

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO PRELIMINAR DEL ALCANTARILLADO SANITARIO  
PARA LA CIUDAD DE SAN RAMÓN**

**Informe de Trabajo de Graduación para optar por el grado de  
Licenciado en Ingeniería Civil**

**Elaborado por:**

**Roy Méndez Castro**

**2005**

## **DEDICATORIA**

**A los unos y unas,**

**A los otros y otras**

**A ustedes, quienes consultarán, mejorarán y complementarán este proyecto.**

## **AGRADECIMIENTO**

**A mi Dios**

**Miembros del Comité Asesor:**

Director del proyecto: Ing. Luis Manuel Zamora

Asesor: Ing. Saúl Trejos

Asesora: Ileana Aguilar Aguilar

Méndez Castro, Roy

**Diseño preliminar del alcantarillado sanitario para la ciudad de San Ramón.**

Proyecto de graduación – Ingeniería Civil, UCR. San José, Costa Rica.

R. Méndez C., 2005.

119 h, 3 ils. – 23 ref.

El presente proyecto presenta un diseño preliminar de un sistema de alcantarillado sanitario para el núcleo de crecimiento urbano de la ciudad de San Ramón propuesto en el Informe Final del Plan Regulador Urbano y Rural para el cantón de San Ramón.

Para definir el área de estudio, determinar áreas, longitudes de alcantarillados, pendientes, entre otros, y la realización de los mapas, se utilizó el programa ArcView.

En el diseño preliminar, el área se dividió en seis cuencas y doce subcuencas de drenaje respondiendo a la hidrografía del terreno.

El período de diseño es de 25 años. La estimación de población futura al año 2035 dentro del área de estudio se realizó mediante cinco métodos, eligiendo finalmente el método analítico por distritos.

Los parámetros de diseño se tomaron de la normativa, las características y condiciones específicas del proyecto, y con ayuda de hojas de cálculo programadas se realizó el diseño del sistema de alcantarillado sanitario (colectores) procurando aprovechar al máximo el transporte de aguas residuales por gravedad.

Únicamente en dos subcuencas y en el punto más bajo donde llegan la totalidad de las aguas (previo a la planta de tratamiento), fue necesario implementar sistemas de bombeo. El diseño de los sistemas de bombeo se realizó con ayuda del programa ESP-PLUS.

Se realizó una priorización de obras por etapas brindando una secuencia para la ejecución de las obras, y de esta manera distribuir la inversión. Además se estimaron los costos constructivos aproximados basándose en los que proporcionó la empresa Geotécnica para el diseño del alcantarillado sanitario de la ciudad de San Ramón. Finalmente se determinó el costo aproximado de cada etapa constructiva. R.M.C

**AGUAS RESIDUALES; ALCANTARILLADO SANITARIO; ANÁLISIS DEMOGRÁFICO; COSTOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO; PARÁMETROS DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO; SAN RAMÓN DE ALAJUELA.**

Ing. Luis Manuel Zamora  
Escuela de Ingeniería Civil

## GLOSARIO

**Apartamentos:** Grupos habitacionales en una misma finca en uno o varios niveles con dueño común, se pueden compartir accesos, parqueos entre otros.

**Área de efectiva:** Sección de cada distrito que se encuentra dentro del área de estudio

**Condominios:** Es un conjunto de diferentes edificaciones construidas en una misma finca y pueden pertenecer a propietarios diferentes. Se cuenta con áreas comunes como: pasillos, parqueo, accesos, entre otros, de las cuales pueden hacer uso cada una de las personas que habiten en el condominio.

**Confluencia:** Llegada de dos o más caudales secundarios a uno principal.

**Cota batea:** Elevación a la que se encuentra la parte inferior del tubo

**Cota clave:** Elevación a la que se encuentra la parte superior del tubo

**Imbornales:** Sistemas para transportar las aguas de lluvia a las alcantarillas.

**Línea de impulsión:** Tubería a presión que transporta el agua elevada por bombeo.

**Línea de disposición:** Tubería que transporta el agua desde la planta de tratamiento hasta el cuerpo receptor, comúnmente un río.

**Población efectiva:** Población ubicada dentro del área de estudio.

**Propuestas viales:** Conjunto de calles y caminos propuestos en el plan regulador para mejorar la red vial de la ciudad de San Ramón

**Rasante:** Superficie del terreno.

**Razón de población:** Es el resultado del cociente de población efectiva entre población total.

**Sifón invertido:** Instalación complementaria en sistemas de alcantarillados para superar adversidades topográficas, como paso en depresiones o lechos de ríos.

**Urbanización:** Fraccionamiento y habilitación de un terreno para fines urbanos, mediante la apertura de calles y provisión de servicios. Es un conjunto de propiedades con una ubicación estratégica, donde se pretende una buena distribución, lotes regulares, accesos adecuados, y se garantizan los servicios básicos de luz, agua y teléfono, alcantarillados y otros.

**Vivienda individual:** Conocida también como vivienda unifamiliar, no comparte servicios

**Vivienda colectiva:** Sistemas de apartamentos o condominios dedicados a uso residencial.

## **SIMBOLOGIA**

CCP: Centro Centroamericano de la Población

ICAA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

IGN: Instituto Geográfico Nacional

ITECR: Instituto Tecnológico Costarricense

MIDEPLAN: Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica

MINSA: Ministerio de Salud.

ProDUS: Programa de Desarrollo Urbano Sostenible

PRSR: Plan Regulador de San Ramón.

UCR: Universidad de Costa Rica

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
1.1	Planteamiento del problema.....	7
1.2	Justificación del tema de investigación .....	9
1.3	Objetivos.....	11
1.3.1	Objetivo General .....	11
1.3.2	Objetivos específicos.....	11
1.4	Alcances y limitaciones.....	12
1.4.1	Alcances .....	12
1.4.2	Limitaciones .....	12
1.4.3	Esquema metodológico .....	13
<b>2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>15</b>
2.1	Características físicas.....	15
2.1.1	Localización y ubicación .....	15
2.1.2	Topografía.....	16
2.1.3	Hidrografía .....	20
2.2	Uso del suelo.....	20
2.3	Estructura habitacional.....	27
2.4	Sistema actual de disposición de aguas residuales .....	31
2.5	Cuencas y subcuencas de drenaje.....	32
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS DEMOGRÁFICO .....</b>	<b>37</b>
3.1	Proyección poblacional.....	37
3.1.1	Proyección poblacional del cantón de San Ramón y distritos que conforman el área de estudio .....	37
3.1.2	Análisis de sensibilidad .....	40
3.1.3	Proyección poblacional dentro del área de estudio .....	41
3.1.3.1	Método aritmético (lineal) .....	43
3.1.3.2	Geométrico (exponencial) .....	46
3.1.3.3	Método analítico.....	47
3.2	Análisis de resultados.....	52
<b>4</b>	<b>PARÁMETROS DE DISEÑO .....</b>	<b>57</b>



4.1	Periodo de diseño.....	57
4.2	Cobertura.....	57
4.3	Población de Diseño.....	58
4.4	Coficiente de Retorno: .....	58
4.5	Dotación domiciliar:.....	58
4.6	Áreas de influencia y aporte residual:.....	59
4.7	Diámetro Mínimo .....	59
4.8	Factor de rugosidad “n” de Manning.....	60
4.9	Distancia entre pozos de registro.....	60
4.10	Ubicación de las tuberías.....	60
4.11	Recubrimiento .....	60
4.12	Número de Froude .....	60
4.13	Material.....	60
4.14	Velocidad máxima y mínima.....	60
4.15	Caudal de diseño.....	61
4.15.1	Caudal medio diario domiciliar.....	61
4.15.2	Caudal no domiciliar.....	61
4.15.3	Caudal medio diario de aguas residuales.....	61
4.15.4	Caudal máximo horario de aguas residuales.....	61
4.15.5	Caudales de Infiltración.....	62
4.15.6	Conexiones erradas .....	62
4.15.7	Caudal de diseño.....	62
4.16	Resumen de parámetros de diseño hidráulico.....	63
<b>5</b>	<b>DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO.....</b>	<b>65</b>
5.1	Elementos que constituyen un sistema de alcantarillado sanitario.....	65
5.1.1	Tipos de alcantarillas .....	65
5.1.2	Instalaciones complementarias.....	65
5.2	Descripción de un proyecto de alcantarillado sanitario.....	67
5.3	Metodología de diseño del sistema de alcantarillado sanitario .....	69
5.3.1	Generalidades.....	69
5.3.2	Distribución de nodos.....	69

5.3.3	Colectores y subcolectores .....	70
5.3.4	Distribución de áreas .....	70
5.3.5	Ejemplo de cálculo .....	71
<b>5.4</b>	<b>Resumen de diseño.....</b>	<b>78</b>
<b>5.5</b>	<b>Diseño de estaciones de bombeo .....</b>	<b>93</b>
<b>5.6</b>	<b>Etapas constructivas y priorización de obras .....</b>	<b>95</b>
<b>5.7</b>	<b>Estimación de costos constructivos.....</b>	<b>99</b>
5.7.1	Tuberías .....	99
5.7.2	Pozos .....	101
5.7.3	Estaciones de bombeo .....	101
5.7.4	Resumen .....	103
<b>5.8</b>	<b>Planta de tratamiento.....</b>	<b>104</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>107</b>
6.1	Conclusiones .....	107
6.2	Recomendaciones.....	110
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>112</b>
7.1	Entrevistas .....	112
7.2	Libros.....	112
7.3	Tesis.....	113

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Área tributaria (m <sup>2</sup> ) de lotes de acuerdo con el número de dormitorios y a la existencia de alcantarillado sanitario.....	9
Tabla 2.1 Distritos del cantón de San Ramón.....	15
Tabla 2.2 Uso del suelo en el cantón de San Ramón .....	22
Tabla 2.3: Uso del suelo en el área de estudio.....	24
Tabla 2.4 Urbanizaciones .....	29
Tabla 3.1: Población según censos nacionales y proyección mediante curvas de mejor ajuste para el cantón de San Ramón y distritos que conforman el área de estudio .....	37
Tabla 3.2: Población según diferentes niveles de densidad .....	41
Tabla 3.3: Extrapolación de la población, método lineal.....	43
Tabla 3.4: Extrapolación de población, método geométrico .....	47
Tabla 3.5 Proyección de población usando aportes del cantón y distritos al área de estudio, según segmentos censales y características de crecimiento.....	49
Tabla 3.6 Resultados de la extrapolación de población .....	53
Tabla 4.1 Consumos reales y demandas estimadas en algunos acueductos del país.....	59
Tabla 4.2 Parámetros diseño para redes y colectores .....	63
Tabla 5.1: Tipos de alcantarillas en una red de alcantarillado. ....	66
Tabla 5.2: Relaciones hidráulicas en conductos circulares.....	77
Tabla 5.3: Principales resultados del diseño.....	78
Tabla 5.4: Resumen de diseño de colectores y subcolectores.....	80
Tabla 5.5: Características de los sistemas de bombeo .....	94
Tabla 5.6: Pozos de succión de las estaciones de bombeo.....	94
Tabla 5.7: Costos de la tubería de la red.....	100
Tabla 5.8: Cantidad y costo de pozos por cuenca.....	101
Tabla 5.9: Costos del equipo de bombeo y las instalaciones electromecánicas por metro de carga ..	102
Tabla 5.10: Costo por metro lineal de la tubería de impulsión .....	102
Tabla 5.11: Información general de las condiciones de las estaciones de bombeo; costo estimado..	103
Tabla 5.12: Resumen de costos directos .....	103
Tabla 5.13: Distribución porcentual por tamaño de diámetros.....	104

## INDICE DE FIGURAS

Figura 5.1: Representación esquemática de los diversos tipos de alcantarillas en una red de alcantarillado .....	66
Figura 5.2: Ejemplo de secuencia en las etiquetas de tuberías. ....	70
Figura 5.3: Áreas de aporte para colectores y subcolectores. a) Colectores b) Colectores y áreas de aporte.....	70

## INDICE DE MAPAS

Mapa 2.1: Ubicación del cantón de San Ramón, con recuadro del núcleo de desarrollo urbano propuesto en el Plan Regulador.....	17
Mapa 2.2: Área de estudio definida a partir del núcleo de desarrollo urbano.....	18
Mapa 2.3: Modelo de elevación digital de la zona de estudio.....	19
Mapa 2.4: Uso del suelo en el área de estudio .....	23
Mapa 2.5: Zonificación del uso del suelo para el área de estudio y su periferia.....	26
Mapa 2.6: Urbanizaciones dentro del área de estudio .....	30
Mapa 2.7: Cuencas hidrográficas en la zona de estudio .....	34
Mapa 3.1: Distritos que conforman el área de estudio.....	39
Mapa 3.2: Segmentos censales del año 1984, dentro del área de estudio.....	44
Mapa 3.3: Segmentos censales del año 2000, dentro del área de estudio.....	45
Mapa 5.1: Cuencas para el diseño del alcantarillado sanitario .....	79
Mapa 5.2: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca A1.....	81
Mapa 5.3: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca A2.....	82
Mapa 5.4: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca B.....	83
Mapa 5.5: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca C.....	84
Mapa 5.6: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca D1 .....	85
Mapa 5.7: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca D2.....	86

Mapa 5.8: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca D3.....87  
Mapa 5.9: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca D4.....88  
Mapa 5.10: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca E .....89  
Mapa 5.11: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca F.....90  
Mapa 5.12: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca K1.....91  
Mapa 5.13: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca K2.....92

# **1 Introducción**

## **1.1 Planteamiento del problema**

La ciudad de San Ramón está conformada principalmente por el distrito central del cantón segundo de la provincia de Alajuela, cabecera de cantón, ubicada a 60 kilómetros de San José carretera a Puntarenas en un punto estratégico que sirve de acceso a diferentes poblados, como San Carlos, Zarcero, Arenal, y otros pueblos reconocidos por su importancia turística.

