = \text{¢}5\,625\,072 \end{aligned}$$

Miravalles

- *Tuberías*

De la misma manera que Barrio San José, se calcula la longitud de tuberías y se multiplica por el valor unitario de la tubería PEAD de pared corrugada de 150 mm que es 10992 ¢/m. La totalidad de extensión es de 782 m, donde 506,1 m están en alamedas y es simplificado y 275,9 m es vías donde hay tráfico vehicular y es alcantarillado convencional.

$$\text{Costo tubería PEAD 150 mm} = (782)m * 10992 \frac{\text{¢}}{m} = \text{¢}8\,595\,744$$

- *Ademes y Tablaestacas*

La propuesta de alcantarillado sanitario en Miravalles cuenta con la característica que ningún tramo tiene la tubería a más de 2 m de profundidad. Además, siendo las alamedas de Miravalles en donde más demanda de espacio se presenta, el criterio de mantener el ancho de zanja de 0,60 m en alamedas y 0,70 m fuera de ellas se mantiene. El cálculo se simplifica mucho más que en Barrio San José, como se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Costo ademes y tablaestacas hasta 2 m} &= (275,9 * 0,7 + 506,1 * 0,6)m^2 * 2100 \frac{\text{¢}}{m^2} = 496,8m^2 * 2100 \frac{\text{¢}}{m^2} \\ &= \text{¢}1\,043\,280 \end{aligned}$$

- *Pozos de registro convencionales*

Para la propuesta de Miravalles se cuenta con dos pozos con caídas, PR-11 y PR-12. El costo se calcula de la misma forma a los que no tienen caída, sin embargo, su diámetro interno mayor provoca un aumento en el costo unitario, siendo igual ¢1 272 000 el primer metro de

profundidad y ₡539 000 los metros adicionales. Se presenta el ejemplo del pozo PR-12, con una profundidad de 2,75 m.

$$\text{Costo PR} - 12 = 1\text{m} * 1\,272\,000 \frac{\text{₡}}{\text{m}} + 1,75\text{m} * 539\,000 \frac{\text{₡}}{\text{m}} = \text{₡}2\,215\,250$$

En total, los pozos convencionales en Miravalles suman un total de ₡20 260 500. El costo estimado de cada pozo se muestra en el Cuadro A 8.

Cuadro A 8. Costo estimado de cada pozo de registro convencional en Miravalles

Pozo	Costo	Pozo	Costo	Pozo	Costo	Pozo	Costo
PR-01	₡1 184 500	PR-05	₡1 184 500	PR-09	₡1 114 750	PRA-13	₡1 510 000
PR-02	₡1 114 750	PR-06	₡1 114 750	PR-10	₡1 114 750	PRA-14	₡1 114 750
PR-03	₡1 114 750	PR-07	₡1 114 750	PR-11	₡1 811 000	PRA-15	₡1 114 750
PR-04	₡1 114 750	PR-08	₡1 114 750	PR-12	₡2 215 250	PRA-16	₡1 207 750

- Pozos de registro simplificados

El costo de estos elementos se obtiene bajo las mismas condiciones empleadas en Barrio San José. No obstante, Miravalles destaca por la cantidad de estos elementos empleados en el diseño, siendo un total de 46.

En el cálculo de costo de concreto, se estima que el volumen total de este material es de 6,4 m³. El Cuadro A 9 detalla el costo que involucra construir los pozos en concreto en el sitio.

Cuadro A 9. Costos asociados al concreto de los pozos simplificados en Miravalles

Materiales							
Material	Cantidad concreto (m ³)	Rendimiento	Desperdicio	Cantidad	Costo unidad	Costo material	Costo herramientas
Cemento	6,4	8 sacos/m ³	8%	56 sacos	₡6100/saco	₡341 600,00	₡17 080,00
Arena	6,4	0,5 m ³ /m ³	8%	3,46 m ³	₡17000/m ³	₡58 750,85	₡2 937,54
Piedra quinta	6,4	0,9 m ³ /m ³	8%	6,22 m ³	₡19000/m ³	₡118 192,89	₡5 909,64
Mano de obra							
Cantidad concreto (m ³)	Rendimiento operario (hora/m ³)	Rendimiento peón (hora/m ³)	Horas operario	Horas peón	Costo	Cargas sociales	
6,4	1,5	4,5	9,60	28,80	₡55 892,99	₡27 946,49	
Equipos							
Equipo	Cantidad de concreto (m ³)	Rendimiento	Horas	Costo por hora	Costo total		
Mezcladora	6,4	1,5 (hora/m ³)	9,6	₡416,67	₡3 999,95		
Vibrador	6,4	1,5 (hora/m ³)	9,6	₡1 500,00	₡14 399,72		

Fuente: Anglin, 2018

La longitud total de refuerzo se estima en 962,28 m para todos los pozos simplificados. Los costos asociados al refuerzo se indican a continuación en el Cuadro A 10.

Cuadro A 10. Costos asociados al refuerzo de los pozos simplificados en Miravalles

<i>Materiales</i>							
<i>Varilla de acero</i>	<i>Cantidad varillas (m)</i>	<i>Rendimiento</i>	<i>Desperdicio</i>	<i>Cantidad (kg)</i>	<i>Costo por kg</i>	<i>Costo total</i>	<i>Costo herramientas</i>
N°3 G40	962,28	0,56 kg/m	15%	619,71	₡655	₡405 910,36	₡20 295,52
<i>Mano de obra</i>							
<i>Cantidad acero (kg)</i>	<i>Rendimiento operario (hora/100kg)</i>	<i>Rendimiento peón (hora/100kg)</i>	<i>Horas operario</i>	<i>Horas peón</i>	<i>Costo</i>	<i>Cargas sociales</i>	
619,71	13,20	3,95	81,80	24,48	₡161 564,31	₡80 782,16	

Fuente: Anglin, 2018

Se estima que la cantidad de tierra a movilizar para los 46 pozos simplificados en Miravalles es de 15,22 m³. Se asume que la excavación puede hacerse mecanizada, tal y como se considera para la colocación de la tubería. No obstante, este aspecto puede variar debido a lo estrecho de algunas alamedas en Miravalles. Los costos de movimiento de tierras exclusivos de los pozos simplificados se presentan en el Cuadro A 11

Cuadro A 11. Costos asociados al movimiento de tierras de los pozos simplificados en Miravalles

<i>Mano de obra</i>						
<i>Cantidad tierra (m³)</i>	<i>Rendimiento operario (hora/m³)</i>	<i>Rendimiento peón (hora/m³)</i>	<i>Horas operario</i>	<i>Horas peón</i>	<i>Costo</i>	<i>Cargas sociales</i>
15,22	0,0	0,04	0	0,61	₡867,08	₡433,54
<i>Equipos</i>						
<i>Equipo</i>	<i>Cantidad de tierra (m³)</i>	<i>Rendimiento</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo por hora</i>	<i>Costo total</i>	
Miniexcavador	15,22	0,7 (hora/m³)	5,03	₡22 000,00	₡234 45,65	
Vagoneta	15,22	0,1 (hora/m³)	0,72	₡18 000,00	₡27 391,05	

Fuente: Anglin, 2018

El encofrado se asume de madera, conformado por tablas de 1 por 8 pulgadas y 1 por 3 pulgadas, a fin de estimar algún costo respecto a esta tarea, ya que el modo de llevar a cabo esta tarea puede variar. La cantidad de madera depende del área a cubrir y se estima que, en total, el área superficial de los pozos simplificados es de 160,26 m². Los costos respectivos al encofrado se muestran en el Cuadro A 12

Cuadro A 12. Costos asociados al encofrado de los pozos simplificados en Miravalles

<i>Materiales</i>							
<i>Material</i>	<i>Área superficial (m²)</i>	<i>Rendimiento</i>	<i>Desperdicio</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo unidad</i>	<i>Costo material</i>	<i>Costo herramientas</i>
Madera 1x8"	160,26	4 pulgadas/m³	11%	711,55 pulgadas	¢1000/pulgada	¢711 554,40	¢35 577,72
Madera 1x3"	160,26	1 pulgada/m³	11%	177,89 pulgadas	¢375/pulgada	¢66 708,23	¢3 335,41
Clavos	160,26	0,2 kg/m³	0%	32,05 kg	¢1450/kg	¢46 475,40	¢2 323,77
<i>Mano de obra</i>							
<i>Área superficial (m²)</i>	<i>Rendimiento operario (hora/m²)</i>	<i>Rendimiento peón (hora/m²)</i>	<i>Horas operario</i>	<i>Horas peón</i>	<i>Costo</i>	<i>Cargas sociales</i>	
160,26	0,8	0,8	128,21	128,21	¢373 867,35	¢186 933,67	

Fuente: Anglin, 2018

El costo total de los pozos simplificados de Miravalles se resume en el Cuadro A 13 para cada tarea.

Cuadro A 13. Costos totales por tarea y costo total de pozos simplificados en Miravalles

Costo total concreto	¢646 710,09
Costo total refuerzo	¢668 552,34
Costo total movimiento de tierra	¢263 037,32
Costo total encofrado	¢1 426 775,95
Total pozos simplificados	¢3.005.075,70

- *Reposición de pavimento de asfalto*

La reposición de asfalto sólo se considera en los tramos A-03, A-04, A-11, A-12 y A-13. Al estar fuera de las alamedas, se consideran con un ancho de zanja de 0,7 m. El área total de reposición es de 65,5 m². Este costo se obtiene de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 \text{Costo reposición concreto} &= ([39 + 15 + 23,87 + 9,33 + 6,44] * 0,7)m^2 * 27000 \frac{\text{¢}}{m^2} \\
 &= 65,5m^2 * 27000 \frac{\text{¢}}{m^2} = \text{¢1 768 500}
 \end{aligned}$$

Anexos

Anexo 1. Listados de asentamientos y sus características en cada criterio de selección

Cuadro A 14. Listado de conjunto inicial de precarios, junto con el área, población, viviendas ocupadas y ubicación por distrito, cantón y provincia

N°	Nombre	*Área (ha)	Población total	Viviendas ocupadas	Porcentaje viviendas en precario	Viviendas/ha	Provincia	Cantón	Distrito
1	11 de abril - El Pochote	3,7	1938	489	3,5%	130,8	San José	San José	Hospital
2	11 de abril - Los Molinos	0,2	271	89	6,7%	371,8	Alajuela	Alajuela	Alajuela
3	15 de agosto	1,7	1226	316	19,3%	186,9	San José	Curridabat	Tirrases
4	25 de diciembre - Los Higueros/El Guindo - Valle Esperanza de Vida- Managüita/La Cabaña	3,8	1816	407	37,6%	106,7	San José	Desamparados	Patarrá
5	Asentamiento Las Brisas	4,5	1488	342	28,9%	75,6	Cartago	La Unión	Dulce Nombre
6	Aserradero Vargas - San Gabriel	0,2	111	27	81,5%	115,7	San José	Tibás	Cinco Esquinas
7	Asprovicruz	0,1	326	89	18%	681,6	San José	San José	Hatillo
8	Bajo Las Gavetas	0,5	1447	343	15,2%	757,8	San José	Alajuelita	San Felipe
9	Bajo Los Ledezma - Barrio El Jardín - La Amistad	0,3	511	138	12,3%	475,2	San José	San José	La Uruca
10	Bajo Manolo Rodríguez	0,1	89	26	0%	270,7	San José	Tibás	Cinco Esquinas
11	Bajo Manolos - Bajo Las Iguanas	0,9	717	212	1,4%	227,7	Alajuela	Alajuela	La Garita
12	Bajos Hatillo 5 - Las Gavetas	0,6	784	190	4,2%	332,2	San José	San José	Hatillo
13	Barracones de Luna Park	0,2	528	147	8,8%	624,5	San José	San José	San Sebastián
14	Barrio Ángeles - Cementerio	0,2	670	156	0%	900,4	Cartago	El Guarco	Tobosí
15	Barrio El Bosque	2,2	864	206	0,5%	93,6	San José	Desamparados	Patarrá
16	Barrio El Carmen	0,5	187	47	0%	101,5	San José	Coronado	San Isidro
17	Barrio Fátima/Barrio La Esperanza - Los Diques	1,2	387	85	23,5%	71,6	Cartago	Cartago	San Nicolás
18	Barrio La Cruz de Cartago-Diques Sur	2,4	773	198	51%	83,8	Cartago	Cartago	San Nicolás
19	Barrio La Esperanza	0,9	131	36	2,8%	41,0	Alajuela	Alajuela	San Isidro

Cuadro A 14. Listado de conjunto inicial de precarios, junto con el área, población, viviendas ocupadas y ubicación por distrito, cantón y provincia (cont.)