El distrito de San Ramón ha tenido un desarrollo urbano importante en los últimos años, lo que ha provocado que el distrito de San Juan absorba parte del crecimiento urbano del distrito central.

El Plan Regulador de San Ramón (PRSR) (en proceso de aprobación), propone para la ciudad de San Ramón, un núcleo de crecimiento urbano con la intención de concentrar a la población y a las inversiones en infraestructura básica, proteger las zonas agrícolas, entre otras. El núcleo propuesto está constituido principalmente por el distrito central y parte de San Juan: por la tendencia de crecimiento hacia el norte, adecuada distribución topográfica de la zona, facilidad de acceso a los servicios públicos y privados, y para un mayor aprovechamiento de la infraestructura existente. Además del distrito central y el de San Juan el núcleo de desarrollo propuesto está conformado en proporciones menores de área por los distritos de Ángeles, Piedades Norte, Alfaro, Santiago, San Rafael y San Isidro.

El PRSR propone la construcción de nuevas vías primarias y secundarias en la zona mencionada, para garantizar un desarrollo planificado y organizado; estas propuestas viales se tomarán en cuenta al distribuir la ubicación de los colectores y subcolectores del alcantarillado sanitario.

En el núcleo de crecimiento urbano, el principal sistema de disposición de aguas residuales es una zona de infiltración pasando primero por un tanque sedimentador (tanque séptico) en cada residencia, comercio, etc. El tanque séptico junto con el drenaje, requieren un área considerable (dependiendo de la capacidad de absorción del suelo existente) respecto al tamaño total del lote, esta área si se diseña el tanque y la zona de absorción con la metodología tradicional no puede ser aprovechada para construcción, solo para zonas verdes y recreación pasiva, disminuyendo el aprovechamiento del terreno; en los casos que se requiera aprovechar el área sobre el tanque de sedimentación y la zona de absorción debe realizarse el diseño para esa situación específica.

La Municipalidad de San Ramón y el Ministerio de Salud (MINSA) están interesados en que se realice la construcción del alcantarillado sanitario, principalmente por el problema de las descargas directas a la Quebrada Estero, entre otras que atraviesan la ciudad, además por el surgimiento de nuevos proyectos de urbanización dentro del área de estudio con contribuciones importantes de agua residual.

El alcantarillado sanitario recolecta y transporta las aguas residuales desde cada fuente hasta la planta de tratamiento, para luego realizar la adecuada disposición al cuerpo receptor, con esto se reduce la contaminación de los ríos y la presencia de vectores causantes de enfermedades, además se protegen las aguas subterráneas de la posible contaminación que causa el agua residual al filtrar desde el área de drenaje hasta los estratos inferiores del perfil de suelo.

Para la ciudad de San Ramón existe un diseño de alcantarillado sanitario elaborado por GEOTECNICA (Empresa Brasileña contratada por ICAA en 1997), pero a la fecha no se ha construido. San Juan, no cuenta con un diseño para el alcantarillado sanitario. Se sabe que para el adecuado desarrollo social y económico de una población es de suma importancia contar con un alcantarillado sanitario.

Por esto surge la necesidad de diseñar el alcantarillado sanitario para el núcleo de crecimiento urbano completo que permitirá lograr mayor densidad al establecer lotes de menor tamaño como se muestra en la tabla, pues no se requiere espacio para el tanque sedimentador, ni para la zona de absorción.

Para desarrollar el proyecto, primero se analiza el diseño elaborado por Geotécnica tomando en cuenta las nuevas condiciones, a saber, mayor población, aumento del porcentaje de cobertura de área, construcción de nuevas calles (posibilita una nueva distribución de colectores y subcolectores), entre otras.

Una vez analizado el diseño de Geotécnica para la ciudad de San Ramón, se realizará el diseño preliminar para toda la zona de estudio (incluyendo el distrito central, parte de San Juan y otros distritos), y obtener de esta manera una solución global al problema.

**Tabla 1.1 Área tributaria (m<sup>2</sup>) de lotes de acuerdo con el número de dormitorios y a la existencia de alcantarillado sanitario.**

Ubicación del lote	Nº de dormitorios	Alcantarillado Sanitario	
		No	Si
Urbanización tradicional	3	150	96
	2	135	80
	1	120	65
Conjunto habitacional	3	120	60
	2	105	45
	1	90	30

Fuente: Código Urbano y de construcciones, 2003.

En la tabla anterior se muestra el área permitida para los lotes en urbanización o en conjunto habitacional bajo la condición de existencia o no de alcantarillado sanitario según el Código Urbano y de construcciones, se puede observar que cuando se cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario el área mínima de los lotes disminuye considerablemente, permitiendo una densidad habitacional mayor.

De igual manera el PRSR en el “Reglamento para el control de fraccionamientos y urbanizaciones” establece lotes con áreas mínimas de 120 metros cuadrados cuando el sistema de tratamiento es el tanque séptico con zona de absorción, en el caso de conjuntos habitacionales permite lotes con áreas mínimas de 90 metros cuadrados. Cuando se cuenta con planta de tratamiento o redes de alcantarillado sanitario el área mínima es de 80 metros cuadrados.

## **1.2 Justificación del tema de investigación**

El desarrollo de una ciudad no se da de manera completa si esta no cuenta con un abastecimiento de agua potable y alcantarillado pluvial y sanitario adecuados, por esta razón el aportar los conocimientos de ingeniería adquiridos para la realización del diseño del alcantarillado sanitario en la zona de estudio, colabora con el desarrollo de la comunidad.

Un alcantarillado sanitario está conformado por colectores, subcolectores e instalaciones complementarias (sin incluir planta de tratamiento), recolecta y transporta las aguas residuales hasta la planta de tratamiento, para luego realizar la adecuada disposición al cuerpo receptor cumpliendo con la normativa nacional, gracias al alcantarillado sanitario es posible un aumento considerable en el



porcentaje de área de construcción, posibilita lotes de menor tamaño, disminuye la contaminación por disposiciones ilegales, de esta forma se reduce la contaminación de los ríos y la presencia de vectores causantes de enfermedades. Además el alcantarillado sanitario protege las aguas subterráneas de la posible contaminación que causa el agua residual al filtrar desde el área de drenaje hasta los estratos inferiores del perfil de suelo.

El funcionamiento del tanque séptico y de la zona de absorción presenta problemas cuando no han sido diseñados de manera correcta o no se realiza el mantenimiento periódico que estos requieren. Para realizar un buen diseño y dar un adecuado mantenimiento se puede consultar el manual “Tanques Sépticos: Conceptos teóricos base y aplicaciones” publicado por el Instituto Tecnológico Costarricense (ITCR).

Se debe tomar en cuenta que muchos constructores, tanto ingenieros como maestros de obra, no diseñan el tanque séptico y drenaje basándose en los lineamientos, normas, ni pruebas establecidas. Esto se evidencia en el mal funcionamiento, dando como resultado periodos limpieza muy cortos y generación excesiva de malos olores.

En el caso específico de San Ramón el 92.3% de las viviendas utilizan este sistema, según los ciudadanos, no presentan graves problemas de funcionamiento, a pesar de que el 31.70% ha tenido problemas en su operación. (Geotécnica, 1997).

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Diseñar el alcantarillado sanitario para el núcleo de crecimiento urbano de la ciudad de San Ramón propuesto en el Informe Final Plan Regulador Urbano y Rural para el cantón de San Ramón.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Realizar un estudio de crecimiento poblacional en la zona de estudio.
- Revisar y analizar la propuesta de diseño de alcantarillado sanitario para el núcleo de la ciudad.
- Diseñar el alcantarillado sanitario según la normativa nacional, para su construcción por etapas priorizando inversiones.
- Elaborar un presupuesto del proyecto de construcción del alcantarillado sanitario.

## **1.4 Alcances y limitaciones**

### **1.4.1 Alcances**

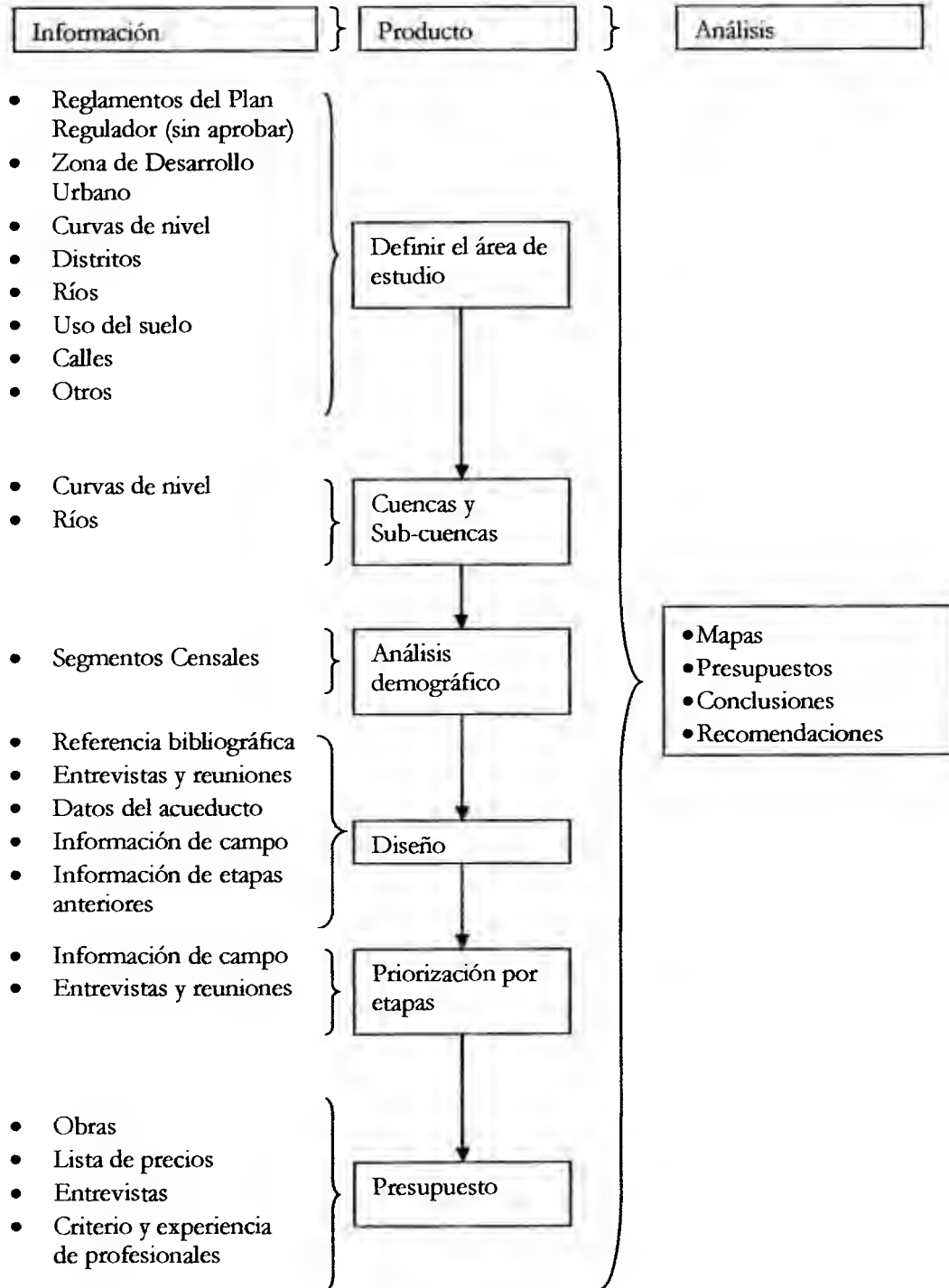
- El estudio se realizará en el área de estudio definido a partir del núcleo de crecimiento urbano de la ciudad de San Ramón sugerido en la propuesta de PRSR (ver mapa 2.1).
- El diseño se realizará para un horizonte de 30 años a partir del año 2005.
- Diseño de la red de alcantarillado con nivel de detalle hasta colectores principales y subcolectores.
- El diseño considera aguas residuales que cumplen con los parámetros de descarga a la red de alcantarillado sanitario establecidos en la normativa nacional.
- No se realizarán estudios detallados hidrológicos, geomorfológicos, geológicos ni de suelos, por lo que se tomarán como base los realizados por Geotécnica y otros informes con los que se disponga.

### **1.4.2 Limitaciones**

- No se cuenta con curvas de nivel cada metro, por lo que se utilizarán curvas de nivel cada cinco metros (IGN 1:10000).
- La disponibilidad de información referente a la infiltración del suelo de la zona de estudio, es la de los estudios de las urbanizaciones que posee la Municipalidad y el ICAA.
- No se diseñará la planta de tratamiento, pero sí se propondrá un sitio para su ubicación.

### 1.4.3 Esquema metodológico

A continuación se muestra el esquema metodológico seguido para la realización del proyecto





## 2 Descripción de la zona de estudio

### 2.1 Características físicas

#### 2.1.1 Localización y ubicación

La ciudad de San Ramón está conformada principalmente por el distrito Central y el distrito de San Juan. Limita al este con el cauce del Río Grande, al oeste con los cerros que se inician en ese sector, al norte con el distrito Volio y parte del distrito de San Juan; al sur con la Carretera Bernardo Soto. Las coordenadas geográficas son: 229000-231000 N y 484000-486000 E, 10° 13' 13" Latitud Norte, 84° 35' 20" Longitud Oeste; Hoja San Ramón 3346-III-11; escala 1:10000 (IGN). La elevación media del Distrito Central es de 1057 m.s.n.m.

En el Mapa 2.1 *Ubicación del cantón de San Ramón, con recuadro del núcleo de desarrollo urbano propuesto en el Plan Regulador* se presenta el cantón de San Ramón y sus cantones vecinos junto con un recuadro del núcleo de desarrollo urbano propuesto en el plan regulador.

El Cantón de San Ramón tiene un área total de 1024.33 km<sup>2</sup>, posee 13 distritos distribuidos como se muestra en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Distritos del cantón de San Ramón**

Distrito	Nombre	Área (km <sup>2</sup> )
1	San Ramón	1,27
2	Santiago	61,20
3	San Juan	5,13
4	Piedades Norte	47,25
5	Piedades Sur	116,40
6	San Rafael	30,84
7	San Isidro	8,65
8	Ángeles	391,74
9	Alfaro	17,94
10	Volio	20,52
11	Concepción	9,54
12	Zapotal	67,40
13	Peñas Blancas	246,47
Área total del Cantón		1024,33

Fuente: Mapas IGN escala 1:50000,  
ProDUS

Para definir el área de estudio se tomó como base el núcleo de desarrollo urbano propuesto en el Plan Regulador de San Ramón (PRSR) (en proceso de aprobación) que se observa en el Mapa 2.1.

Para determinar el núcleo de desarrollo urbano se tomaron en cuenta varios aspectos como la pendiente en porcentaje, protección de ríos y quebradas según legislación, zona de crecimiento actual, problemas de inundación en la Quebrada Estero, entre otras.

Para la delimitación del área de estudio del proyecto de alcantarillado se tomó como base el núcleo de desarrollo urbano; a esta propuesta se le realizaron algunas modificaciones a su límite (borde) lo que ocasionó una disminución de tamaño para:

- Aprovechar al máximo la posibilidad de realizar la conducción de las aguas residuales por gravedad.
- Hacer coincidir su límite con el de las cuencas y subcuencas de las principales quebradas que pasan el núcleo de desarrollo urbano.

Tomando en cuenta estos aspectos, finalmente se obtuvo la zona de estudio como se muestra en el Mapa 2.2: *Área de estudio definida a partir del núcleo de desarrollo urbano propuesto en el plan regulador.*

El área de estudio se encuentra ubicada en la Cuenca del Río Grande, cuyos principales afluentes son: la Quebrada Estero, la Quebrada Gata y la Quebrada Caballero, que atraviesan la ciudad. El área comprende parte de los distritos: Alfaro, Santiago, San Juan, Piedades Norte, Ángeles, San Rafael y San Isidro, así como el distrito completo de San Ramón.

### **2.1.2 Topografía**

En el Cantón de San Ramón se presentan dos tipos de relieve:

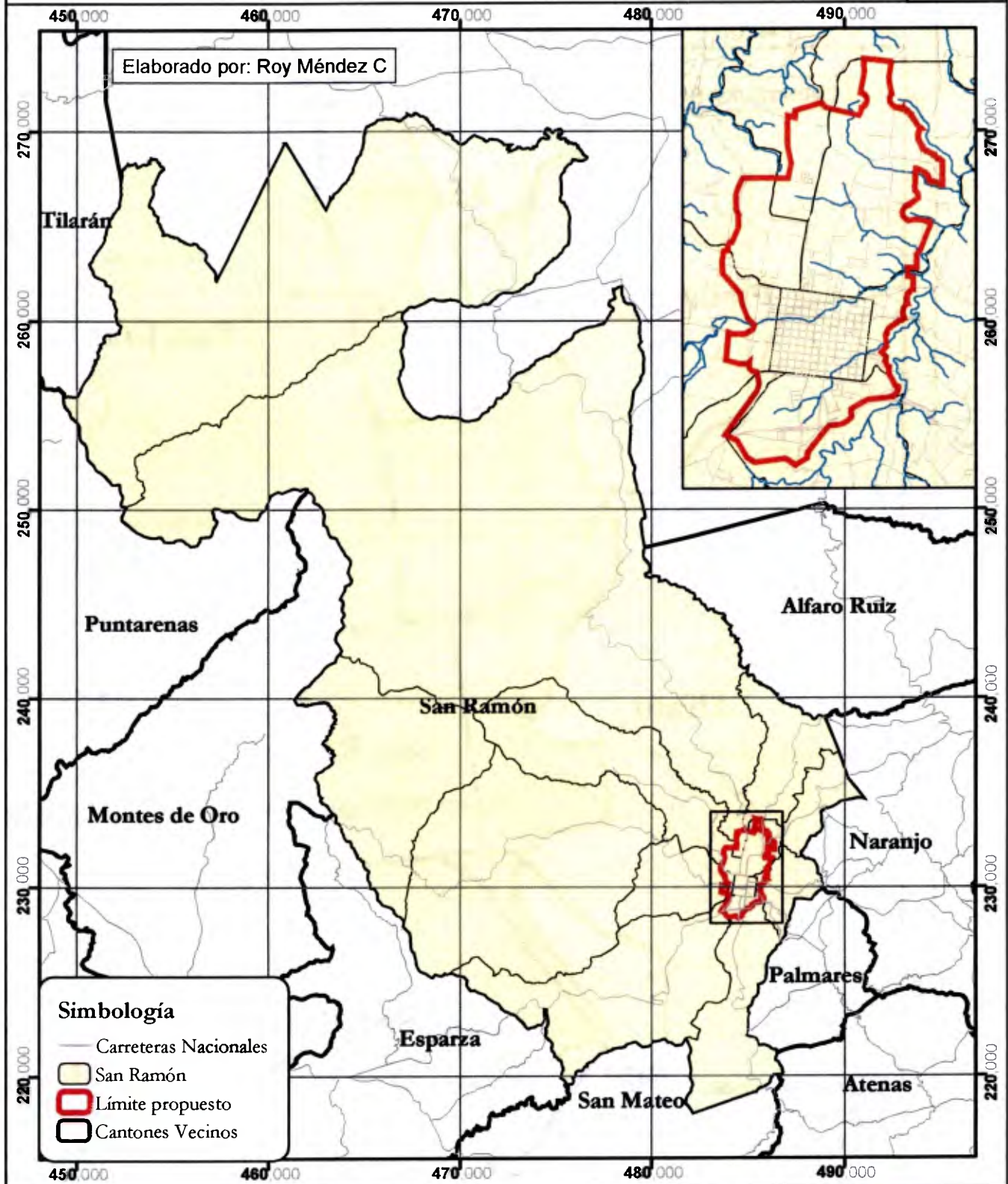
*Relieve fuerte:* ubicado alrededor de Palmares y San Ramón; formado por materiales del Grupo Aguacate. Las alturas máximas se ubican entre los 1250 y los 1300 msnm.

*Relieve suave:* se localiza en la parte baja, aproximadamente entre los 950 y 1050 msnm. Está formado por materiales lacustres y piroclásticos, cortados por los ríos y quebradas.

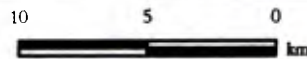
La Ciudad de San Ramón se localiza en esta zona caracterizada también por algunas fallas geológicas y deslizamientos.

Según se muestra en el mapa 2.3 *Modelo de elevación digital de la zona de estudio*, dentro del casco urbano, la topografía es relativamente plana a excepción de los sectores denominados Cachera, Bajo Cucú y Bajo Ladrillera que presentan topografía accidentada con pendientes en dirección al Río Grande. Los sectores ubicados al oeste presentan una fila de promontorios que definen los límites de expansión en esta dirección. El Río Grande conforma el límite geográfico natural para la expansión urbana en los costados este y sur.

Mapa 2.1: Ubicación del cantón de San Ramón con recuadro del núcleo de desarrollo urbano propuesto en el Plan Regulador

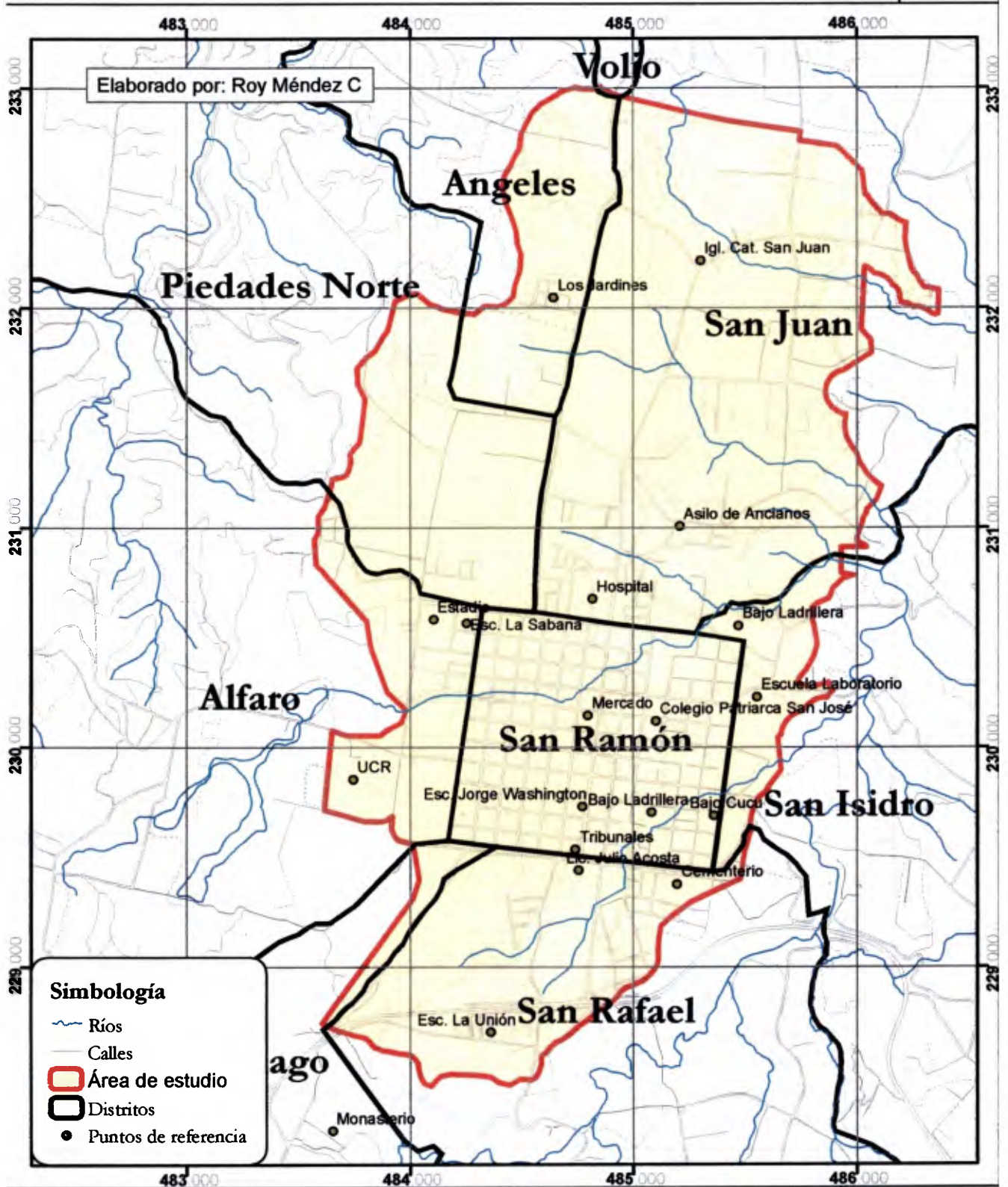


Fuente: Mapas IGN escalas 1:50000, 1:10000, 1980-1990; ProDUS.

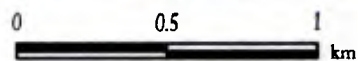




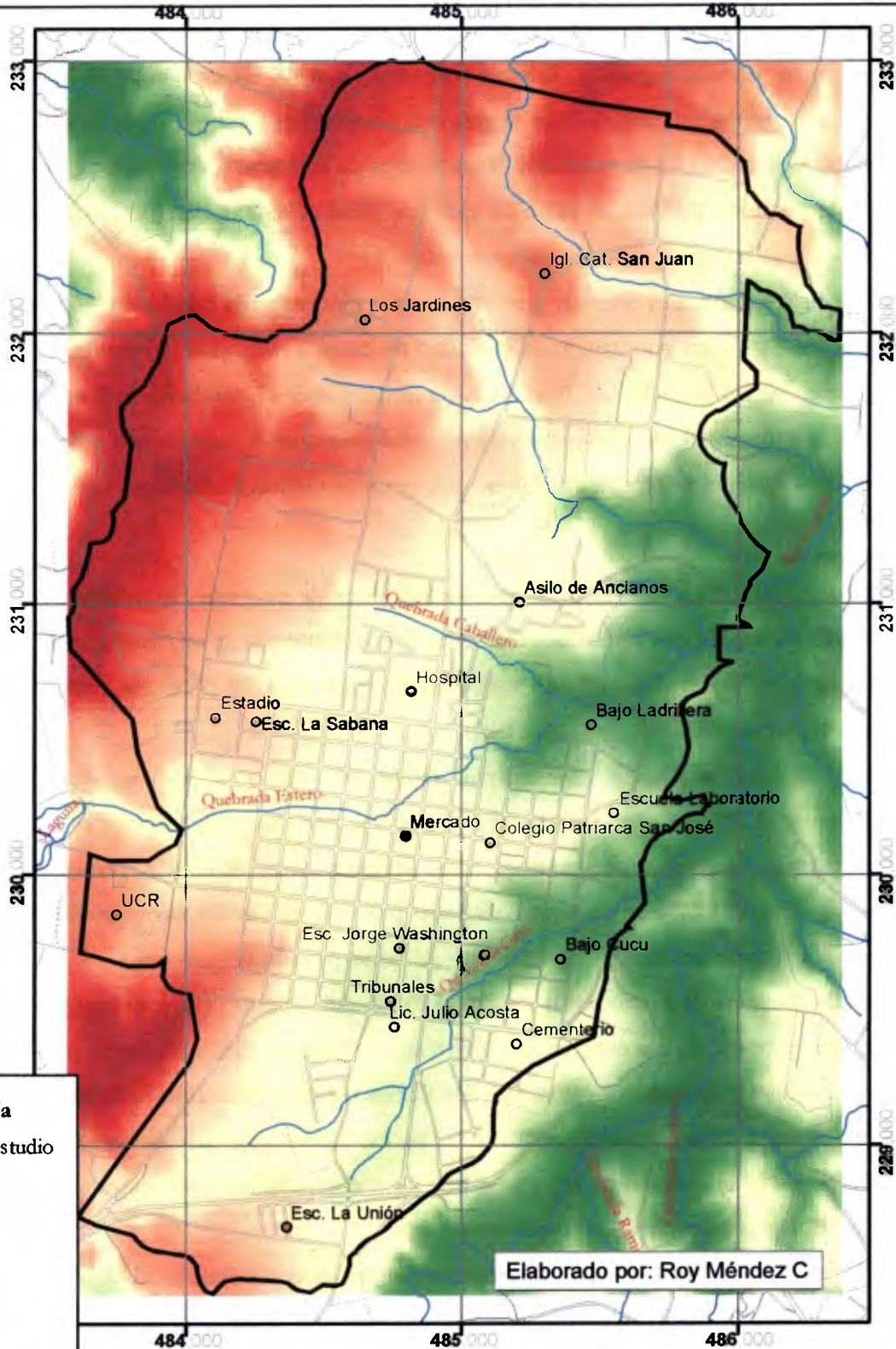
**Mapa 2.2: Área de estudio definida a partir del núcleo de desarrollo urbano**



Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989;  
Autor.