N°	Nombre	*Área (ha)	Población total	Viviendas ocupadas	Porcentaje viviendas en precario	Viviendas/ha	Provincia	Cantón	Distrito
20	Barrio La Mora-Diques Sur	3,2	846	197	31%	61,5	Cartago	Cartago	Guadalupe
21	Barrio La Pista Norte - Guachipelín/y Sur/Barrio La Pista Sur - Guachipelín/y Norte	0,4	501	129	5,4%	312,9	San José	Escazú	San Rafael
22	Barrio La Unión/San Francisco de Asís -Diques Sur	2,7	1701	410	52,4%	153,6	Cartago	Cartago	San Nicolás
23	Barrio Las Gardenias	0,4	471	127	0%	310,2	San José	Desamparados	Patarrá
24	Barrio Los Álamos/Progreso Humano	0,5	1207	302	7,6%	551,7	San José	San José	Merced
25	Barrio María Auxiliadora-Diques Norte/Barrio Nuevo-Diques Norte	3,9	1118	254	72,4%	65,8	Cartago	Cartago	El Carmen
26	Barrio Miguel Trejos	0,6	477	125	32%	214,4	Cartago	Cartago	San Nicolás
27	Barrio Nazareth	3,8	253	60	0%	15,8	Cartago	Cartago	San Nicolás
28	Barrio Nuevo de Zapote	2,3	1488	397	28%	170,7	San José	San José	Zapote
29	Barrio San Judas Tadeo	0,7	205	68	27,9%	97,8	San José	Tibás	San Juan Tibás
30	Barrio Sinaí	4,2	2596	675	1,2%	159,1	San José	Montes de Oca	San Rafael
31	Bella Vista de Pavas	1,0	411	102	78,4%	103,5	San José	San José	Pavas
32	Benjamín Núñez	1,2	400	80	8,2%	65,8	San José	Desamparados	Patarrá
33	Bethel - Lotes de Caro Quintero	0,7	196	57	1,8%	86,0	Heredia	Barva	San José de la Montaña
34	Buena Vista - El Ciprés/La Cima 2	1,4	417	97	1%	68,5	Cartago	La Unión	Concepción
35	Calderón Fournier	0,3	606	150	7,3%	449,3	San José	San José	San Sebastián
36	Calle El Mango	0,3	436	122	0,8%	437,1	San José	Alajuelita	San Josecito
37	Calle Garita	0,6	300	70	3,7%	123,3	Cartago	La Unión	Río Azul
38	Calle La Mora	0,2	649	209	3,8%	971,9	San José	Montes de Oca	Sabanilla
39	Calle Las Pavas - Barrio La Unión	0,5	341	88	40,9%	183,2	San José	Coronado	San Rafael
40	Calle Molina	0,3	26	9	11,1%	29,4	Cartago	Oreamuno	San Rafael
41	Calle Torre Molina	0,2	181	54	0%	312,9	San José	Moravia	San Jerónimo
42	Caro Quintero-La California	2,8	736	195	19,5%	69,7	Alajuela	Alajuela	Río Segundo
43	Caserío San Isidro- Proyecto San Isidro	0,4	75	21	0%	49,0	Heredia	Barva	San Pedro

Cuadro A 14. Listado de conjunto inicial de precarios, junto con el área, población, viviendas ocupadas y ubicación por distrito, cantón y provincia (cont.)

N°	Nombre	*Área (ha)	Población total	Viviendas ocupadas	Porcentaje viviendas en precario	Viviendas/ha	Provincia	Cantón	Distrito
44	Caserío Los Angeles - Calle San Juan	0,2	778	208	17,8%	915,5	Alajuela	Alajuela	San José
45	Colonia Cruz 1/Colonia Cruz 2	3,1	843	211	0%	68,1	San José	Curridabat	Tirrasas
46	Concepción I/Las Luisas - Proyecto	3,9	1546	351	18,5%	91,1	Cartago	La Unión	Concepción
47	Condominio Cipreses - Gloria Bejarano	0,6	687	174	21,3%	314,0	San José	San José	Merced
48	Cristo Rey	2,1	313	64	56,3%	30,4	Cartago	Cartago	San Nicolás
49	Cuesta del Triunfo	1,4	1119	274	5,8%	192,0	Cartago	Cartago	San Nicolás
50	El Bambú	0,7	1721	496	1,8%	733,4	Alajuela	Alajuela	Alajuela
51	El Erizo	1,5	2082	530	44,2%	350,3	Alajuela	Alajuela	Desamparados
52	El Huaso (Sector Sur)	0,2	1021	253	21,3%	1495,7	San José	Desamparados	San Miguel
53	El Jazmín Blanco	2,4	604	126	97,6%	51,7	San José	Alajuelita	San Josecito
54	El Mirador	1,2	171	45	0%	36,5	San José	Curridabat	Tirrasas
55	El Muro	0,6	277	82	4,9	136,6	San José	Alajuelita	Concepción
56	El Nisperal - El Bodocal	2,3	374	93	0%	39,6	Cartago	El Guarco	Tobosí
57	El Plantel	0,2	75	22	0%	88,7	San José	Tibás	Cinco Esquinas
58	El Play	0,3	365	87	5,7%	290,9	San José	San José	San Sebastián
59	El Porvenir	0,2	1999	541	1,3%	2286,5	Alajuela	Alajuela	San José
60	El Sapo Triste - Pueblo Nuevo	1,5	802	207	0%	139,6	San José	Desamparados	Desamparados
61	Finca Omega - El Rodeo	0,5	831	227	30,4%	453,6	San José	Coronado	Dulce Nombre
62	Finca San Juan	13,2	5707	1222	30,4%	92,3	San José	San José	Pavas
63	Garabito	0,8	1520	336	21,1%	408,3	San José	Tibás	León XIII
64	Gloria Bejarano - Barrio San José	2,7	2564	699	12%	256,1	San José	Curridabat	Curridabat
65	Gracias a Dios	1,0	427	92	16,3%	87,9	San José	San José	San Sebastián
66	Guadalupe - Los Diques Sur	0,9	1775	460	6,1%	539,3	Cartago	Cartago	Guadalupe
67	Hacia el Siglo XXI	1,5	452	132	0%	90,3	San José	Tibás	León XIII
68	Higuerones	0,6	1149	311	23,2%	565,3	Alajuela	Alajuela	Alajuela
69	Hogar Propio	0,6	283	74	0%	121,6	San José	San José	Hatillo
70	Jardines Universitarios II	2,9	1923	500	0,4%	173,5	Heredia	San Rafael	Santiago
71	Juan José Alvarado	0,2	427	129	3,1%	766,7	San José	Tibás	San Juan de Tibás
72	Juan Pablo II	1,0	209	49	30,6%	50,2	San José	Alajuelita	Alajuelita
73	Juan Pablo II - La Planta	1,0	203	53	0%	55,3	Cartago	Oreamuno	San Rafael
74	Kira de Castillo	1,1	364	87	1,1%	79,1	San José	Curridabat	Tirrasas
75	Línea del Tren	0,7	767	169	0,6%	243,0	San José	San José	Pavas

Cuadro A 14. Listado de conjunto inicial de precarios, junto con el área, población, viviendas ocupadas y ubicación por distrito, cantón y provincia (cont.)

N°	Nombre	*Área (ha)	Población total	Viviendas ocupadas	Porcentaje viviendas en precario	Viviendas/ha	Provincia	Cantón	Distrito
76	La Arboleda	1,0	357	86	10,5%	86,9	Cartago	La Unión	San Rafael
77	La Carpio	54,0	19035	4473	66%	82,8	San José	San José	La Uruca
78	La Cascabela o Pueblo Alegre	1,8	547	150	0%	83,0	San José	Alajuelita	San Josecito
79	La Cima I	2,3	786	169	3%	72,6	Cartago	La Unión	Concepción
80	La Cuenca Este	1,2	1736	421	34,7%	361,6	Heredia	Heredia	San Francisco
81	La Cuenca Oeste/Villa Paola	6,8	3363	749	41,7%	110,0	Heredia	Heredia	San Francisco
82	La Deportiva	0,2	101	27	25,9%	109,5	San José	Alajuelita	Alajuelita
83	La Esperanza I	1,9	476	114	22,8%	60,1	San José	Tibás	León XIII
84	La Esperanza/Las Brisas de Rossiter Carballo	0,3	1101	269	17,5%	842,8	San José	San José	La Uruca
85	La Frontera	1,9	1555	369	0%	189,9	San José	San José	Pavas
86	La Lima - Ciudadela Nancy Tatiana - La Isla	0,5	120	36	2,8%	68,5	Cartago	Cartago	San Nicolás
87	La Lucha	0,6	977	239	1,3%	413,0	San José	Goicoechea	Ipís
88	La Manolos - Bajo Cuesta Colima	0,1	394	84	7,1%	906,2	San José	Tibás	Cinco Esquinas
89	La Nueva Juventud de Pavas	0,7	710	165	0%	220,7	San José	San José	Pavas
90	La Pradera	0,7	436	118	24,6%	167,8	Alajuela	Poás	Sabana Redonda
91	La Quebrada - Calle Los Mangos	3,7	795	254	2%	69,5	San José	Escazú	San Rafael
92	La Trocha	0,7	776	221	2,7%	337,7	Alajuela	Alajuela	San Antonio
93	La Unión-Tibás	1,1	614	132	42,4%	117,1	San José	Tibás	León XIII
94	La vuelta de la Milpa-La cuenca de los negritos	0,1	947	250	11,6%	3982,6	Heredia	Heredia	San Francisco
95	Las 85/precario Cervil	0,5	203	51	17,6%	105,5	San José	Goicoechea	Ipís
96	Las Amelias	1,6	1528	341	19,6%	212,7	San José	Goicoechea	Ipís
97	Las Azucenas - Barrio Las Rosas	0,2	140	34	0%	147,5	Cartago	Cartago	San Nicolás
98	Las Lomas	1,5	2231	591	8,8%	388,3	San José	Coronado	Cascajal
99	Las Mandarinas	2,1	200	50	0%	23,3	San José	Desamparados	Patarrá
100	Las Palmas	3,1	2192	518	32,6%	165,7	San José	Desamparados	Patarrá
101	Las Violetas	6,1	921	200	82,5%	32,8	San José	Alajuelita	San Felipe
102	Linda Vista - Loma Gobierno/Pueblo Nuevo	22,2	4928	1236	0,3%	55,8	Cartago	La Unión	Río Azul
103	Llano de la Gloria	2,0	824	235	2,1%	116,7	San José	Curridabat	Tirrases
104	Loma Linda Santa Lucía/ Santa Lucía	1,4	1404	330	37,3%	230,5	San José	San José	Pavas

Cuadro A 14. Listado de conjunto inicial de precarios, junto con el área, población, viviendas ocupadas y ubicación por distrito, cantón y provincia (cont.)