Mapa 2.3: Modelo de elevación digital del área de estudio

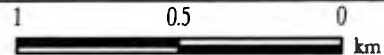


**Simbología**

-  Área estudio
-  Calles
-  Ríos
- m.s.n.m.**
-  1145
-  965

Elaborado por: Roy Méndez C

Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989;  
Autor.



### **2.1.3 Hidrografía**

Desde el punto de vista hidrográfico, la zona constituye la divisoria occidental de la vertiente del Valle Central y la vertiente Pacífica. En la primera, el colector local principal es el Río Grande, afluente del Río Colorado, que fluye hacia el Sur y Sureste de la ciudad y, en términos generales, hacia el Este. En la vertiente Pacífica, el principal colector local es el Río Barranca, que fluye hacia el Norte y Noroeste de la ciudad, con dirección Oeste.

La Ciudad de San Ramón está drenada por tres cauces principales; la Quebrada Estero, Quebrada Gata y Quebrada Caballero que atraviesan la ciudad de oeste a este, estas quebradas descargan sus efímeras aguas en el Río Grande, que fluye de sur a norte, y rodea la ciudad por el sur y el este. De los anteriores únicamente el Río Grande tiene un caudal permanente, aunque todos forman parte de la Cuenca del Río Grande de Tárcoles que drena sus aguas en el Océano Pacífico.

## **2.2 Uso del suelo**

El uso del suelo debe estar orientado al aprovechamiento de su potencial productivo, donde se logren combinar las actividades agrícolas y forestales con el desarrollo de infraestructura.

En el cantón de San Ramón el uso urbano tiene una extensión de 1284 hectáreas, para un porcentaje de 1.3% de la superficie de San Ramón (ver tabla 2.2).

Las zonas dedicadas a bosque constituyen el 61.1% de la superficie de San Ramón. Aproximadamente el 50% se encuentra protegido por ley, pues han sido declaradas como parques nacionales, reservas biológicas, refugios de vida silvestre, áreas silvestres protegidas o zonas protectoras. El restante 11.1% se encuentra disperso por todo el cantón, protegiendo las márgenes de los ríos y/o formando parches boscosos dentro de fincas ganaderas o agrícolas.

En relación a la categoría de pastos, estos cubren el 29.9% del territorio y se localizan principalmente en la parte este y norte del cantón, en los distritos de Piedades Sur y Santiago para ganado de engorde, y en Ángeles y los sectores cercanos a San Carlos para la producción de leche.

Las áreas dedicadas a cultivos corresponden al 7.7%. Las actividades cafetaleras ocupan el primer lugar con 6.9%. Estas se encuentran repartidas por todo el cantón en extensiones inferiores a 1000 hectáreas por distrito; excepto en San Rafael y Santiago.

La ciudad de San Ramón presenta un crecimiento en forma de cuadrantes en el distrito primero. Sin embargo, el crecimiento reciente se ha caracterizado por un desarrollo lineal a lo largo de las diferentes vías de acceso al centro urbano. Además, se puede apreciar una tendencia de desarrollo

hacia el norte y sur del distrito central, esto debido principalmente a las condiciones topográficas y de disponibilidad de propiedades.

El uso del suelo del área de estudio se observa en el mapa 2.4 *Uso del suelo en el área de estudio*, y en la tabla 2.3, donde se muestran los porcentajes de uso de suelo en el área de estudio por distritos. A nivel general el principal uso es el residencial con 49% respecto al total del área de estudio, seguido por los pastos con un 28% y el café con 18%; Los demás usos: caña, ornamentales y bosques, acumulan tan solo un 5%.

El uso urbano es el predominante en la mayoría de los distritos a excepción de Piedades Norte, en el cual el uso principal es el de pastos, como se aprecia en la tabla 2.3.

En el área de estudio el distrito con mayor porcentaje de área dedicado a bosque es San Rafael, al café es el distrito de Volio con un 70% pero su área de aporte al área de estudio es insignificante, seguido de San Juan con un 31%.

La caña de azúcar es cultivada con mayor intensidad en el distrito de Piedades Norte, en San Isidro se explotan las plantas ornamentales a mayor escala respecto a los demás distritos con el 3%.

Claramente el distrito de San Ramón es el de mayor desarrollo urbano con un 97% de su territorio dedicado a este uso y finalmente Santiago con un 48% dedicado a pastos es el que encabeza ese uso.

De lo anterior se concluye que el área de estudio tiene una capacidad cercana al 50% aprovechable como uso urbano, variando los usos actuales como café, caña y pastos principalmente, dejando estos usos a las zonas que permitan las actividades agroindustriales y agropecuarias en el resto del cantón, permitiendo una concentración de población muy significativa que favorece el desarrollo urbano deseado en el área de estudio que tuvo como base el área de desarrollo urbano propuesta en el plan regulador.

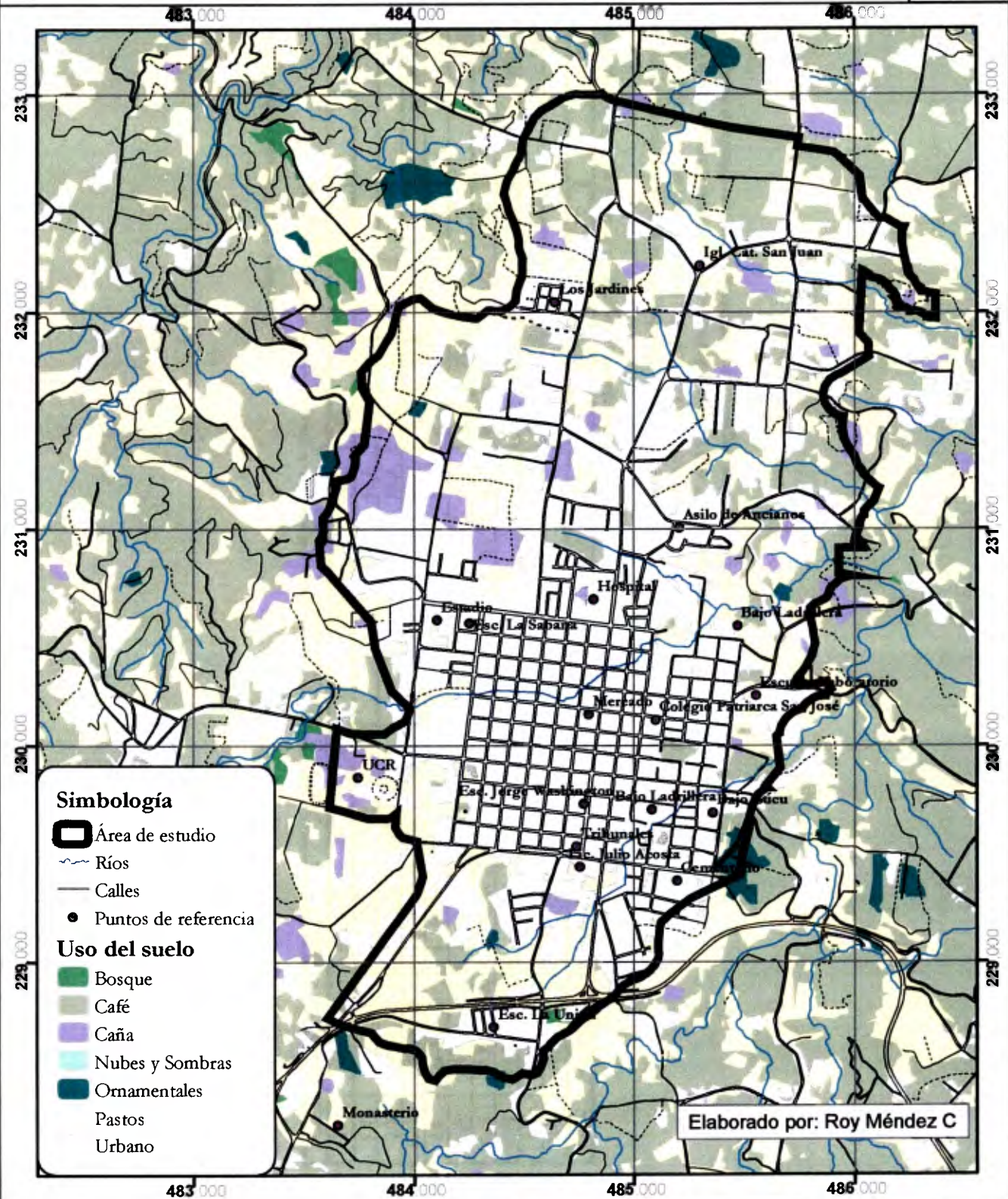
Tabla 2.2. Uso del suelo en el cantón de San Ramón

Distrito	Zona protección	Bosque		Caña		Café		Ornamentales		Pastos		Urbano		Nubes y Sombras		Total	
		(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%
Alfaro		332,8	0,33	29,6	0,03	694,1	0,69	12,6	0,01	612,0	0,61	112,8	0,11	---	---	1793,9	1,78
Angeles	Reserva Biologica Alberto Manuel Brenes	13070,3	12,96	50,5	0,05	471,3	0,47	3,7	0,00	8801,9	8,73	222,1	0,22	321,5	0,32	22619,8	22,43
	Zona Protectora Arenal-Monteverde	7276,4	7,22	---	---	---	---	---	---	183,2	0,18	2,5	0,00	11,0	0,01	7462,1	7,40
Concepción		8398,5	8,33	---	---	---	---	---	---	43,8	0,04	---	---	196,8	0,20	8442,3	8,37
		130,6	0,13	43,4	0,04	378,5	0,38	---	---	363,4	0,36	38,0	0,04	0,0	0,00	953,9	0,95
Peñas Blancas		3554,6	3,53	---	---	---	---	---	---	5375,5	5,33	135,0	0,13	366,8	0,36	9065,1	8,99
	Parque Nacional Arenal	2959,4	2,93	---	---	---	---	---	---	403,6	0,40	2,4	0,00	31,0	0,03	3365,4	3,34
	Zona Protectora Arenal-Monteverde	11463,0	11,37	---	---	---	---	---	---	270,8	0,27	---	---	197,8	0,20	11733,8	11,64
Piedades Norte		1895,9	1,88	78,9	0,08	640,5	0,64	9,8	0,01	1938,2	1,92	124,3	0,12	36,9	0,04	4687,7	4,65
Piedades Sur		5880,7	5,83	289,0	0,29	826,5	0,82	3,4	0,00	4568,7	4,53	71,6	0,07	---	---	11639,9	11,54
San Isidro		0,6	0,00	6,2	0,01	637,6	0,63	6,4	0,01	169,7	0,17	44,0	0,04	---	---	864,5	0,86
San Juan		0,3	0,00	14,2	0,01	211,7	0,21	2,4	0,00	156,4	0,16	127,9	0,13	---	---	512,9	0,51
San Rafael		189,1	0,19	32,0	0,03	1477,0	1,46	8,3	0,01	1268,5	1,26	103,7	0,10	5,3	0,01	3078,5	3,05
San Ramón		---	---	---	---	2,5	0,00	---	---	1,7	0,00	122,6	0,12	---	---	126,8	0,13
Santiago		2215,9	2,20	74,4	0,07	1214,6	1,20	8,0	0,01	2452,7	2,43	95,7	0,09	58,3	0,06	6061,2	6,01
Volio		241,9	0,24	62,5	0,06	411,4	0,41	1,2	0,00	1251,3	1,24	81,8	0,08	0,0	0,00	2050,1	2,03
Zapotal		3058,7	3,03	54,7	0,05	0,3	0,00	---	---	1869,7	1,85	0,1	0,00	14,6	0,01	4983,4	4,94
	Refugio de Vida Silvestre Peñas Blancas	718,8	0,71	5,7	0,01	---	---	---	---	303,6	0,30	---	---	0,0	0,00	1028,1	1,02
	Reserva Biologica Alberto Manuel Brenes	25,9	0,03	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	25,9	0,03
	Zona Protectora Montes de Oro	228,7	0,23	8,0	0,01	---	---	---	---	101,7	0,10	---	---	---	---	338,3	0,34
<b>Total general</b>		<b>61641,9</b>	<b>61,13</b>	<b>749,2</b>	<b>0,74</b>	<b>6966,1</b>	<b>6,91</b>	<b>55,9</b>	<b>0,06</b>	<b>30136,3</b>	<b>29,89</b>	<b>1284,4</b>	<b>1,27</b>	<b>1240,0</b>	<b>1,23</b>	<b>100833,7</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Imagen de Satélite Landsat ETM+, 2001. Fotografías aéreas Terra, escala 1:40000,1998. Fotografías aéreas DAM, escala 1:60000, 1992.

Nota: El porcentaje se calculó con respecto al área del cantón.

# Mapa 2.4: Uso del suelo en el área de estudio



Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989;  
ProDUS; Autor.