N°	Nombre	*Área (ha)	Población total	Viviendas ocupadas	Porcentaje viviendas en precario	Viviendas/ha	Provincia	Cantón	Distrito
105	Los Ángeles	0,6	574	145	14,5%	244,4	Cartago	Cartago	Guadalupe
106	Los Guido - Sector 8	3,6	180	43	0%	11,8	San José	Desamparados	Los Guido
107	Los Guido-Sector 1	7,1	1473	355	0%	49,7	San José	Desamparados	Los Guido
108	Los Guido-Sector 6	6,6	2653	635	4,7%	96,9	San José	Desamparados	Los Guido
109	Los Heredianos	1,6	867	207	36,7%	131,8	Heredia	Heredia	San Francisco
110	Los Laureles	0,8	441	121	48,8%	149,7	San José	Desamparados	San Miguel
111	Lotes Fijos Metrópolis	2,4	527	121	0%	50,8	San José	San José	Pavas
112	Lotes Peralta	2,2	721	157	0%	70,9	Heredia	San Rafael	San Josecito
113	Manolo Rodríguez II Los Cangrejos	0,3	939	247	1,2%	928,3	San José	Tibás	Cinco Esquinas
114	Margarita Penón de Arias 2 - Colochos - Carpintera	1,2	571	129	55,8%	108,5	San José	Goicoechea	Ipis
115	Metrópolis I - Precario Tarzán	0,7	683	148	0%	217,8	San José	San José	Pavas
116	Metrópolis III - Sector C/ Unidos Pro Vivienda	1,6	2847	641	60,1%	398,0	San José	San José	Pavas
117	Miraflores - Higuerón Diques Norte	0,8	677	170	56,5%	201,9	Cartago	Cartago	San Nicolás
118	Miravalles 1/ Miravalles 2	8,1	389	107	0%	13,2	San José	Curridabat	Tirrases
119	Monseñor Arrieta - Barrio La Amistad	0,7	447	112	12,5%	163,3	San José	San José	San Sebastián
120	Nietos del Padre Solano	0,6	102	27	70,4%	46,1	Alajuela	Alajuela	San José
121	Nueva Esperanza de Pavas	1,0	763	170	34,7%	178,7	San José	San José	Pavas
122	Nuevos Horizontes	0,2	217	68	0%	409,3	San José	Tibás	León XIII
123	Palacios Universitarios	1,2	567	117	5,1%	94,3	Heredia	Heredia	San Francisco
124	Pasos Verdes del Este	1,2	359	92	0%	78,1	San José	Goicoechea	Ipis
125	Pinos del Este	1,7	235	76,7	0%	44,7	San José	Curridabat	Tirrases
126	Pocosol	0,7	673	177	16,9%	269,8	Alajuela	Alajuela	San Isidro
127	Ponderosa 1/Ciudadela El Higuerón	3,2	2371	578	1%	180,7	San José	Curridabat	Tirrases
128	Ponderosa 2	2,7	656	171	1,2%	63,2	San José	Curridabat	Tirrases
129	Ponderosa 3	2,3	155	45	0%	19,4	San José	Curridabat	Tirrases
130	Precario Tres o Nuevo Amanecer	1,0	2346	547	9,5%	537,3	San José	Alajuelita	San Felipe
131	Premio Nobel de la Paz	0,6	237	56	26,8%	101,4	San José	San José	Hospital

Cuadro A 14. Listado de conjunto inicial de precarios, junto con el área, población, viviendas ocupadas y ubicación por distrito, cantón y provincia (cont.)

N°	Nombre	*Área (ha)	Población total	Viviendas ocupadas	Porcentaje viviendas en precario	Viviendas/ ha	Provincia	Cantón	Distrito
132	Primero de Mayo	2,5	2893	779	21,7%	314,9	San José	Desamparados	San Juan de Dios
133	Proyecto Los Ángeles-El Quebrador	2,8	590	147	0,75	52,4	San José	Desamparados	Patarrá
134	Quebrada El Fierro	2,5	674	171	9,9%	67,1	Cartago	La Unión	San Rafael
135	Ranchos INA	0,0	411	92	5,4%	1961,9	San José	San José	San Sebastián
136	Rebeca Gryspan - Precario Norte A-B	2,9	2958	699	37,5%	238,6	San José	Tibás	León XIII
137	San Diego - Entrada al Monte	0,5	588	141	0,7%	312,8	Cartago	La Unión	San Diego
138	San Gerónimo	0,9	605	161	0%	188,5	San José	Tibás	San Juan Tibás
139	San Martín	3,1	1087	276	19,2%	87,7	Cartago	La Unión	Tres Ríos
140	San Martín II	4,8	1239	333	51,4%	68,9	San José	Coronado	San Isidro
141	San Miguel - El alto de los nicas	1,2	513	124	36,3%	104,0	Alajuela	Alajuela	Tambor
142	San Vicente	9,0	1579	379	3,4%	42,2	Cartago	La Unión	San Diego
143	Santa Cecilia	0,5	239	63	1,6%	136,2	San José	Curridabat	Tirrases
144	Santa Fe o Corazón de Jesús	0,9	1053	273	32,2%	298,3	Alajuela	Alajuela	San Isidro
145	Santa Gertrudis - Santa Fe-Diques Sur	0,9	694	173	58,4%	198,6	Cartago	El Guarco	El Tejar
146	Santa Rita - Infiernillo	4,2	1723	474	17,9%	113,2	Alajuela	Alajuela	San José
147	Santa Rosa	0,0	723	172	4,7%	6338,9	Heredia	Santo Domingo	Santa Rosa
148	Santa Teresita 1 y 2	2,5	1601	378	27%	153,4	San José	Curridabat	Tirrases
149	Santa Teresita-Diques Norte/Linda Vista-Diques Norte/Sagrado Corazón de Jesús - Diques Norte/Santa Elena-Diques Norte	1,6	322	80	37,5%	49,4	Cartago	Cartago	El Carmen
150	Sector 7	7,5	2321	550	11,1%	73,7	San José	Desamparados	Los Guido
151	Sin nombre-La Ladrillera	0,1	292	88	1,1%	818,6	San José	San José	La Uruca
152	Triángulo de Solidaridad II	2,5	1843	393	89,6%	160,2	San José	Tibás	Llorente
153	Umará 2	1,3	744	178	1,7%	138,6	San José	San José	San Sebastián
154	Urbanización El Futuro	3,8	1598	386	9,8%	102,1	Alajuela	Alajuela	San Rafael
155	Urbanización Europa	3,3	2210	578	0,9%	173,6	San José	Curridabat	Granadilla
156	Urbanización Los Cipreses	7,2	1640	439	0%	61,3	San José	Coronado	Patalillo
157	Valle del Sol	0,7	343	75	74,7%	100,8	San José	Curridabat	Tirrases

Cuadro A 14. Listado de conjunto inicial de precarios, junto con el área, población, viviendas ocupadas y ubicación por distrito, cantón y provincia (cont.)

<i>N°</i>	<i>Nombre</i>	<i>*Área (ha)</i>	<i>Población total</i>	<i>Viviendas ocupadas</i>	<i>Porcentaje viviendas en precario</i>	<i>Viviendas/ha</i>	<i>Provincia</i>	<i>Cantón</i>	<i>Distrito</i>
158	Vendedores ambulantes	3,2	3550	737	46,4%	228,1	San José	Alajuelita	San Felipe

Nota: *Unidad de área utilizada en referencias bibliográficas como Plan GAM 2013 y PRUGAM

Fuente: INEC, 2013 & MIVAH 2013

Cuadro A 15. Listado de asentamientos informales en invasión de zonas de protección de cuerpos de agua

<i>Nombre</i>	<i>Zona protegida invadida</i>	<i>Viviendas ocupadas</i>	<i>Viviendas/ha</i>	<i>*Área en invasión (ha)</i>	<i>Viviendas invadiendo</i>	<i>Porcentaje viviendas en invasión</i>	<i>Viviendas no invadiendo</i>
Finca San Juan	Lago (50 m)	1222	92,3	0,57	53	4,3%	1169
11 de abril - El Pochote	Río (10 m)	489	130,8	0,05	6	1,3%	483
15 de agosto	Río (10 m)	316	186,9	0,01	1	0,3%	315
Aserradero Vargas - San Gabriel	Río (10 m)	27	115,7	0,06	7	27,7%	20
Bajo Las Gavetas	Río (10 m)	343	757,8	0,04	28	8,1%	315
Bajo Manolos - Bajo Las Iguanas	Río (50 m)	212	227,7	0,19	44	20,6%	168
Barracones de Luna Park	Río (10 m)	147	624,5	0,01	6	4,4%	141
Barrio La Mora-Diques Sur	Río (10 m)	197	61,5	0,97	60	30,4%	137
Barrio La Pista Norte - Guachipelín/y Sur/Barrio La Pista Sur - Guachipelín/y Norte	Río (10 m)	129	312,9	0,12	36	28,0%	93
Barrio María Auxiliadora-Diques Norte/Barrio Nuevo-Diques Norte	Río (10 m)	254	65,8	0,09	6	2,3%	248
Barrio Nazareth	Río (10 m)	60	15,8	0,14	2	3,8%	58
Barrio Nuevo de Zapote	Río (10 m)	397	170,7	0,26	45	11,3%	352
Barrio Sinaí	Río (15 m)	675	159,1	0,19	30	4,4%	645
Bella Vista de Pavas	Río (10 m)	102	103,5	0,00	0	0,4%	102
Benjamín Núñez	Río (10 m)	80	65,8	0,08	5	6,6%	75
Bethel - Lotes de Caro Quintero	Río (15 m)	57	86,0	0,29	25	44,5%	32
Calle La Mora	Río (10 m)	209	971,9	0,03	25	11,8%	184
Colonia Cruz 1/Colonia Cruz 2	Río (10 m)	211	68,1	0,31	21	10,1%	190
Cristo Rey	Río (10 m)	64	30,4	0,06	2	3,0%	62
El Mirador	Río (10 m)	45	36,5	0,05	2	4,2%	43
El Muro	Río (10 m)	82	136,6	0,18	25	30,8%	57
El Nisperal - El Bodocal	Río (15 m y 50 m)	93	39,6	0,72	29	30,7%	64
El Plantel	Río (10 m)	22	88,7	0,04	4	16,1%	18
El Porvenir	Río (15 m)	11	46,5	0,03	2	14,6%	9
El Sapo Triste - Pueblo Nuevo	Río (10 m)	163	139,6	0,00	0	0,3%	162
Gracias a Dios	Río (10 m)	92	87,9	0,07	6	7,0%	86
Jardines Universitarios II	Río (10 m)	500	173,5	0,48	83	16,6%	417
Juan José Alvarado	Río (50 m)	129	766,7	0,00	0	0,0%	129
La Arboleda	Río (15 m y 10 m)	86	86,9	0,29	25	29,6%	61
La Carpio	Río (10 m)	4473	82,8	0,54	45	1,0%	4428
La Cascabela o Pueblo Alegre	Río (15 m)	150	83,0	0,08	7	4,4%	143
La Cuenca Oeste/Villa Paola	Río (10 m)	749	110,0	0,62	68	9,0%	681
La Esperanza/Las Brisas de Rossiter Carballo	Río (10 m)	269	842,8	0,03	25	9,1%	244
La Frontera	Río (10 m)	369	189,9	0,61	115	31,2%	254

Cuadro A 15. Listado de asentamientos informales en invasión de zonas de protección de cuerpos de agua (cont.)

<i>Nombre</i>	<i>Zona protegida invadida</i>	<i>Viviendas ocupadas</i>	<i>Viviendas/ha</i>	<i>*Área en invasión (ha)</i>	<i>Viviendas invadiendo</i>	<i>Porcentaje viviendas en invasión</i>	<i>Viviendas no invadiendo</i>
La Lima - Ciudadela Nancy Tatiana - La Isla	Río (10 m)	36	68,5	0,13	9	25,3%	27
La Lucha	Río (10 m)	239	413,0	0,03	14	5,7%	225
La vuelta de la Milpa-La cuenca de los negritos	Río (10 m)	250	3982,6	0,02	72	28,6%	178
Las Lomas	Río (15 m)	591	388,3	0,15	57	9,7%	534
Las Palmas	Río (10 m)	518	165,7	0,07	12	2,4%	506
Las Violetas	Río (10 m)	179	32,8	0,21	7	3,8%	172
Línea del Tren	Río (10 m)	169	243,0	0,17	40	23,9%	129
Loma Linda/Santa Lucía	Río (50 m)	330	230,5	0,64	147	44,7%	183
Los Guido-Sector 6	Río (10 m)	635	96,9	0,78	76	11,9%	559
Lotes Peralta	Río (10 m)	157	70,9	0,62	44	27,8%	113
Manolo Rodríguez II Los Cangrejos	Río (10 m)	247	928,3	0,01	7	2,97%	240
Metrópolis I - Precario Tarzán	Río (10 m)	148	217,8	0,18	39	26,3%	109
Metrópolis III - Sector C/Unidos Pro-Vivienda	Río (10 m)	641	398,0	0,28	111	17,4%	530
Nueva Esperanza de Pavas	Río (10 m)	170	178,7	0,27	48	28,1%	122
Palacios Universitarios	Río (10 m)	117	94,3	0,10	9	8,0%	108
Pinos del Este	Río (10 m)	77	44,7	0,03	2	2,0%	75
Quebrada El Fierro	Río (10 m)	169	67,1	0,39	26	15,5%	143
San Diego - Entrada al Monte	Río (10 m)	141	312,8	0,10	31	21,9%	110
San Martín	Río (10 m)	276	87,7	0,33	29	10,6%	247
San Martín II	Río (10 m)	333	68,9	0,13	9	2,7%	324
San Miguel - El alto de los nicas	Río (15 m)	124	104,0	0,19	20	16,2%	104
Santa Gertrudis - Santa Fe-Diques Sur	Río (10 m)	173	198,6	0,60	119	68,8%	54
Santa Teresita 1 y 2	Río (10 m)	378	153,4	0,11	17	4,4%	361
Triángulo de Solidaridad II	Río (10 m)	393	160,2	0,19	31	7,8%	362
Urbanización El Futuro	Río (10 m)	386	102,1	0,46	47	12,3%	339
Urbanización Europa	Río (15 m)	578	173,6	0,05	8	1,4%	570
Urbanización Los Cipreses	Río (10 m)	439	61,3	0,14	9	2,0%	430

Nota: *Unidad de área utilizada en referencias bibliográficas como Plan GAM 2013 y PRUGAM

Cuadro A 16. Listado de asentamientos informales en zonas de amenaza de inundación y deslizamiento

<i>Nombre</i>	<i>Zona amenaza</i>	<i>Viviendas ocupadas</i>	<i>Viviendas/ha</i>	<i>*Área en amenaza (ha)</i>	<i>Viviendas en amenaza</i>	<i>Porcentaje viviendas en amenaza</i>	<i>Viviendas sin amenaza</i>
11 de abril - El Pochote	Inundación	483	130,8	0,7	89	18,4%	394
15 de agosto	Inundación	315	186,9	0,0	9	2,7%	306
Bajo Los Ledezma - Barrio El Jardín - La Amistad	Inundación	138	475,2	0,2	85	61,7%	53
Bajos Hatillo 5 - Las Gavetas	Inundación	190	332,2	0,6	189	99,7%	1
Barracones de Luna Park	Inundación	141	624,5	0,2	137	97,8%	3
Barrio Fátima/Barrio La Esperanza - Los Diques	Inundación	85	71,6	0,1	5	5,6%	80
Barrio La Cruz de Cartago-Diques Sur	Inundación	198	83,8	0,0	3	1,6%	195
Barrio La Mora-Diques Sur	Inundación	90	61,5	1,2	76	84,0%	14

Cuadro A 16. Listado de asentamientos informales en zonas de amenaza de inundación y deslizamiento (cont.)

<i>Nombre</i>	<i>Zona amenaza</i>	<i>Viviendas ocupadas</i>	<i>Viviendas/ha</i>	<i>*Área en amenaza (ha)</i>	<i>Viviendas en amenaza</i>	<i>Porcentaje viviendas en amenaza</i>	<i>Viviendas sin amenaza</i>
Barrio La Unión/San Francisco de Asís - Diques Sur	Inundación	410	153,6	0,7	112	27,4%	298
Barrio María Auxiliadora-Diques Norte/Barrio Nuevo-Diques Norte	Inundación	248	65,8	3,5	231	93,1%	17
Barrio Nazareth	Inundación	58	15,8	0,8	13	22,5%	45
Barrio Nuevo de Zapote	Inundación	352	170,7	0,1	24	6,9%	328
Benjamín Núñez	Inundación	75	65,8	1,0	63	83,9%	12
Colonia Cruz 1/Colonia Cruz 2	Inundación	190	68,1	0,3	21	11,0%	169
Condominio Cipreses - Gloria Bejarano	Deslizamiento	174	314,0	0,3	86	49,4%	88
El Mirador	Inundación	43	36,5	0,1	3	8,2%	40
El Muro	Inundación	57	136,6	0,1	11	18,5%	46
El Sapo Triste - Pueblo Nuevo	Deslizamiento	162	139,6	0,9	126	77,8%	36
Garabito	Inundación	336	408,3	0,0	17	4,9%	319
Gracias a Dios	Inundación	86	87,9	0,1	5	5,5%	81
Guadalupe - Los Diques Sur	Inundación	460	539,3	0,5	277	60,1%	183
Hogar Propio	Inundación	74	121,6	0,1	11	15,2%	63
La Carpio	Inundación	4428	82,8	2,6	213	4,8%	4215
La Cuenca Este	Inundación	404	361,6	0,2	88	21,8%	316
La Cuenca Oeste/Villa Paola	Inundación	681	110,0	0,8	87	12,7%	594
La Deportiva	Deslizamiento	27	109,5	0,0	3	9,5%	24
La Esperanza/Las Brisas de Rossiter Carballo	Inundación	244	842,8	0,1	84	34,1%	160
La Lima - Ciudadela Nancy Tatiana - La Isla	Inundación	27	68,5	0,4	27	100,0%	0
La Quebrada - Calle Los Mangos	Inundación	254	69,5	0,0	1	0,4%	253
La Unión-Tibás	Inundación	132	117,1	0,2	26	19,6%	106
Linda Vista - Loma Gobierno/Pueblo Nuevo	Deslizamiento	175	55,8	3,1	175	100,0%	0
Loma Linda/Santa Lucía	Deslizamiento	183	230,5	0,5	120	65,6%	63
Los Ángeles	Inundación	145	244,4	0,6	145	100,0%	0
Lotes Peralta	Inundación	113	70,9	1	71	63,7%	42
Miraflores - Higuérón Diques Norte	Inundación	170	201,9	0,0	4	2,6%	166
Miravalles 1/Miravalles 2	Inundación	84	13,2	0,0	0	0,0%	84
Nuevos Horizontes	Inundación	68	409,3	0,2	65	95,7%	3
Palacios Universitarios	Inundación	108	94,3	0,5	46	42,5%	62
Pinos del Este	Inundación	75	44,7	0,2	8	11,0%	67
Quebrada El Fierro	Inundación	143	67,1	2,0	132	92,5%	11
San Diego - Entrada al Monte	Inundación	110	312,8	0,3	89	81,1%	21
Santa Cecilia	Inundación	37	136,2	0,1	15	40,6%	22
Santa Fe o Corazón de Jesús	Deslizamiento	220	298,3	0,7	220	100%	0

Cuadro A 16. Listado de asentamientos informales en zonas de amenaza de inundación y deslizamiento (cont.)

<i>Nombre</i>	<i>Zona amenaza</i>	<i>Viviendas ocupadas</i>	<i>Viviendas/ha</i>	<i>*Área en amenaza (ha)</i>	<i>Viviendas en amenaza</i>	<i>Porcentaje viviendas en amenaza</i>	<i>Viviendas sin amenaza</i>
Santa Gertrudis - Santa Fe-Diques Sur	Inundación	41	198,6	0,1	29	72,4%	11
Santa Teresita 1 y 2	Inundación	290	153,4	0,0	6	2,0%	284
Santa TeresitaDN/Linda VistaDN/Sagrado Corazón de JesúsDiques Norte/Santa ElenaDiques Norte	Inundación	80	49,4	0,9	42	52,8%	38
Triángulo de Solidaridad II	Inundación	362	160,2	0,0	0	0,0%	362

Nota: *Unidad de área utilizada en referencias bibliográficas como Plan GAM 2013 y PRUGAM

Cuadro A 17. Listado de asentamientos informales con cobertura a sistemas de alcantarillado sanitario existente en la GAM