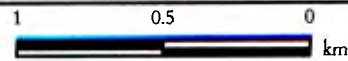


Tabla 2,3: Uso del suelo del área de estudio

Distrito	Bosque		Café		Caña		Ornamentales		Pastos		Urbano		Total general	
	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%
Alfaro			2,70	4,5	3,64	6,0			20,14	33,5	33,71	<b>56,0</b>	60,19	7,7
Angeles			18,14	28,9	1,93	3,1			21,09	33,6	21,70	<b>34,5</b>	62,86	8,0
Piedades Norte			4,95	5,5	16,90	18,6	0,45	0,5	34,27	37,8	34,16	37,7	90,72	11,6
San Isidro			9,64	27,2	1,19	3,4	1,12	3,2	10,93	30,8	12,59	<b>35,5</b>	35,46	4,5
San Juan			89,72	31,1	9,42	3,3	0,26	0,1	82,28	28,5	106,62	<b>37,0</b>	288,29	36,9
San Rafael	0,51	0,5	15,61	14,4	1,68	1,6	1,45	1,3	40,86	37,8	47,94	<b>44,4</b>	108,05	13,8
San Ramón			2,53	2,0					1,66	1,3	122,46	<b>96,7</b>	126,65	16,2
Santiago			0,30	3,0					4,67	47,6	4,84	<b>49,4</b>	9,81	1,3
Volio			0,12	<b>69,4</b>					0,02	12,4	0,03	18,2	0,17	0,0
<b>Total general</b>	0,51	0,1	143,70	18,4	34,76	4,4	3,28	0,4	215,92	27,6	384,04	<b>49,1</b>	782,21	100,0

Fuente: Imagen de Satélite Landsat ETM+, 2001. Fotografías aéreas Terra, escala 1:40000,1998. Fotografías aéreas DAM, escala 1:60000, 1992.

Notas: Los porcentaje por tipo de uso de suelo por distrito se calcularon respecto al área efectiva del distrito (columna total general).

Los porcentaje del total general se calcularon con respecto al área de estudio (Área de estudio 782,21 Ha).

Valores en negrita representan el porcentaje mayor del tipo de uso por distrito

Valores en cursiva representan el distrito con mayor porcentaje de cada tipo de uso de suelo

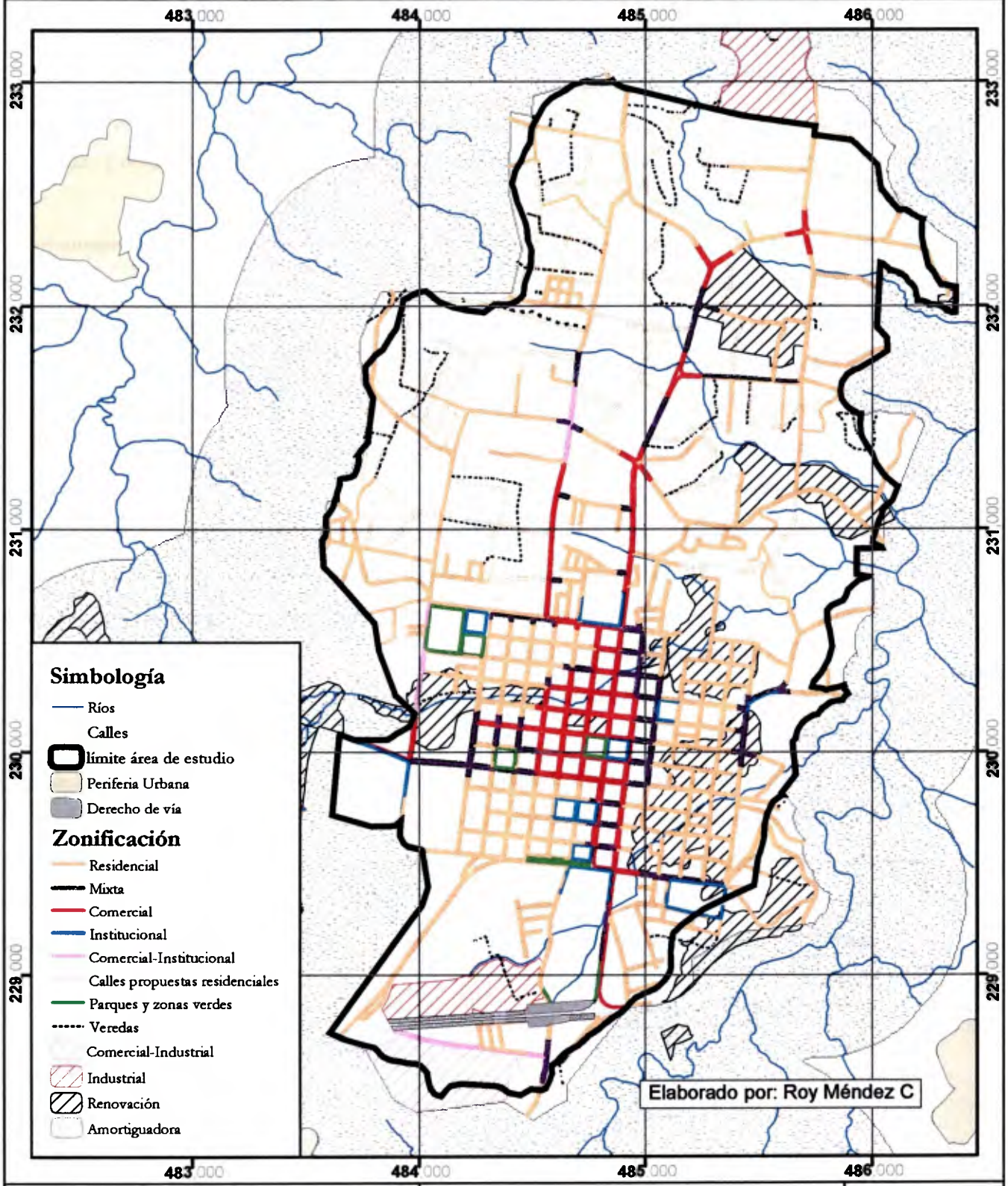
En el reglamento de zonificación y uso de suelo del PRSR se estipulan los usos permitidos y no permitidos en la ciudad de San Ramón y su periferia, como se muestra en el Mapa 2.5 *Zonificación del uso del suelo para el área de estudio y su periferia*.

A continuación se hace un listado de los tipos de usos permitidos en el área de estudio; junto con una breve descripción de su definición tomada del Art. 3 del Reglamento de Zonificación y uso de suelo del PRSR.

- Zona residencial: Uso predominante habitacional, permito sólo los usos complementarios a la actividad residencial.
- Zona mixta: Permite una cantidad de usos mayor al uso residencial, es una transición funcional entre los usos Comercial y Habitacional.
- Zona Comercial: Zona de alta flexibilidad de usos, y permite la mayoría de los usos del cantón. Esta zona no elimina los usos habitacionales pero permite la realización de actividades menos armoniosas con este uso.
- Zona Institucional: Cementerios, escuelas, bibliotecas, oficinas gubernamentales y museos.
- Zona de Periferia Urbana: Núcleos urbanos que por su proximidad con el centro de San Ramón, se definen como zonas de crecimiento de la ciudad. Esta zona la conforman los núcleos de: Alfaro, calle Zamora, San Rafael, y el de Santiago.
- Zona Comercial – Industria: Zona de mixta de usos no habitacionales, de servicios e industriales relacionados entre sí.
- Zona para Usos Industriales: Zona de usos primordialmente industriales, que por sus impactos de ruido, generación de desechos, transporte, deben ser aisladas de otros usos.
- Zona de Amortiguamiento Urbano: Cinturón de transición entre la zona urbana de la ciudad de San Ramón y el resto del cantón. Su ancho es de 600 m alrededor de todo el límite de crecimiento de la ciudad de San Ramón y de los límites de crecimiento de las Zonas de Periferia Urbana.



# Mapa 2.5 Zonificación del uso del suelo en el área de estudio y su periferia

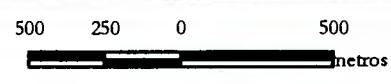


### Simbología

- Ríos
- Calles
- ▭ límite área de estudio
- ▭ Periferia Urbana
- ▭ Derecho de vía
- Zonificación**
- Residencial
- Mixta
- Comercial
- Institucional
- Comercial-Institucional
- Calles propuestas residenciales
- Parques y zonas verdes
- Veredas
- ▭ Comercial-Industrial
- ▨ Industrial
- ▨ Renovación
- ▭ Amortiguadora

Elaborado por: Roy Méndez C

Fuente: Mapas IGN 1:10000,1989;  
ProDUS, 2003.



### 2.3 Estructura habitacional

La vivienda individual es el sistema de estructura habitacional predominante a nivel nacional, conocida también como sistema de vivienda unifamiliar. Este sistema ha sido el sistema de mayor importancia para la ciudad de San Ramón. Las familias que viven en viviendas unifamiliares normalmente cuentan con más de cuatro miembros, en espacios grandes en donde viven con suficiente comodidad.

El sistema de vivienda colectiva responde al aumento del precio de los terrenos y disminución de disponibilidad de tierra; se entiende como vivienda colectiva al sistema de apartamentos o condominios en uno o varios niveles que vienen a densificar en mayor manera la población, debido a que los aposentos son de menor tamaño.

Los apartamentos de un nivel responden al crecimiento horizontal en donde los vecinos están muy cerca, en algunos casos compartiendo paredes, y los apartamentos de dos o más niveles, a un crecimiento vertical, permitiendo mayor densidad de población, en donde los vecinos no están sólo al lado, sino también arriba y abajo.

De manera paralela están los sistemas de condominios. Al igual que los apartamentos los hay individuales con crecimiento horizontal y los colectivos con crecimiento vertical. Por definición un condominio es un conjunto de diferentes edificaciones construidas en una misma finca y van a pertenecer a propietarios diferentes.

La principal diferencia entre los condominios y los apartamentos radica en que en los últimos el conjunto pertenece a un mismo dueño (salvo los apartamentos de crecimiento horizontal en fincas diferentes que pueden tener un dueño cada uno) y que en los condominios se cuenta con áreas comunes como: pasillos, parqueo, accesos, entre otros, de las cuales pueden hacer uso cada una de las personas que habiten en el condominio, y las áreas privadas llamadas condóminos conformado normalmente por: cochera, corredor, salas, dormitorios, baños, patio, y otros; que pertenecen al dueño que le haya adquirido. Los condóminos pueden estar en cualquier nivel, y el dueño tiene potestades sobre él, mientras no atente contra los acuerdos comunes estipulados.

Una urbanización es un fraccionamiento y habilitación de un terreno para fines urbanos, mediante la apertura de calles y provisión de servicios. Es un conjunto de propiedades con una ubicación

estratégica, donde se pretende una buena distribución de las propiedades, lotes regulares, accesos adecuados, y se garantizan los servicios básicos de luz, agua y teléfono, alcantarillados y otros.

Con el censo nacional del año 2000 se obtuvo que el sistema habitacional predominante en Costa Rica es la vivienda individual, al presentar resultados de un 99% de viviendas individuales contra un 1% de viviendas colectivas.

La ciudad de San Ramón no es la excepción en donde ha predominado el sistema de vivienda individual.

En los últimos años en la ciudad de San Ramón se han construido grupos habitacionales para familias de pocos miembros distribuidos en una y dos plantas, principalmente en el distrito central. Como se muestra en la figura adjunta.

Hasta la fecha el desarrollo de condominios en el área de estudio no ha sido importante.



En cambio se han desarrollado muchas urbanizaciones en los alrededores de la ciudad lo que evidencia el crecimiento poblacional de los últimos diez años. En la tabla 2.3 se muestra un listado de las urbanizaciones actuales y algunas proyectadas en el cantón de San Ramón al año 2004 según datos suministrados por la municipalidad, donde se detalla el número de lotes, distrito, entre otros. En el mapa 2.6: *Urbanizaciones dentro del área de estudio*, se muestra la ubicación de las urbanizaciones cercanas o dentro del área de estudio. Claramente se nota como el crecimiento residencial se está dando en los alrededores de la ciudad, utilizándose el espacio disponible.

En cuanto al desarrollo comercial, se cuenta con locales para el comercio en una y dos plantas en los cuadrantes centrales, además pequeños centros comerciales algunos de dos niveles con varias tiendas, sodas y oficinas. En la entrada principal de San Ramón por la carretera Bernardo Soto se construyó la Plaza de Occidente un centro comercial en donde se encuentran los principales bancos, tiendas deportivas y de vestuario, supermercado, cines, entre otros. Y cuenta con un área de comidas y parqueo para doscientos autos. Todo esto muestra que la ciudad de San Ramón está en una etapa de crecimiento. Donde demanda servicios, y una infraestructura adecuada residencial como comercial.

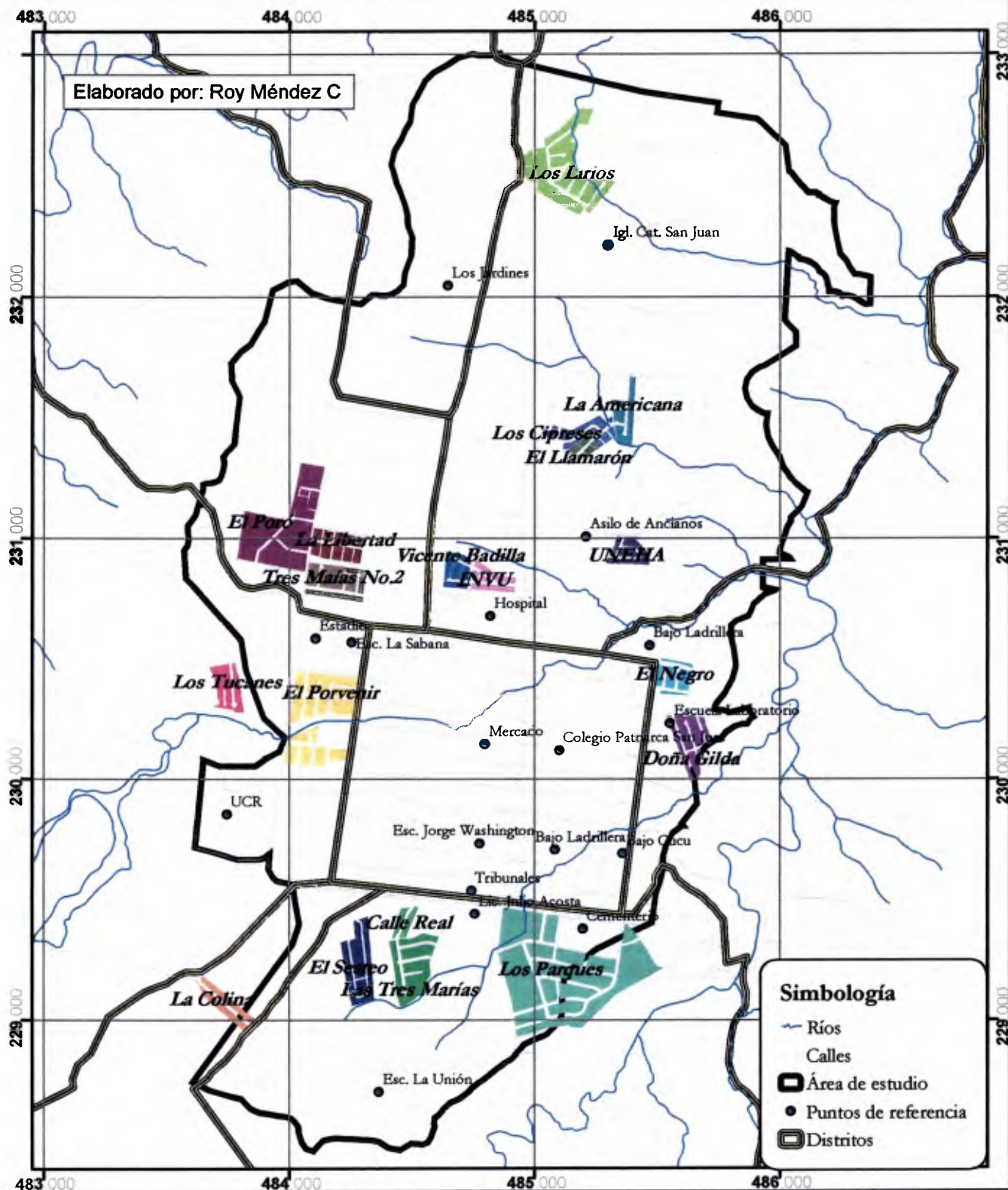
**Tabla 2.4 Urbanizaciones**

Nombre	Distrito	Lotes	Estado	Plazo
Calle Real	San Rafael	27	Terminada	Construida
Doña Gilda	San Isidro	120	Construcción suspendida	No definido
El Lllamarón	San Juan	29	Terminada	i.n.d
El Lllamaron II	San Juan	55	En proyecto	Por definir
El Negro	San Isidro	62	En construcción	i.n.d
El Poro	Piedades Norte	380	Terminada	i.n.d
El Porvenir	Alfaro	260	Terminada	i.n.d
El Sesteo	San Rafael	119	Terminada	i.n.d
El Sesteo II	San Rafael	71	Terminada	Construida
INVU	San Juan	44	Terminada	i.n.d
La Americana	San Juan	50	Terminada	i.n.d
La Colina	Santiago	70	Terminada	Construida
La Libertad	i.n.d	i.n.d	Terminada	i.n.d
Las Tres Marías	San Rafael	93	Terminada	i.n.d
Los Cipreses	San Juan	89	Terminada	i.n.d
Los Cipreses II	San Juan	28	Construido	Construida
Los Lirios	San Juan	208	En proyecto	Por definir
Los Parques	San Rafael	i.n.d	Terminada	i.n.d
Tucán I	Alfaro	38	Terminada	i.n.d
Tucán II	Alfaro	Por definir	En proyecto	i.n.d
Tres Marías No.2	Piedades Norte	111	Terminada	i.n.d
UNEHA	San Juan	59	Terminada	i.n.d
Vicente Badilla	San Juan	91	Terminada	i.n.d
Vista del Valle	Alfaro	88	En construcción	2004-2005
Calle Zamora	San Rafael	36	En tramite de aprobación	2004-2005
Calle Pastoral	San Juan	74	Terminada	Construida
Las Lomas 1	Piedades Norte	80	Terminada	Construida
Las Lomas 2	San Rafael	246	Terminada	Construida
La Hacienda	San Rafael	102	Terminada	Construida
La Isla	San Rafael	34	Terminada	Construida
Otto Koper 1	Piedades Norte	98	En tramite de aprobación	Por definir
Otto Koper 2,3,4	Piedades Norte	302	En proyecto	Por definir

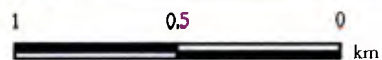
Solamente una urbanización cuenta con planta de tratamiento y no funciona.

Fuente: Municipalidad de San Ramón, Ministerio de Salud, Autor; 2004.

# Mapa 2.6: Urbanizaciones dentro del área de estudio



Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989; Municipalidad; ProDUS.



## **2.4 Sistema actual de disposición de aguas residuales**

La ciudad de San Ramón no cuenta con sistema de alcantarillado sanitario. La disposición de las aguas residuales se efectúa por medio de tanques sépticos usados como sedimentador seguido por una zona de absorción conocida como drenaje en un 97.5% de las viviendas, del porcentaje restante un 1.5% descargan directamente a las quebradas de la zona, un 0.5% utiliza pozo negro y 0.5% descargan sus efluentes de aguas negras a las calles y quebradas, atentando contra la salud pública.

Las aguas jabonosas se depositan adecuadamente al tanque séptico en el 73.2% de las viviendas, el restante 26.8% lo hacen directamente al sistema de evacuación pluvial incumpliendo con lo estipulado en la ley.

Información anterior fue tomada del Segundo Informe de avance del Plan Regulador de San Ramón. Por la carencia de alcantarillado sanitario, la capacidad del sistema de disposición de aguas residuales depende del tamaño de los tanques y de la longitud de la zona de absorción, afectando la cobertura del lote.

Al tramitar los permisos para la instalación de urbanizaciones, el MINSA en San Ramón pide pruebas de infiltración (para determinar si es aceptable la utilización de sistemas individuales de evacuación de aguas residuales, compuestos de tanques sedimentadores seguidos por zonas de absorción). Si los resultados no cumplen con la norma, simplemente no se otorga el permiso.

La opción de plantas de tratamiento en urbanizaciones, demanda un mantenimiento continuo y preventivo. Si no se da mantenimiento el sistema funciona inadecuadamente y puede llegar a colapsar. Según Rosa María Chávez, del departamento de protección al ambiente del MINSA en San Ramón, por experiencia, a ninguna planta de tratamiento se le da el mantenimiento requerido, por tanto MINSA ha permitido como sistema de evacuación de aguas residuales el uso de tanques sedimentadores seguidos por la zona de absorción. Actualmente en San Ramón sólo una urbanización (El Progreso) cuenta con planta de tratamiento, y está fuera de operación.

En el área de estudio la única industria que cuenta con planta de tratamiento es CACINEX, pero ya ha presentado problemas de funcionamiento, debido a que se han sobrepasado los caudales de diseño, según funcionarios de la Municipalidad de San Ramón.

Los talleres mecánicos en su mayoría no tratan sus aguas de residuo; en casos aislados sus proveedores de aceites recolectan los residuos periódicamente para un adecuado tratamiento.

Otras industrias instaladas en el área de estudio no son grandes contribuyentes de agua residual. Desde su construcción, hasta el presente el hospital Valverde Vega no ha contado con un sistema de tratamiento para las aguas residuales (actualmente esta en proceso), es importante tomar en cuenta que por la naturaleza del tipo de desechos que genera un hospital, estos no pueden ser depositados a ningún sistema de recolección de aguas residuales, ni al suelo, sin haber realizado un adecuado tratamiento previo.

El sistema actual de tanques sedimentadores y zonas de absorción y plantas de tratamiento sin operar o deficientes no son la mejor solución, por esto es necesario un adecuado sistema de recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales que solucione problemas como los citados en el apartado 1.2. El alcantarillado sanitario ayuda a cumplir con lo requerido para el tratamiento necesario de las aguas residuales del área de estudio, pero requiere un control, seguimiento, mantenimiento y rehabilitación durante toda su vida útil.

## **2.5 Cuencas y subcuencas de drenaje**

El área de estudio está conformada por varias cuencas y subcuencas de las quebradas que atraviesan la ciudad de San Ramón, hasta descargar al Río Grande. En el Mapa 2.7: *Cuencas hidrográficas en la zona de estudio* se muestran las quebradas y las respectivas cuencas presentes en el área de estudio.

Estas cuencas hidrográficas fueron fraccionadas en microcuencas, considerando sus características topográficas.

### **Cuenca Estero**

- Subcuenca Estero 1 (A1)

Esta cuenca esta ubicada al noreste de la ciudad, posee un área de 39.38 ha. predomina el uso agrícola y residencial. Transporta las aguas de la subcuenca Estero 2 y la cuenca Caballero.

- Subcuenca Estero 2 (A2)

Esta cuenca, posee un área de 168.06 ha. Se complementa con la cuenca Gata para abarcar la totalidad del distrito central.

Comprende parte del cuadrante central y la zona noroeste del casco urbano, se distribuye en áreas con predominio del uso residencial en combinación con usos comerciales, recreativos e institucionales. La infraestructura existente comprende: el mercado municipal, el estadio, el centro deportivo, la Escuela de la Sabana, el Colegio Patriarca, parte de la UCR y del Hospital. Al noroeste,

varias urbanizaciones como El Poro, La Libertad, El Porvenir, entre otras, ocupan parte del área de la subcuenca, en un sector de creciente desarrollo.

En esta subcuenca sobresalen varios puntos bajos en las cercanías de la Quebrada Estero que obligarán a profundizar la red. En esta zona se presentan problemas de inundación, aún con lluvias de poca intensidad, que deben ser solucionados por parte de la municipalidad.

La topografía de la cuenca se caracteriza por un relieve suave con pendientes bajas. Dentro de la cuenca se encuentra una depresión natural que forma la Laguna Estero (conocida también como El Laguito), a partir de la cual nace la Quebrada Estero, cuyo cauce drena hacia el Este.

### **Cuenca Gata (B)**

La Quebrada Gata nace al sur del cuadrante central, su recorrido es de suroeste-noreste con bajas pendientes. Al noroeste se localiza una pequeña fila de promontorios que definen los límites junto con la cuenca Estero.

La cuenca Gata tiene una extensión de 196.75 ha., comprende el sector sureste del casco urbano de la ciudad de San Ramón.

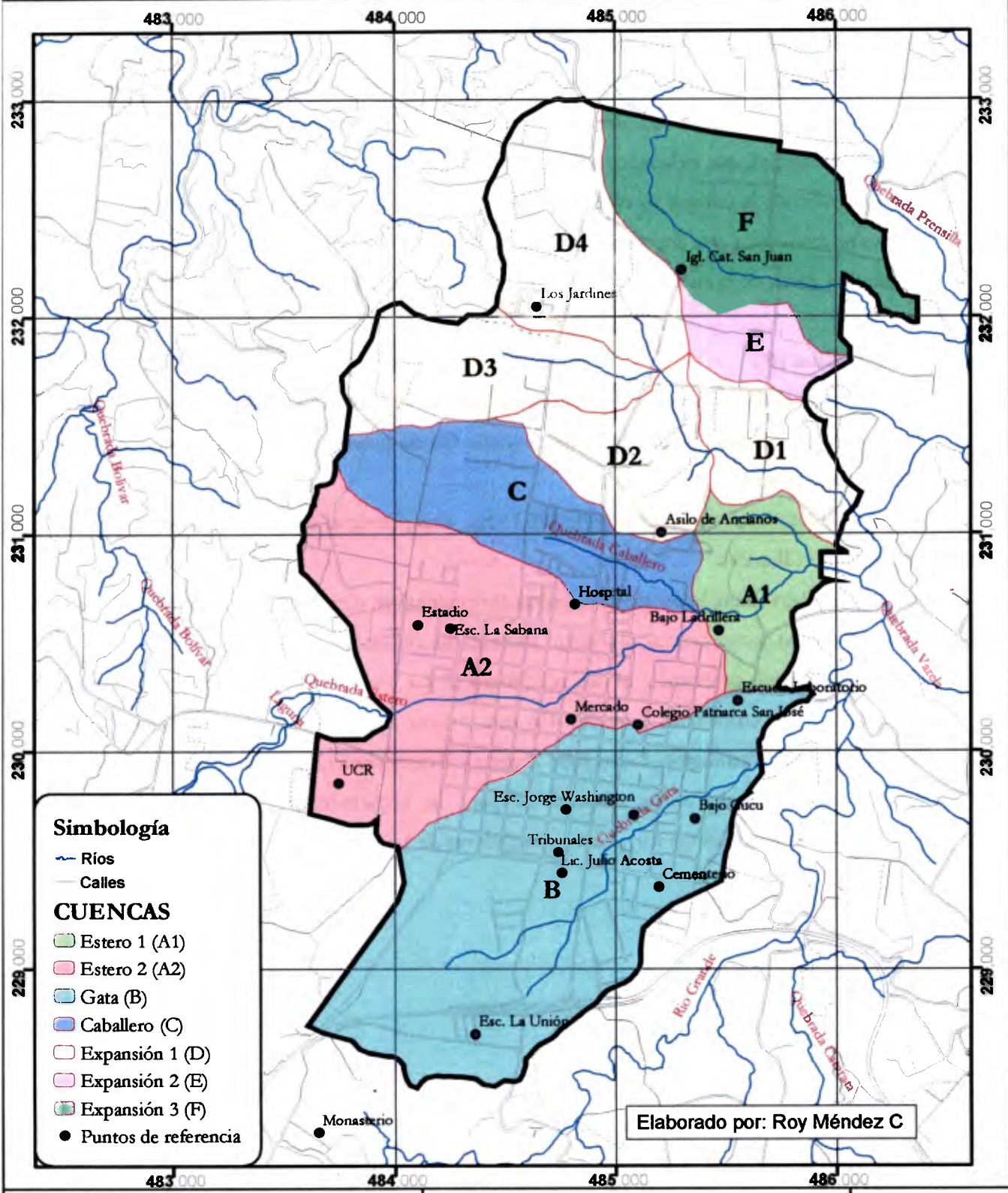
Al Este, en Bajo Cucú, la orografía es bastante accidentada, con fuertes pendientes hacia la quebrada; mientras que en sector central, el terreno presenta suaves ondulaciones.