<i>N°</i>	<i>Nombre</i>	<i>*Área (ha)</i>	<i>Viviendas ocupadas</i>	<i>Viviendas/ha</i>	<i>Provincia</i>	<i>Cantón</i>	<i>Distrito</i>
1	11 de abril - El Pochote	3,0	394	130,8	San José	San José	Hospital
2	11 de abril - Los Molinos	0,2	89	371,8	Alajuela	Alajuela	Alajuela
3	15 de agosto	1,6	306	186,9	San José	Curridabat	Tirrases
4	25 de diciembre - Los Higueros/El Guindo - Valle Esperanza de Vida-Managüita/La Cabaña	3,8	407	106,7	San José	Desamparados	Patarrá
5	Aserradero Vargas - San Gabriel	0,2	20	115,7	San José	Tibás	Cinco Esquinas
6	Asprovicruz	0,1	89	681,6	San José	San José	Hatillo
7	Bajo Las Gavetas	0,4	315	757,8	San José	Alajuelita	San Felipe
8	Bajo Los Ledezma - Barrio El Jardín - La Amistad	0,1	53	475,2	San José	San José	La Uruca
9	Bajo Manolo Rodríguez	0,1	26	270,7	San José	Tibás	Cinco Esquinas
10	Barrio El Carmen	0,5	47	101,5	San José	Coronado	San Isidro
11	Barrio Las Gardenias	0,4	115	310,2	San José	Desamparados	Patarrá
12	Barrio Los Álamos/Progreso Humano	0,5	302	551,7	San José	San José	Merced
13	Barrio Nuevo de Zapote	1,9	328	170,7	San José	San José	Zapote
14	Barrio San Judas Tadeo	0,7	68	97,8	San José	Tibás	San Juan Tibás
15	Barrio Sinaí	4,1	645	159,1	San José	Montes de Oca	San Rafael
16	Benjamín Núñez	0,2	12	65,8	San José	Desamparados	Patarrá
17	Calderón Fournier	0,3	150	449,3	San José	San José	San Sebastián
18	Calle La Mora	0,2	184	971,9	San José	Montes de Oca	Sabanilla
19	Colonia Cruz 1/Colonia Cruz 2	2,5	169	68,1	San José	Curridabat	Tirrases
20	Condominio Cipreses - Gloria Bejarano	0,3	88	314,0	San José	San José	Merced
21	El Bambú	0,7	496	733,4	Alajuela	Alajuela	Alajuela
22	El Erizo	1,5	530	350,3	Alajuela	Alajuela	Desamparados
23	El Mirador	1,1	40	36,5	San José	Curridabat	Tirrases
24	El Muro	0,3	46	136,6	San José	Alajuelita	Concepcion
25	El Plantel	0,2	18	88,7	San José	Tibás	Cinco Esquinas
26	El Play	0,3	87	290,9	San José	San José	San Sebastián
27	El Porvenir	0,199	9	46,5	Alajuela	Alajuela	San José
28	Garabito	0,8	319	408,3	San José	Tibás	León XIII
29	Gloria Bejarano - Barrio San José	2,5	634	256,1	San José	Curridabat	Curridabat
30	Gracias a Dios	0,9	81	87,9	San José	San José	San Sebastián
31	Hacia el Siglo XXI	1,5	132	90,3	San José	Tibás	León XIII
32	Higueros	0,6	311	565,3	Alajuela	Alajuela	Alajuela
33	Hogar Propio	0,5	63	121,6	San José	San José	Hatillo

Cuadro A 17. Listado de asentamientos informales con cobertura a sistemas de alcantarillado sanitario existente en la GAM (cont.)

<i>N°</i>	<i>Nombre</i>	<i>*Área (ha)</i>	<i>Viviendas ocupadas</i>	<i>Viviendas/ha</i>	<i>Provincia</i>	<i>Cantón</i>	<i>Distrito</i>
34	Juan José Alvarado	0,2	129	766,7	San José	Tibás	San Juan de Tibás
35	Juan Pablo II	1,0	49	50,2	San José	Alajuelita	Alajuelita
36	La Cuenca Oeste/Villa Paola	5,4	594	110,0	Heredia	Heredia	San Francisco
37	La Deportiva	0,2	24	109,5	San José	Alajuelita	Alajuelita
38	La Esperanza I	0,4	24	60,1	San José	Tibás	León XIII
39	La Lucha	0,5	225	413,0	San José	Goicoechea	Ipís
40	La Manolos - Bajo Cuesta Colima	0,1	84	906,2	San José	Tibás	Cinco Esquinas
41	La Quebrada - Calle Los Mangos	3,7	253	69,5	San José	Escazú	San Rafael
42	La Trocha	0,7	221	337,7	Alajuela	Alajuela	San Antonio
43	La Unión-Tibás	1,1	106	117,1	San José	Tibás	León XIII
44	Las 85/Precario Cervil	0,5	51	105,5	San José	Goicoechea	Ipís
45	Las Amelias	1,6	341	212,7	San José	Goicoechea	Ipís
46	Las Mandarinas	2,1	50	23,3	San José	Desamparados	Patarrá
47	Las Palmas	3,1	506	165,7	San José	Desamparados	Patarrá
48	Las Violetas	5,2	172	32,8	San José	Alajuelita	San Felipe
49	Llano de la Gloria	1,6	182	116,7	San José	Curridabat	Tirrases
50	Los Guido - Sector 8	3,6	43	11,8	San José	Desamparados	Los Guido
51	Los Guido-Sector 1	7,1	355	49,7	San José	Desamparados	Los Guido
52	Los Guido-Sector 6	5,8	559	96,9	San José	Desamparados	Los Guido
53	Los Heredianos	1,6	207	131,8	Heredia	Heredia	San Francisco
54	Manolo Rodríguez II Los Cangrejos	0,3	240	928,3	San José	Tibás	Cinco Esquinas
55	Margarita Penón de Arias 2 - Colochos - Carpintera	1,2	129	108,5	San José	Goicoechea	Ipís
56	Miravalles 1/Miravalles 2	6,4	84	13,2	San José	Curridabat	Tirrases
57	Monseñor Arrieta - Barrio La Amistad	0,7	112	163,3	San José	San José	San Sebastián
58	Palacios Universitarios	0,7	62	94,3	Heredia	Heredia	San Francisco
59	Pasos Verdes del Este	1,2	92	78,1	San José	Goicoechea	Ipís
60	Pinos del Este	1,5	67	44,7	San José	Curridabat	Tirrases
61	Ponderosa 1/Ciudadela El Higerón	2,0	352	180,7	San José	Curridabat	Tirrases
62	Ponderosa 2	2,5	157	63,2	San José	Curridabat	Tirrases
63	Ponderosa 3	1,2	23	19,4	San José	Curridabat	Tirrases
64	Precario Tres o Nuevo Amanecer	1,0	547	537,3	San José	Alajuelita	San Felipe
65	Premio Nobel de la Paz	0,6	56	101,4	San José	San José	Hospital
66	Primero de Mayo	2,5	779	314,9	San José	Desamparados	San Juan de Dios
67	Ranchos INA	0,0	92	1961,9	San José	San José	San Sebastián
68	Rebeca Gryspan - Precario Norte A-B	2,1	499	238,6	San José	Tibás	León XIII
69	San Diego - Entrada al Monte	0,1	21	312,8	Cartago	La Unión	San Diego
70	San Gerónimo	0,9	161	188,5	San José	Tibás	San Juan Tibás
71	San Martín II	4,7	324	68,9	San José	Coronado	San Isidro
72	Santa Cecilia	0,2	22	136,2	San José	Curridabat	Tirrases
73	Santa Teresita 1 y 2	1,9	284	153,4	San José	Curridabat	Tirrases
74	Sector 7	7,5	550	73,7	San José	Desamparados	Los Guido
75	Sin nombre-La Ladrillera	0,1	88	818,6	San José	San José	La Uruca
76	Triángulo de Solidaridad II	2,3	362	160,2	San José	Tibás	Llorente
77	Umará 2	1,3	178	138,6	San José	San José	San Sebastián
78	Urbanización Europa	3,3	570	173,6	San José	Curridabat	Granadilla
79	Urbanización Los Cipreses	7,0	430	61,3	San José	Coronado	Patalillo
80	Valle del Sol	0,3	28	100,8	San José	Curridabat	Tirrases
81	Vendedores ambulantes	3,2	737	228,1	San José	Alajuelita	San Felipe

Nota: *Unidad de área utilizada en referencias bibliográficas como Plan GAM 2013 y PRUGAM

Cuadro A 18. Lista de asentamientos informales con parte de sus áreas con pendientes mayores a 30%

<i>Nombre</i>	<i>Viviendas ocupadas</i>	<i>Viviendas/ha</i>	<i>*Área con más de 30% de pendiente (ha)</i>	<i>Viviendas en pendientes mayores a 30%</i>	<i>% viviendas en pendientes mayores a 30%</i>	<i>Viviendas restantes</i>
11 de abril - El Pochote	394	130,8	0,7	87	22,1%	307
25 de diciembre - Los Higueros/El Guindo - Valle Esperanza de Vida-Managüita/La Cabaña	407	106,7	0,7	76	18,7%	331
Bajo Las Gavetas	315	757,8	0,3	202	64,2%	113
Bajo Los Ledezma - Barrio El Jardín - La Amistad	53	475,2	0,0	5	8,9%	48
Barrio El Carmen	47	101,5	0,1	8	17,3%	39
Barrio Los Álamos/Progreso Humano	302	551,7	0,0	0	0,0%	302
Barrio Nuevo de Zapote	328	170,7	0,9	151	46,2%	177
Barrio San Judas Tadeo	68	97,8	0,1	11	15,9%	57
Barrio Sinaí	645	159,1	0,6	94	14,6%	551
Benjamín Núñez	12	65,8	0,0	0	0,1%	12
Condominio Cipreses - Gloria Bejarano	88	314,0	0,0	0	0,5%	88
El Erizo	530	350,3	0,3	115	21,7%	415
El Plantel	18	88,7	0,0	3	16,6%	15
El Porvenir	9	46,5	0,0	0	3,1%	9
Garabito	319	408,3	0,2	101	31,6%	219
Gracias a Dios	81	87,9	0,6	50	61,1%	31
Hacia el Siglo XXI	132	90,3	0,0	3	2,4%	129
Hogar Propio	63	121,6	0,0	5	7,7%	58
Juan José Alvarado	129	766,7	0,1	76	59,2%	53
Juan Pablo II	49	50,2	0,3	13	26,4%	36
La Cuenca Oeste/Villa Paola	595	110,0	0,5	55	9,3%	540
La Esperanza I	24	60,1	0,0	2	7,6%	22
La Lucha	225	413,0	0,2	73	32,2%	153
La Quebrada - Calle Los Mangos	253	69,5	1,6	114	44,9%	139
Las 85/Precario Cervil	51	105,5	0,1	12	23,2%	39
La Unión-Tibás	106	117,1	0,2	27	25,7%	79
Las Amelias	341	212,7	0,5	114	33,3%	227
Las Mandarinas	50	23,3	0,3	8	15,3%	42
Las Palmas	506	165,7	0,9	147	29,0%	359
Las Violetas	172	32,8	0,1	2	1,1%	170
Los Guido - Sector 8	43	11,8	1,7	21	47,7%	22
Los Guido-Sector 1	355	49,7	0,3	13	3,8%	342
Los Guido-Sector 6	559	96,9	0,4	41	7,3%	518
Manolo Rodríguez II Los Cangrejos	240	928,3	0,2	199	83,1%	41
Margarita Penón de Arias 2 - Colochos - Carpintera	129	108,5	0,3	32	25,0%	97
Miravalles 1/Miravalles 2	84	13,2	0,6	8	9,1%	76
Palacios Universitarios	62	94,3	0,0	0	0,2%	62
Pinos del Este	67	44,7	0,0	1	0,8%	66
Ponderosa 1/Ciudadela El Higuero	352	180,7	0,4	80	22,7%	272

Cuadro A 18. Lista de asentamientos informales con parte de sus áreas con pendientes mayores a 30% (cont.)