De forma general, predomina el uso residencial al sur y al este, y se presenta una fuerte actividad comercial en los cuadrantes centrales. En esta cuenca están ubicados los Tribunales de Justicia, la Escuela George Washington, Liceo Julio Acosta y el cementerio Lisímaco Chavarría.

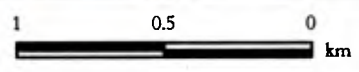
Esta cuenca presenta zonas disponibles para la implementación de nuevas urbanizaciones, principalmente en su sector sur, por los alrededores de La Unión.



# Mapa 2.7: Cuencas hidrográficas en la zona de estudio



Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989;  
ProDUS; Autor.



### **Cuenca Caballero (C)**

Comprende los sectores ubicados al norte del Cuadrante Central, cerca del Hospital Carlos Luis Valverde Vega. Esta cuenca, de 70.74 ha., drena hacia la Quebrada Estero en dirección sureste. Predominan zonas residenciales con pequeños comercios que brindan servicios básicos. En esta cuenca se encuentra el Centro Deportivo (Polideportivo). Las pendientes de la cuenca varían entre 2% y 15%.

### **Cuenca Expansión 1 (D)**

Compuesta por las microcuencas D1, D2, D3, D4. Abarca un área de 200.59 ha., principalmente ubicada en los distritos de Ángeles y San Juan. Dentro de esta cuenca se encuentra la urbanización Los Jardines (Ángeles). Limita al noreste con la Iglesia de San Juan.

### **Cuenca Expansión 2 (E)**

Cuenca pequeña en comparación con las demás, con tan sólo 20.95 ha. Ubicada en el distrito de San Juan, predominan los usos agrícola y residencial.

### **Cuenca Expansión 3 (F)**

Totalmente ubicada dentro del distrito de San Juan con un área de 86.73 ha. En esta cuenca se encuentra la principal zona comercial del distrito de San Juan y su área recreativa que incluye una cancha de fútbol y una de baloncesto. Los usos predominantes son el agrícola en la parte norte y el residencial al sur a lo largo de la vía que va desde la Iglesia Católica con dirección este.



### 3 Análisis demográfico

La determinación del número de habitantes para los cuales se diseña el sistema de alcantarillado sanitario es un parámetro básico en el cálculo del caudal de diseño para el área en estudio.

El área de estudio está conformada por el distrito central y por el aporte del área que cada uno de los distritos vecinos le brinda, entendiéndose como área de aporte, a la sección de cada distrito que se encuentra dentro del área de estudio, en el Mapa 3.1: *Distritos alrededor del área de estudio* se muestran los distritos vecinos al distrito central de San Ramón.

#### 3.1 Proyección poblacional

##### 3.1.1 Proyección poblacional del cantón de San Ramón y distritos que conforman el área de estudio

Antes de realizar una proyección de población para el área de estudio, se efectuará una proyección poblacional para el cantón de San Ramón, y luego para cada distrito que conforma el área de estudio sin tomar en cuenta las restricciones que impone el plan regulador, para conocer el comportamiento poblacional a nivel general y luego realizar un análisis más detallado para el área de estudio.

Los datos de población provienen de los censos nacionales a partir del año 1963 hasta el año 2000 y de la proyección poblacional realizada por el Centro Centroamericano de la Población (CCP) en el año 2000 para el 2015.

Se estimó la población futura mediante curvas de mejor ajuste (método estadístico), usándose la curva que brindara un mayor coeficiente de correlación. Los resultados se muestran en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1: Población según censos nacionales y proyección mediante curvas de mejor ajuste para el cantón de San Ramón y distritos que conforman el área de estudio**

		Año						
		1963	1973	1984	2000	2015*	2025*	2035*
Cantón	San Ramón	25925	33155	39963	67975	98658	125000	152500
Distrito	Alfaro	1102	1348	2030	4741	8007	12000	17750
	Ángeles	2024	2267	3616	7073	9527	10750	12300
	Piedades Norte	2324	2338	2373	6846	15797	21500	23000
	San Isidro	1149	1226	1281	3553	8037	10900	11500
	San Juan	1783	3499	5757	9690	11428	13750	15750
	San Rafael	2921	3467	4716	8384	11399	12750	14400
	San Ramón	6973	9245	9624	9659	9700	9700	9750
	Santiago	1481	1653	1798	3976	7721	9250	13000

Fuente: INEC, CCP, Autor

\* Proyección

Las curvas que presentaron un mejor ajuste a la tendencia de crecimiento histórico de los distritos fueron las lineales en el caso de los distritos de:

- San Ramón ( $y = 2,4487x + 4764,5$ ;  $R^2=1.00$ )
- San Juan ( $y = 194,29x - 379630$ ;  $R^2=0.99$ )
- San Rafael ( $y = 170,34x - 332293$ ;  $R^2=0.96$ )
- Ángeles ( $y = 154,29x - 301678$ ;  $R^2=0.96$ )

Luego las curvas exponenciales para los distritos de:

- Santiago ( $y = 1E-25e^{0,0328x}$ ;  $R^2=0.93$ )
- Alfaro ( $y = 4E-32e^{0,0403x}$ ;  $R^2=0.99$ )

Finalmente las polinómicas de cuarto orden para:

- Piedades Norte ( $y = -0,0053x^4 + 42,08x^3 - 125786x^2 + 2E+08x - 8E+10$ ;  $R^2=1.00$ )
- San Isidro ( $y = -0,0027x^4 + 21,599x^3 - 64564x^2 + 9E+07x - 4E+10$ ;  $R^2=1.00$ )

Los coeficientes de correlación de cada curva de mejor ajuste son cercanos a 1.00, siendo mayores que 0.93 en todos los casos, lo que indica que las tendencias poblacionales están representadas adecuadamente por las curvas.

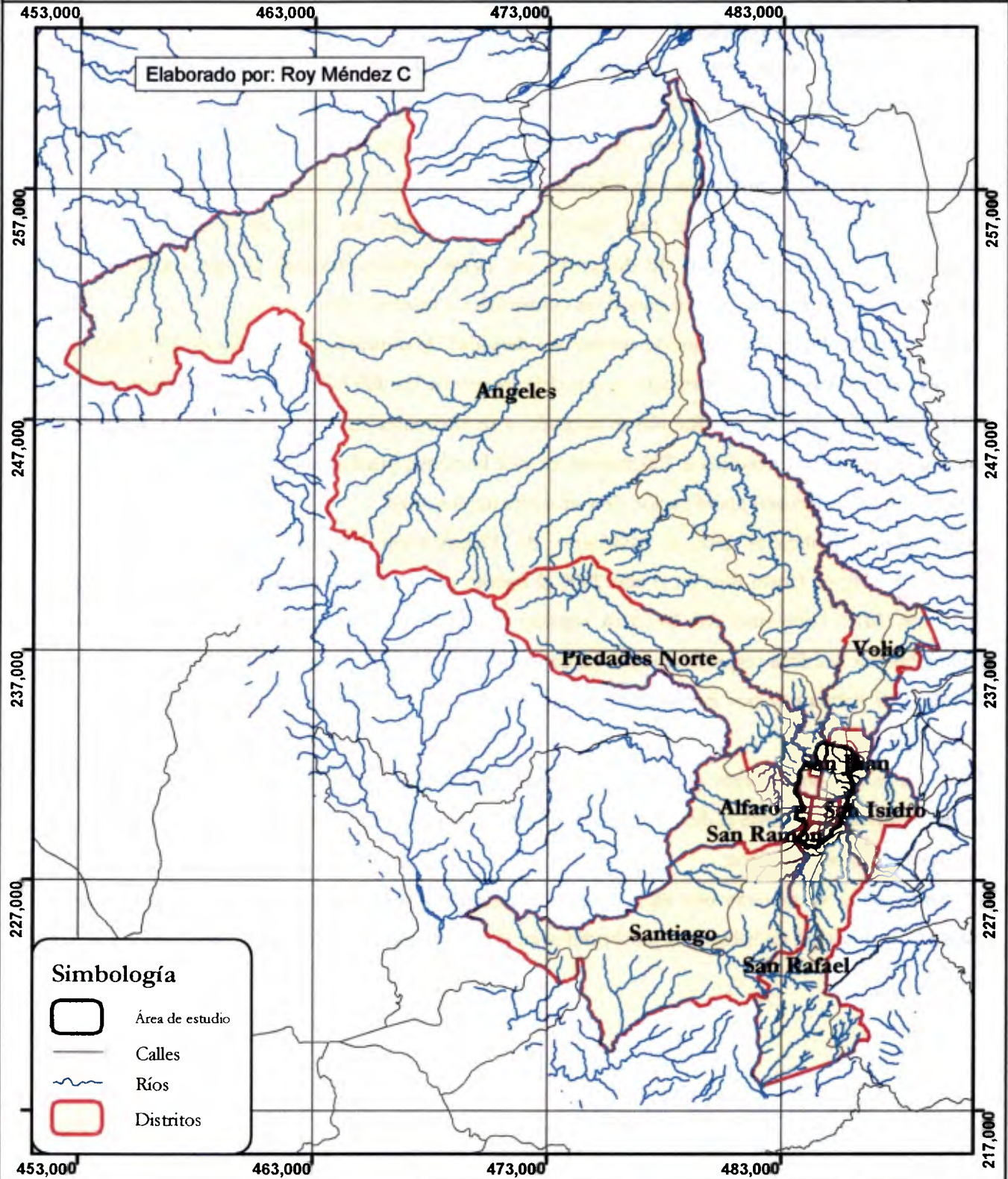
Según la proyección anterior, para el año 2035 en el cantón de San Ramón la población será 2.2 veces su población del año 2000.

El caso de los distritos de Alfaro, Piedades Norte, San Isidro y Santiago, al año 2035 presentan crecimientos poblacionales mayores a 3.2 veces su población del año 2000 superando el crecimiento cantonal.

Los distritos de Ángeles, San Juan y San Rafael para el año 2035 presentan aumentos poblacionales con valores cercanos a 1.7 su población del año 2000.

El distrito de San Ramón centro se mantiene con una población relativamente constante a partir del año 2000.

# Mapa 3.1: Distritos alrededor del área de estudio



Fuente: Mapas IGN 1:50000, 1982;  
ProDUS; Autor.



### **3.1.2 Análisis de sensibilidad**

Una población no puede crecer sin límite, alcanza un valor de saturación, en el cual puede satisfacer sus necesidades de manera adecuada, si sobrepasa este nivel la disponibilidad de servicios, terreno, movilidad, entre otros, es afectada. A este nivel de población se le conoce como densidad de saturación, expresada comúnmente en habitantes por hectárea.

El crecimiento del distrito de San Ramón hasta la fecha ha sido de manera horizontal, desaprovechando la posibilidad de desarrollo en varios niveles (vertical) lo que causa un subaprovechamiento del suelo, ya sea para fines comerciales o residenciales.

Para la zona de desarrollo urbano se estima una densidad de saturación promedio de 150 habitantes por hectárea, valor relativamente bajo ya que debería rondar los 200 habitantes por hectárea, se toma 150 porque la ciudad de San Ramón es pequeña y se encuentra en etapa de desarrollo. Valores de densidad poblacional mayores a 250 habitantes por hectárea, pueden causar hacinamiento si no se cuenta con una adecuada planificación de estructura habitacional.

Según datos publicados por el Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), en Costa Rica en el año 2000 el distrito con mayor densidad de población fue León XIII con 207.6 habitantes por hectárea seguido por Hatillo y Desamparados con 128.6 y 120.3 habitantes por hectárea respectivamente. La densidad de población del área de estudio en el año 2000 fue de 33.9 habitantes por hectáreas, muy cercana a la de los distritos de La Uruca, Mercedes y Granadilla.

Para una buena distribución poblacional necesariamente debe darse un desarrollo vertical (varios pisos), teniendo en cuenta la dificultad de brindar los servicios básicos ante densidades mayores a los 200 habitantes por hectárea.

A continuación se muestra una tabla con un análisis de sensibilidad de la cantidad de habitantes variando la densidad de habitantes por hectárea en el área de estudio.

**Tabla 3.2: Población según diferentes niveles de densidad**

Distrito	Área (ha.)	Densidad poblacional (hab./ha.)			
		50	100	150	200
<i>Alfaro</i>	60,0	3.000,0	6.000,0	9.000,0	12.000,0
<i>Ángeles</i>	62,9	3.143,1	6.286,2	9.429,2	12.572,3
<i>Piedades Norte</i>	90,7	4.536,0	9.072,1	13.608,1	18.144,1
<i>San Isidro</i>	35,5	1.773,3	3.546,5	5.319,8	7.093,0
<i>San Juan</i>	288,3	14.415,6	28.831,2	43.246,8	57.662,4
<i>San Rafael</i>	106,6	5.327,6	10.655,2	15.982,8	21.310,5
<i>San Ramón</i>	128,1	6.402,6	12.805,1	19.207,7	25.610,3
<i>Santiago</i>	9,4	470,6	941,3	1.411,9	1.882,6
Área de estudio	781,4	<b>39.068,8</b>	78.137,6	<b>117.206,4</b>	156.275,2

Fuente: Autor

En la tabla anterior la columna de área se refiere a la porción de área de los distritos que se ubica dentro del área de estudio.