<i>Nombre</i>	<i>Viviendas ocupadas</i>	<i>Viviendas/ha</i>	<i>*Área con más de 30% de pendiente (ha)</i>	<i>Viviendas en pendientes mayores a 30%</i>	<i>% viviendas en pendientes mayores a 30%</i>	<i>Viviendas restantes</i>
Ponderosa 2	157	63,2	0,1	5	3,4%	152
Ponderosa 3	23	19,4	0,5	9	40,1%	14
Precario Tres o Nuevo Amanecer	547	537,3	0,3	165	30,1%	382
Primero de Mayo	779	314,9	0,0	8	1,0%	771
Rebeca Gryspan - Precario Norte A-B	499	238,6	0,4	85	17,1%	414
San Gerónimo	161	188,5	0,6	107	66,3%	54
San Martín II	324	68,9	0,0	2	0,5%	322
Santa Teresita 1 y 2	284	153,4	0,1	10	3,6%	274
Sector 7	550	73,7	0,9	69	12,6%	481
Sin nombre-La Ladrillera	88	818,6	0,0	4	4,1%	84
Urbanización Europa	570	173,6	0,2	33	5,8%	537

Nota: *Unidad de área utilizada en referencias bibliográficas como Plan GAM 2013 y PRUGAM

Cuadro A 19. Porcentaje de viviendas con tubería de agua potable dentro de ellas en cada asentamiento informal

<i>Nombre</i>	<i>Porcentaje viviendas con tubería de agua dentro de la vivienda</i>
11 de abril - El Pochote	99,6%
11 de abril - Los Molinos	92,1%
15 de agosto	100%
25 de diciembre - Los Higueros/El Guindo - Valle Esperanza de Vida-Managuita/La Cabaña	99,3%
Aserradero Vargas - San Gabriel	100%
Asprovicruz	100%
Bajo Las Gavetas	97,4%
Bajo Los Ledezma - Barrio El Jardín - La Amistad	98,6%
Bajo Manolo Rodríguez	100%
Barrio El Carmen	100%
Barrio Las Gardenias	100%
Barrio Los Álamos/Progreso Humano	96,4%
Barrio Nuevo de Zapote	95%
Barrio San Judas Tadeo	98,5%
Barrio Sinaí	99,1%
Benjamín Núñez	98,9%
Calderón Fournier	94,7%
Calle La Mora	100%
Colonia Cruz 1/Colonia Cruz 2	100%
Condominio Cipreses - Gloria Bejarano	92,5%
El Bambú	99,8%
El Erizo	94,9%
El Mirador	100%
El Muro	97,6%
El Plantel	100%
El Play	100%
El Porvenir	100%
Garabito	98,2%
Gloria Bejarano - Barrio San José	98,1%
Gracias a Dios	91,3%
Hacia el Siglo XXI	97,8%
Higueros	99,7%
Hogar Propio	100%
Juan José Alvarado	100%
Juan Pablo II	100%
La Cuenca Oeste/Villa Paola	98,4%
La Deportiva	100%

Cuadro A 19. Porcentaje de viviendas con tubería de agua potable dentro de ellas en cada asentamiento informal

<i>Nombre</i>	<i>Porcentaje viviendas con tubería de agua dentro de la vivienda</i>
La Esperanza I	100%
La Lucha	100%
La Manolos - Bajo Cuesta Colima	100%
La Quebrada - Calle Los Mangos	99,6%
La Trocha	100%
La Unión-Tibás	97,7%
Las 85/Precario Cervil	100%
Las Amelias	99,4%
Las Mandarinas	100%
Las Palmas	96,1%
Las Violetas	98,5%
Llano de la Gloria	97%
Los Guido - Sector 8	100%
Los Guido-Sector 1	100%
Los Guido-Sector 6	99,8%
Los Heredianos	100%
Manolo Rodríguez II Los Cangrejos	100%
Margarita Penón de Arias 2 - Colochos - Carpintera	100%
Miravalles 1/Miravalles 2	100%
Monseñor Arrieta - Barrio La Amistad	97,3%
Palacios Universitarios	100%
Pasos Verdes del Este	100%
Pinos del Este	100%
Ponderosa 1/Ciudadela El Higuierón	97,6%
Ponderosa 2	100%
Ponderosa 3	100%
Precario Tres o Nuevo Amanecer	99,1%
Premio Nobel de la Paz	100%
Primero de Mayo	98,8%
Ranchos INA	98,9%
Rebeca Gryspan - Precario Norte A-B	98,7%
San Diego - Entrada al Monte	91,5%
San Gerónimo	100%
San Martín II	99,1%
Santa Cecilia	100%
Santa Teresita 1 y 2	87%
Sector 7	99,1%
Sin nombre-La Ladrillera	100%
Triángulo de Solidaridad II	99,5%
Umará 2	99,4%
Urbanización Europa	99,5%
Urbanización Los Cipreses	99,8%
Valle del Sol	100%
Vendedores ambulantes	95,5%

Fuente: INEC, 2013

Cuadro A 20. Cantidad estimada de viviendas tipo tugurio por asentamiento informal

Prioridad	Nombre	% viviendas tipo tugurio	Viviendas ocupadas	Viviendas tipo tugurio
1	Gloria Bejarano - Barrio San José	0,0%	634	0
2	Urbanización Los Cipreses	0,0%	430	0
3	11 de abril - El Pochote	0,0%	307	0
4	15 de agosto	0,0%	306	0
5	Colonia Cruz 1/Colonia Cruz 2	0,0%	169	0
6	Hacia el Siglo XXI	0,0%	129	0
7	Barrio Las Gardenias	0,0%	115	0

Cuadro A 20. Cantidad estimada de viviendas tipo tugurio por asentamiento informal (cont.)

Prioridad	Nombre	% viviendas tipo tugurio	Viviendas ocupadas	Viviendas tipo tugurio
8	Pasos Verdes del Este	0,0%	92	0
9	El Play	0,0%	87	0
10	La Manolos - Bajo Cuesta Colima	0,0%	84	0
11	Miravalles 1/Miravalles 2	0,0%	76	0
12	Pinos del Este	0,0%	66	0
13	Hogar Propio	0,0%	58	0
14	Barrio San Judas Tadeo	0,0%	57	0
15	San Gerónimo	0,6%	54	0
16	Las Mandarinas	0,0%	42	0
17	El Mirador	0,0%	40	0
18	Barrio El Carmen	0,0%	39	0
19	Valle del Sol	0,0%	28	0
20	Bajo Manolo Rodríguez	0,0%	26	0
21	La Deportiva	0,0%	24	0
22	Los Guido - Sector 8	0,0%	22	0
23	Santa Cecilia	1,6%	22	0
24	San Diego - Entrada al Monte	1,2%	21	0
25	Aserradero Vargas - San Gabriel	0,0%	20	0
26	El Plantel	0,0%	15	0
27	Ponderosa 3	0,0%	14	0
28	Benjamín Núñez	1,9%	12	0
29	El Porvenir	0,6%	9	0
30	Ponderosa 1/Ciudadela El Higuérón	0,3%	272	1
31	Llano de la Gloria	0,8%	182	1
32	Ponderosa 2	0,6%	151	1
33	Monseñor Arrieta - Barrio La Amistad	0,9%	112	1
34	Condominio Cipreses - Gloria Bejarano	1,7%	88	1
35	Sin nombre-La Ladrillera	1,1%	84	1
36	Manolo Rodríguez II Los Cangrejos	1,6%	48	1
37	Bajo Los Ledezma - Barrio El Jardín - La Amistad	2,8%	48	1
38	Juan Pablo II	2,0%	36	1
39	Los Guido-Sector 1	0,5%	342	2
40	Umará 2	1,1%	178	2
41	La Quebrada - Calle Los Mangos	1,3%	139	2
42	Juan José Alvarado	3,0%	53	2
43	La Esperanza I	8,7%	22	2
44	Los Guido-Sector 6	0,6%	518	3
45	El Bambú	0,6%	496	3
46	La Trocha	1,3%	221	3
47	La Lucha	2,0%	153	3
48	Palacios Universitarios	5,4%	62	3
49	Calle La Mora	2,3%	184	4
50	Bajo Las Gavetas	3,7%	113	4
51	11 de abril - Los Molinos	4,4%	89	4
52	Las 85/Precario Cervil	10,9%	39	4
53	Urbanización Europa	1,0%	537	5
54	El Muro	11,6%	46	5
55	Gracias a Dios	16,2%	31	5
56	Barrio Sinaí	1,0%	551	6
57	San Martín II	2,0%	322	6

Cuadro A 20. Cantidad estimada de viviendas tipo tugurio por asentamiento informal (cont.)

Prioridad	Nombre	% viviendas tipo tugurio	Viviendas ocupadas	Viviendas tipo tugurio
58	Asprovicruz	6,7%	89	6
59	Las Amelias	3,6%	227	8
60	Los Heredianos	4,3%	207	9
61	Ranchos INA	9,5%	92	9
62	Calderón Fournier	7,2%	150	11
63	Premio Nobel de la Paz	19,6%	56	11
64	Triángulo de Solidaridad II	3,8%	362	14
65	El Erizo	3,6%	415	15
66	Santa Teresita 1 y 2	6,1%	274	17
67	Barrio Los Álamos/Progreso Humano	6,3%	302	19
68	Sector 7	4,4%	481	21
69	Garabito	10,1%	219	22
70	Precario Tres o Nuevo Amanecer	6,3%	382	24
71	Higuerones	7,8%	311	24
72	Margarita Penón de Arias 2 - Colochos - Carpintera	25,5%	97	25
73	La Unión-Tibás	39,6%	79	31
74	Primero de Mayo	4,3%	771	33
75	Barrio Nuevo de Zapote	18,9%	176	33
76	25 de diciembre - Los Higuerones/El Guindo - Valle Esperanza de Vida-Managüita/La Cabaña	12,3%	331	41
77	Rebeca Gryspan - Precario Norte A-B	14,7%	414	61
78	Las Palmas	19,9%	359	71
79	Las Violetas	56,5%	170	96
80	La Cuenca Oeste/Villa Paola	18,0%	539	97
81	Vendedores ambulantes	34,5%	737	254

Fuente: INEC, 2013

Anexo 2. Zonificación en el distrito de Curridabat y Tirrases según Plan Regulador de Curridabat

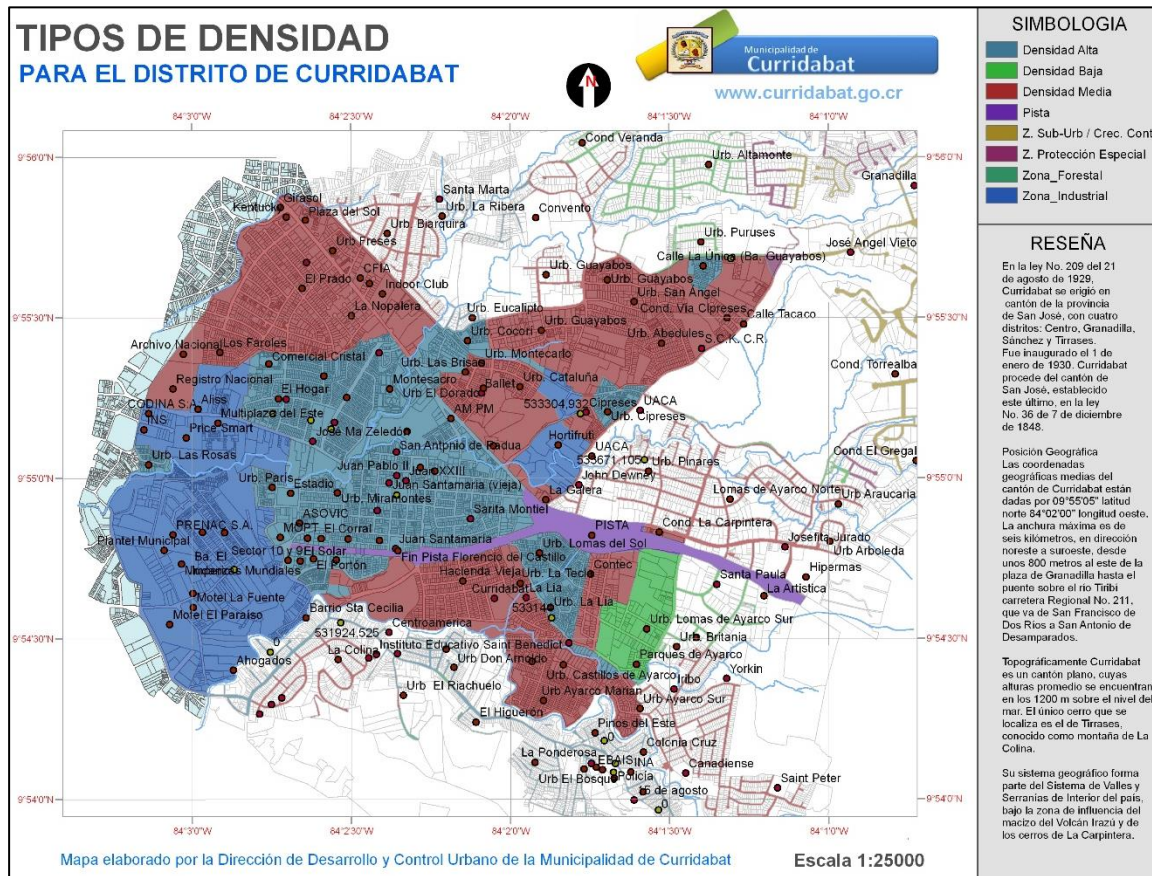


Figura A 12. Zonificación en distrito de Curridabat

Fuente: Municipalidad de Curridabat, 1993

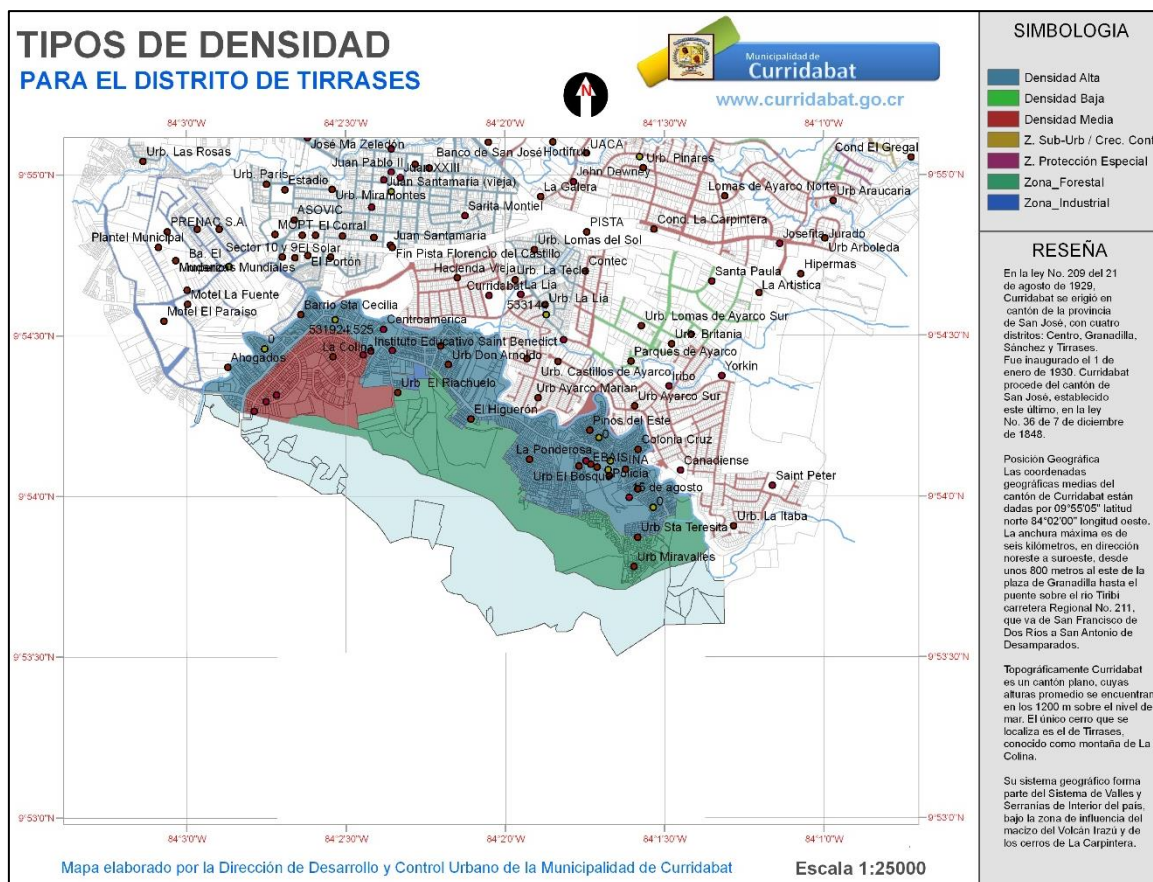


Figura A 13. Zonificación en distrito de Tirrases

Fuente: Municipalidad de Curridabat, 1993

Anexo 3. Procedimiento del levantamiento de imágenes aérea por dron en los asentamientos informales de Barrio San José y Miravalles

El levantamiento de imágenes por medio de un dron consiste en que el dron realice un vuelo a 120 m de altura, donde hace un barrido en cuadrícula sobre el área designada tomando fotografías cada 5 s. En la Figura A 14 y en la Figura A 15 se presenta la ruta de vuelo configurada por el M.Sc. Ramón Masís y el M.Sc. Melvin Lizano en la aplicación Pix4D para Barrio San José y para Miravalles respectivamente. También puede notarse en ambas figuras información extra, como el tiempo aproximado de vuelo y el largo y ancho del área rectangular a cubrir. El tiempo de vuelo de ambos es de 19 minutos; para Barrio San José el largo es de 558 m y el ancho es de 230 m lo que resulta en un área de vuelo total de 128 340 m² (12,8

ha); en Miravalles el largo es de 416 m y el ancho de 336 m por lo que el área de vuelo es de 139 776 m² (14 ha).



Figura A 14. Configuración de vuelo de dron sobre Barrio San José

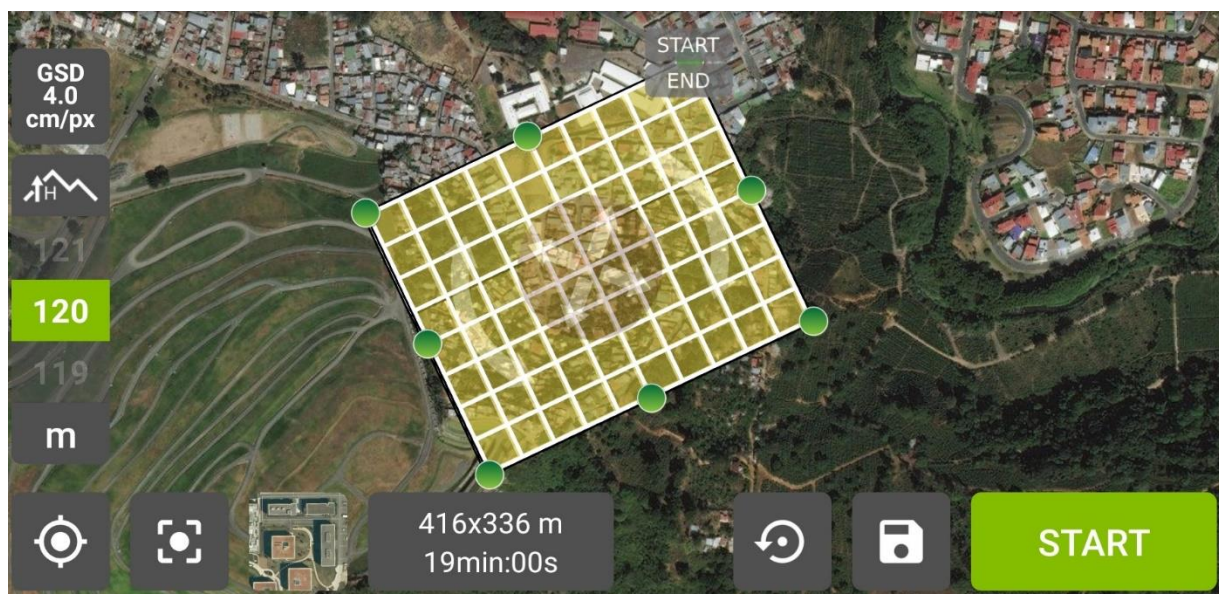


Figura A 15. Configuración de vuelo de dron sobre Miravalles

Después del vuelo (o también puede hacerse antes del vuelo) se marcan y se levantan las coordenadas de los Puntos de control terrestre (PCT), los cuales son objetos o marcas hechas en el terreno de un tamaño o forma tal que puedan ser visibles por las imágenes tomadas por

el dron, ya que, en esos puntos se toman las coordenadas geográficas correspondientes que logran una alta precisión en la orientación y procesamiento de las imágenes aéreas. Es necesario tomar al menos 4 PCTs y que estos estén lo más distribuidos posibles en el área de vuelo (DroneDeploy, 2017). En la Figura A 16 se presenta una marca realizada en una calle en Barrio San José y el momento en que se levantan las coordenadas en uno de estos PCTs de Barrio San José.



Figura A 16. A. Marca hecha en calzada de asfalto que determina un PCT. B. Levantamiento de coordenadas en PCT

El equipo utilizado por los profesionales de la Escuela de Geografía son un dron DJI Mavic Pro, un Trimble Geo 7x y la Estación GNSS (siglas en inglés para Sistema Global de Navegación por Satélite) que consiste en una antena Trimble Tornado. En la Figura A 17 se aprecian estos equipos.



Figura A 17. A. Antena Trimble Tornado y colector de datos Trimble Geo 7X. B. Detalle del colector de datos Trimble Geo 7X. C. Dron DJI Mavic Pro

Fuente: Trimble, 2019

Aparte de obtener un MED, el procesamiento de las imágenes también genera un modelo digital de superficie (MDS), el cual tiene en consideración la altura de los edificios, y una imagen aérea de cada asentamiento informal con un detalle tal que cada píxel mide 4 cm de lado (0,0016 m²).

Anexo 4. Fichas técnicas de tuberías



FT Tubería TDP (ASTM F 949)

Descripción

Tubos corrugados doble pared para sistemas de alcantarillado.

Presentación

- Tubería PVC
- Diámetros de 100 mm (4") a 1050 mm (42")
- Campana integrada y empaque de hule
- Norma de referencia ASTM F 949

Aplicaciones y consideraciones básicas

- Colectores pluviales.
- Colectores sanitarios.
- Drenajes por infiltración.
- Pasos de carreteras.
- Sistemas a baja presión interna hasta 17.5 mca.
- Conducciones varias por gravedad y sustitución de canales abiertos.
- Viga ductos para conducción de cableado subterráneo.

Norma de producto


- Norma ASTM F 949.

Características generales

- Fácil instalación.
- Químicamente inerte.
- No produce olores ni sabores.
- Libres de plomo.
- Resistente a abrasión, rayado y punzonamiento.
- Externamente corrugada e internamente lisa.
- Rigidez anular de 46 PSI.

Especificaciones tubería PVC ASTM F 949

Diámetro nominal (mm)	Diámetro nominal (in)	Diámetro externo promedio (mm)	Diámetro interno promedio (mm)	Tw (mm)
100	4	109,22±0,23	100,33±0,28	0,56
150	6	163,06±0,28	150,08±0,38	0,64
200	8	218,44±0,30	200,17±0,46	0,89
250	10	273,96±0,38	250,08±0,23	1,14
300	12	324,99±0,46	297,56±0,71	1,47
375	15	397,71±0,58	364,18±0,89	1,96
450	18	486,48±0,71	445,82±1,07	2,13
600	24	649,73±0,99	596,11±1,45	2,79
750	30	816,61±1,50	748,51±2,06	3,30
900	36	983,99±2,01	901,07±2,67	3,81
1050	42	1163,3±2,36	1054,1±3,23	4,06

Tubería TDP F 949

Última revisión: Abril, 2015

HABLEMOS.



FT Accesorios PVC Sanitario Pared Gruesa

Descripción

Accesorios inyectados de PVC sanitario para sistemas de drenaje, alcantarillado y ventilación.

Presentación

- Accesorios inyectados PVC en color gris y blanco.
- Diámetros de 1½ a 6 pulgadas.
- Norma de referencia ASTM D2665.

Aplicaciones y consideraciones básicas

- Este producto es utilizado solamente para la distribución de aguas sanitarias, aguas de lluvia y para ventilación.
- No es apto para la distribución de agua a presión, ni gases o aire comprimido.

Normas de producto

- Norma ASTM D 2665.

Características generales

- Fácil instalación.
- Químicamente inerte.
- No produce olores ni sabores.
- Libres de plomo.
- Apariencia uniforme.

Especificaciones accesorios PVC ASTM D 2665

Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno de boca en la entrada (mm)	Diámetro interno de boca en el fondo (mm)	Longitud de campana (mm)	Espesor de campana mínimo (mm)
31	42,54±0,25/-0,13	42,04±0,13	17,44	3,96
38	48,64±0,25/-0,13	48,11±0,15	17,44	3,96
50	60,71±0,25/-0,13	60,17±0,15	19,05	3,96
75	89,41±0,25/-0,13	88,70±0,20	38,10	5,56
100	114,8±0,25/-0,13	114,1±0,23	44,45	6,35
150	168,8±0,38/-0,25	168,0±0,28	76,20	7,14



Acc. PVC Sanitario Pared Gruesa

PT CORR®
Alcantarillado Pluvial
Tubería Corrugado PEAD
Doble Pared



PT Corr® tubería de Polietileno de Alta Densidad Corrugado de PTM® está certificada de conformidad y manufacturada según la Norma Oficial Mexicana: **NCMT-3/05/10** "Tubos Corrugados de Polietileno Alta Densidad."

La tubería PT Corr® está disponible de 100 a 1500 mm (4" a 60") de diámetro.

El anillo de la tubería PT Corr® está en cumplimiento con la Norma Oficial Mexicana: **NMX-T-021-SCFI-2014** "Industria huleira - Anillos de hule empleados como empaque en los sistemas de tuberías - Especificaciones y métodos de ensayo."

CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS

CAPACIDAD DE FLUJO

La tubería de Polietileno de Alta Densidad Corrugado de **PTM® PT Corr®** se conserva lisa tras años de servicio, por lo que prácticamente no pierde capacidad de conducción.

RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

PEAD es uno de los plásticos más químicamente inerte, por lo tanto con mayor resistencia a ataques químicos y a la corrosión. La tubería de PEAD Corrugado, soporta los efectos corrosivos del suelo o de aguas negras con un rango de PH desde muy ácido hasta muy alcalino.

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

La tubería de PEAD Corrugado es mucho más resistente a la abrasión en comparación a la de Concreto Reforzado y a la de Metal Corrugado. La estructura molecular y la ductilidad del PEAD Corrugado, resultan en excelente resistencia a la abrasión, abolladuras y raspones.

MATERIA PRIMA

La tubería **PT Corr®** exclusiva de **PTM®** es fabricada con materia prima 100% virgen.

CORRUGACIÓN DOBLE CORONA

El exterior corrugado doble corona de **PT Corr®** proporciona mayor rigidez; la tubería soporta cargas vivas H-25 desde una profundidad mínima de 30 cm. para diámetros de 4" a 48" y de 60 cm. para diámetro de 60".

MAYOR HERMETICIDAD

El sistema de diseño de junta hermética y campana reforzada doble pared de **PT Corr®** proporciona una hermeticidad insuperable por cualquier otro fabricante en México de tubería corrugada de Polietileno de Alta Densidad.

FACILIDAD DE INSTALACIÓN

La tubería de Polietileno de Alta Densidad Corrugado es ligera en peso, lo que conlleva a su facilidad de instalación.

CONTROL DE CALIDAD

La tubería de **PTM®** es probada de conformidad con las Normas correspondientes en laboratorio acreditado por la EMA (Entidad Mexicana de Acreditación).



Dimensiones en milímetros, excepto donde indica en pulgadas.

DIÁMETRO NOMINAL (DN)		DIÁMETRO MÍNIMO (DI)	DIÁMETRO EXTERIOR MEDIO	ESPESOR DE PARED MÍNIMO (e5)	ESPESOR DE PARED EN EL VALLE (e4)	RIGIDEZ NORMA		RIGIDEZ PTCORR	
pulg	mm	(DI)	mm	(e5) mm	(e4) mm	KPa	psi	KPa	SN
4"	100	100	122	0.6	1.0	460	69	460	8
6"	150	145	176	1.0	1.3	441	64	441	8
8"	200	195	234	1.1	1.5	414	60	419	8
10"	250	245	294	1.5	1.8	400	58	403	8
12"	300	294	366	1.7	2.0	372	54	419	8
15"	375	369	447	2.0	2.4	310	45	332	6
18"	450	450	530	2.2	2.8	297	43	302	6
24"	600	588	707	2.5	3.5	262	38	265	5
30"	750	751	884	2.5	4.3	228	33	240	5
36"	900	902	1058	3.0	4.8	179	26	218	4
42"	1050	1051	1203	3.2	5.0	172	25	173	3
48"	1200	1185	1375	3.5	5.0	152	22	158	3
60"	1500	1501	1692	4.0	5.0	138	20	145	3

EMPRESA
CERTIFICADA
ISO 9001:2008



Tel. (419) 198 8600
Fax (419) 198 4024
corporativo@ptmexico.com
ventas@ptmexico.com

Av. Montes Urales No. 8
Parque Opción Los Nogales
C.P. 37980
San José Iturbide, Gto.

www.ptmexico.com

TABLA A.7: ESPECIFICACIONES PARA TUBERÍA ASTM D-2241

Diámetro Nominal		SDR	Presión trabajo		Largo en metros	Diámetro medio exterior		Espesor mínimo de pared		Diámetro interior medio		Presión ruptura		Peso aprox. p/tubo kg
mm	pulg		psi	kg/cm ²		mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	kg/cm ²	psi	
12	1/2	13,5	315	22,1	6	21,34	0,840	1,57	0,062	18,20	0,716	70,2	1000	0,87
18	3/4	17	250	17,6	6	26,67	1,050	1,57	0,062	23,53	0,926	56,2	800	1,11
25	1	17	250	17,6	6	33,40	1,315	1,96	0,077	29,48	1,161	56,2	800	1,73
31	1 ^{1/4}	17	250	17,6	6	42,16	1,660	2,49	0,098	37,18	1,464	56,2	800	2,75
38	1 ^{1/2}	17	250	17,6	6	48,26	1,900	2,84	0,112	42,58	1,676	56,2	800	3,63
50	2	17	250	17,6	6	60,33	2,375	3,56	0,140	53,21	2,095	56,2	800	5,62
62	2 ^{1/2}	17	250	17,6	6	73,03	2,875	4,29	0,169	54,45	2,537	56,2	800	8,22
75	3	17	250	17,6	6	88,90	3,500	5,23	0,206	78,44	3,88	56,2	800	12,19
100	4	17	250	17,6	6	114,30	4,500	6,73	0,265	100,84	3,970	56,2	800	20,16
150	6	17	250	17,6	6	168,28	6,625	9,91	0,390	148,46	5,845	56,2	800	43,69
200	8	17	250	17,6	6	219,08	8,625	12,90	0,508	193,28	7,609	56,2	800	74,24
25	1	26	160	11,2	6	33,40	1,315	1,52	0,060	30,36	1,195	35,1	510	1,36
31	1 ^{1/4}	26	160	11,2	6	42,16	1,660	1,63	0,064	38,90	1,532	35,1	510	1,84
38	1 ^{1/2}	26	160	11,2	6	48,26	1,900	1,85	0,073	44,56	1,754	35,1	510	2,39
50	2	26	160	11,2	6	60,33	2,375	2,31	0,091	55,71	2,193	35,1	510	3,37
62	2 ^{1/2}	26	160	11,2	6	73,03	2,875	2,79	0,110	67,45	2,655	35,1	510	5,50
75	3	26	160	11,2	6	88,90	3,500	3,43	0,135	82,04	3,230	35,1	510	8,19
100	4	26	160	11,2	6	114,30	4,500	4,39	0,173	105,52	4,154	35,1	510	13,50
150	6	26	160	11,2	6	168,28	6,625	6,48	0,255	155,32	6,115	35,1	510	29,29
200	8	26	160	11,2	6	219,08	8,625	8,43	0,332	202,22	7,961	35,1	510	49,70
250	10	26	160	11,2	6	273,05	10,75	10,49	0,413	252,07	9,924	35,1	510	76,99
300	12	32,5	125	8,8	6	323,85	12,75	12,45	0,490	298,95	11,770	35,1	510	106,30
38	1 ^{1/2}	32,5	125	8,8	6	48,26	1,900	1,52	0,060	45,22	1,780	28,1	400	1,86
50	2	32,5	125	8,8	6	60,33	2,375	1,85	0,073	56,63	2,229	28,1	400	2,90
62	2 ^{1/2}	32,5	125	8,8	6	73,03	2,875	2,24	0,088	68,55	2,699	28,1	400	4,25
75	3	32,5	125	8,8	6	88,90	3,500	2,74	0,108	83,42	3,284	28,1	400	6,58
100	4	32,5	125	8,8	6	114,30	4,500	3,51	0,138	107,28	4,224	28,1	400	10,84
150	6	32,5	125	8,8	6	168,28	6,625	5,18	0,204	157,92	6,217	28,1	400	23,54
200	8	32,5	125	8,8	6	219,08	8,625	6,73	0,265	205,62	8,095	28,1	400	39,94
250	10	32,5	125	8,8	6	273,05	10,75	8,41	0,331	256,23	10,088	28,1	400	62,22
300	12	32,5	125	8,8	6	323,85	12,75	9,96	0,392	303,93	11,966	28,1	400	87,51
75	3	41	100	7,0	6	88,90	3,500	2,16	0,085	84,58	3,330	22,1	315	5,18
100	4	41	100	7,0	6	114,30	4,500	2,79	0,110	108,72	4,280	22,1	315	8,74
150	6	41	100	7,0	6	168,28	6,625	4,11	0,162	160,08	6,303	22,1	315	18,90
200	8	41	100	7,0	6	219,08	8,625	5,33	0,210	208,42	8,205	22,1	315	31,92
250	10	41	100	7,0	6	273,05	10,75	6,65	0,262	259,75	10,226	22,1	315	49,58
300	12	41	100	7,0	6	323,85	12,75	7,90	0,311	308,05	12,128	22,1	315	69,86

Anexo 5. Propuesta de alcantarillado pluvial y zonas verdes en gradas de Miravalles

Lámina M1