Es importante mencionar que con los datos del censo del año 2000, la zona estudio tiene una población de 26458 habitantes lo que da como resultado una densidad poblacional de 33.9 hab./ha, esta densidad de población es baja lo que nos muestra la gran posibilidad de crecimiento poblacional y de desarrollo que puede asimilar la zona a partir del año 2000.

Con una densidad de saturación promedio de 150 hab./ha. la población del área de estudio sería de 117.206 habitantes. Para lograr alcanzar la población de saturación sería necesario realizar grandes cambios en la distribución poblacional, se debe pensar en crecimiento vertical y explotar al máximo la posibilidad de realizar proyectos urbanísticos en el terreno disponible.

Se espera que el área de estudio aumente su población hasta alcanzar la densidad de saturación, el plan regulador pretende establecer los lineamientos de crecimiento para un desarrollo urbanístico planificado.

### 3.1.3 Proyección poblacional dentro del área de estudio

En la naturaleza se observa que el crecimiento en el número de individuos para una especie en específico en una zona determinada se puede representar mediante una curva, llamada curva "S", en la cual se pueden distinguir claramente tres tipos de crecimiento.

El primero es geométrico (exponencial), cuando la especie tiene toda la disponibilidad para crecer en número, movilizarse y alimentarse.

El segundo tipo de crecimiento es lineal (aritmético), la tasa de crecimiento poblacional es constante.



El tercer tipo de crecimiento es logarítmico, el índice de crecimiento es decreciente. En esta etapa de crecimiento poblacional ya están presentes los problemas de movilidad y escasez de alimento.

El ser humano tiene necesidades que debe satisfacer, como: servicios básicos, alimentación, trabajo, educación, recreación entre muchas otras; al igual que otras especies la carencia de estas ocasiona un estancamiento de crecimiento poblacional o una emigración.

Para realizar la estimación de la población futura para el área de estudio se recurrió a los segmentos censales.

Un segmento censal es la menor división geográfica que hace el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), para llevar el control demográfico y estadístico. Existen segmentos censales urbanos y rurales, su extensión es variable y depende principalmente de la concentración poblacional, cantidad de viviendas (normalmente inferior a 100) y de los límites físico-políticos existentes, el tamaño y número de segmentos censales para un distrito en particular puede variar entre uno y otro censo nacional por las razones mencionadas.

Como el área de estudio no coincide con los límites cantonales, ni distritales se recurrió a estas divisiones más pequeñas para definir de manera más precisa dicho límite.

En los casos en los que el segmento censal contiene una porción de su área fuera y otra dentro del área de estudio su aporte poblacional efectivo (población del segmento censal que habita en el área de estudio), se calculó multiplicando la población total del segmento censal en estudio, por el cociente del aporte de área efectiva (porción de área del segmento censal que forma parte del área de estudio) dividido entre el área total del segmento censal. Suponiendo una distribución de población uniforme en cada segmento censal, debido a que por el tamaño de un segmento censal (principalmente los segmentos urbanos) las características de uso de suelo y distribución de población no varían de manera considerable, como para afectar los resultados.

$$Población\_efectiva = Población\_total \left( \frac{Área\_efectiva}{Área\_total} \right)$$

Este tipo de simplificación es válido para el diseño preliminar, el diseño final debe detallar más la ubicación y distribución de la población.

Para desarrollar los métodos de extrapolación de población se contó con los censos de los años 1984 y 2000, ver mapas (3.2 y 3.3), no se utilizaron los censos anteriores debido a que la metodología

empleada por el INEC para definir los segmentos censales varía con respecto a la empleada en los censos contemplados.

A continuación se realiza un análisis de crecimiento poblacional utilizando los métodos: aritmético, geométrico y analítico.

### 3.1.3.1 Método aritmético (lineal)

Si el aumento de la población es constante e independiente del tamaño de la población, el crecimiento es lineal. Si P es la población y T es el tiempo, entonces:

$$\frac{dP}{dT} = k_a \Rightarrow dP = k_a dT$$

Integrando entre los límites del último censo (uc) y censo inicial (ci) se tiene:

$$P_f = P_{uc} + k_a (T_f - T_{uc})$$

En donde:  $k_a$ : Pendiente de la recta  $P_{uc}$ : Población del último censo  
 $T_{uc}$ : Año del último censo  $P_f$ : Población final  
 $T_f$ : Año a proyectar

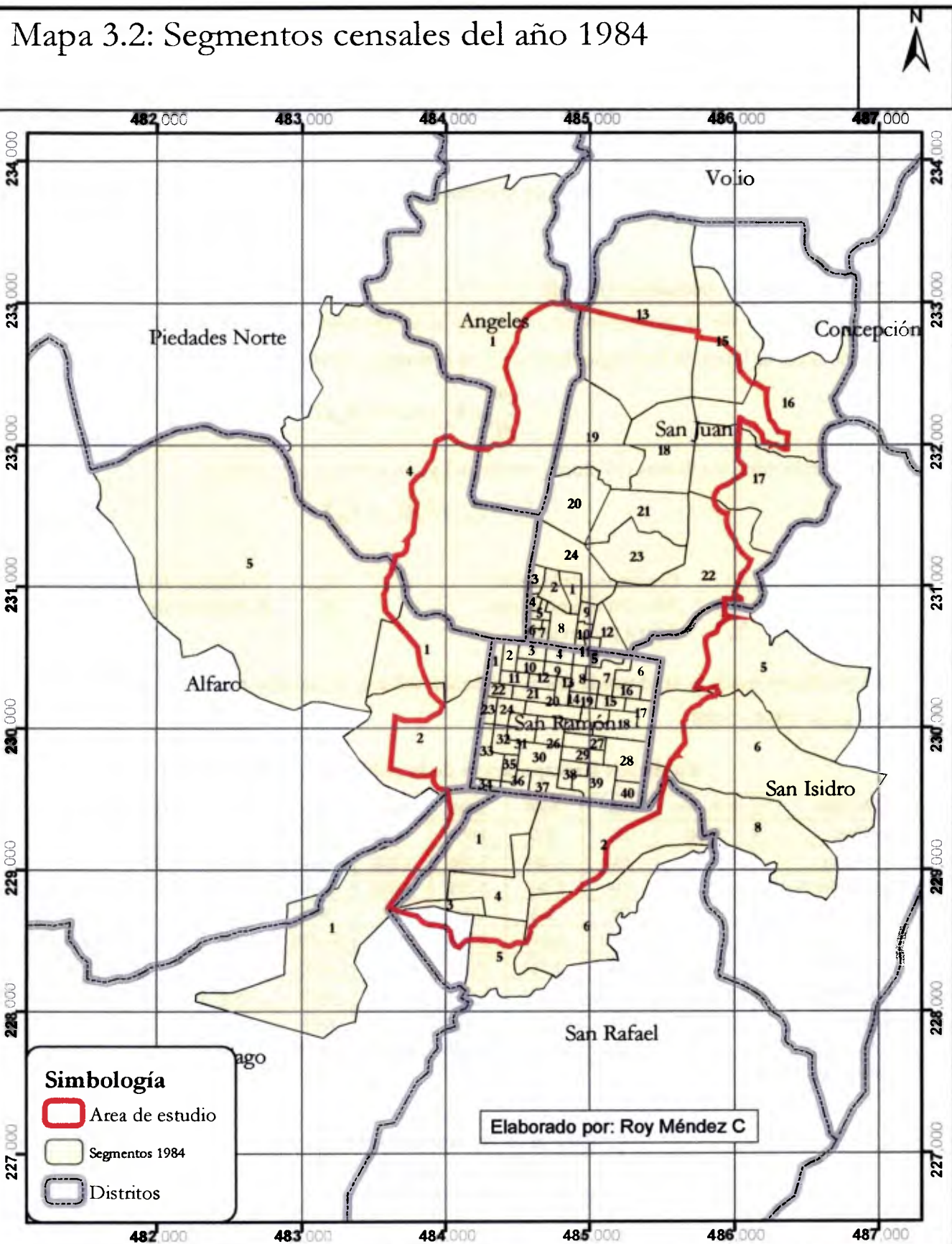
La pendiente usada es la obtenida por la población del área de estudio entre los censos nacionales de los años 1984 y 2000

**Tabla 3.3: Extrapolación de la población, método lineal**

Distrito	hab./año	1984	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Alfaro	38,30	292	905	1.097	1.288	1.480	1.671	1.863	2.054	2.246
Ángeles	66,36	202	1.264	1.596	1.928	2.260	2.591	2.923	3.255	3.587
Piedades Norte	171,72	114	2.862	3.721	4.579	5.438	6.296	7.155	8.014	8.872
San Isidro	15,20	71	315	391	466	542	618	694	770	846
San Juan	221,28	5.079	8.619	9.726	10.832	11.938	13.045	14.151	15.258	16.364
San Rafael	120,82	809	2.742	3.347	3.951	4.555	5.159	5.763	6.367	6.971
San Ramón	2,19	9.624	9.659	9.670	9.681	9.692	9.703	9.714	9.725	9.736
Santiago	4,17	24	91	112	133	153	174	195	216	237
Área de estudio	640,02	16.217	26.458	29.658	32.858	36.058	39.258	42.458	45.658	48.858

Fuente: Autor

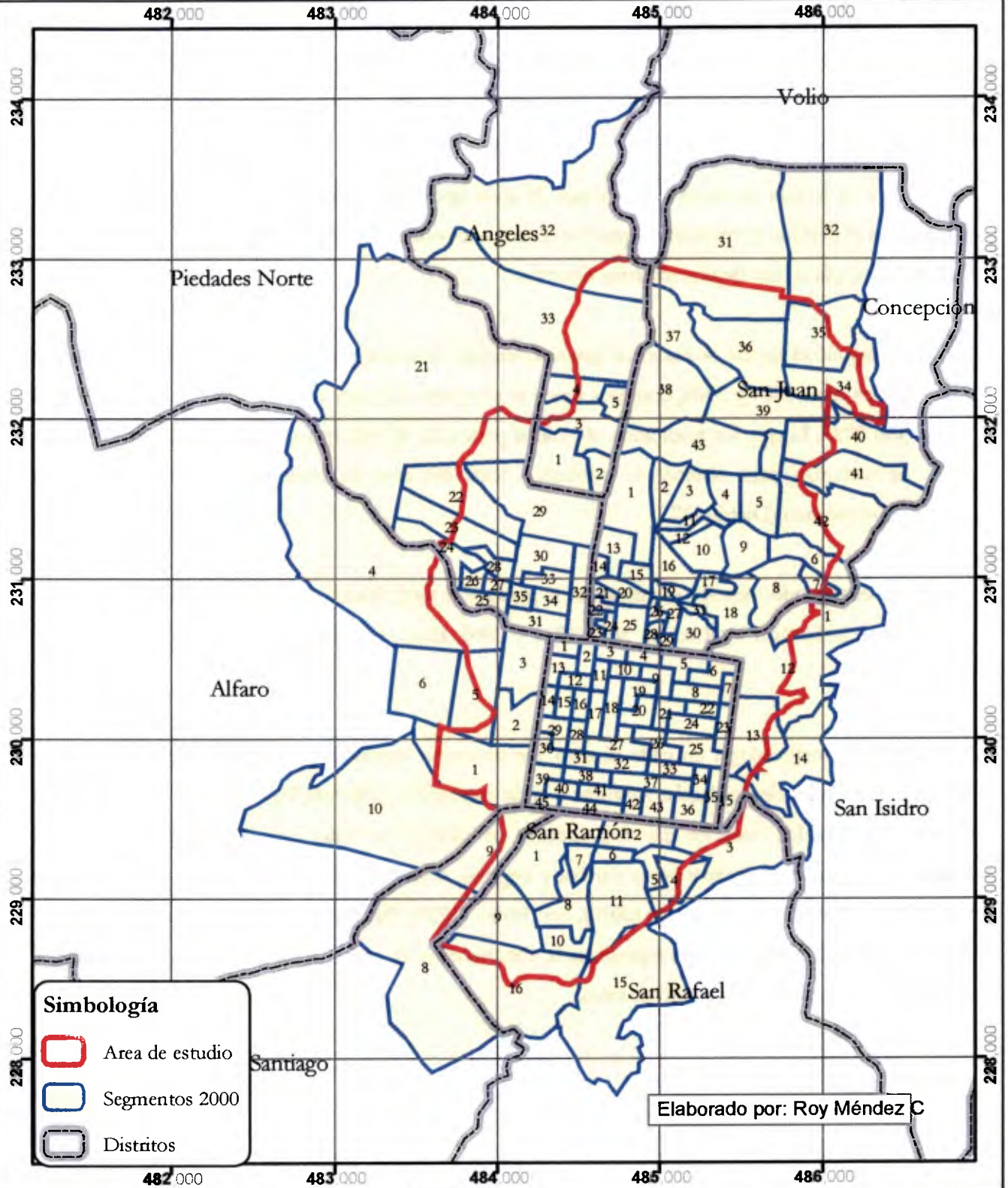
Mapa 3.2: Segmentos censales del año 1984



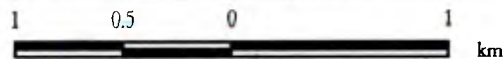
Fuente: Mapas IGN 1:50000, 1989; INEC; ProDUS; Fotos Terra; Autor.



Mapa 3.3: Segmentos censales del año 2000



Fuente: Mapas IGN 1:50000, 1982;  
INEC; Fotos terra; ProDUS; Autor.



### 3.1.3.2 Geométrico (exponencial)

El crecimiento es geométrico si el tamaño de la población es proporcional al tamaño de esta. El patrón de crecimiento es el mismo que el del interés compuesto, el cual se expresa así:

$$P_f = P_{uc} (1 + r)^{T_f - T_u}$$

En donde  $r$  es la tasa de crecimiento anual. Al igual que el caso del método aritmético, la tasa se calculó para el periodo comprendido por los censos nacionales de 1984 y 2000.

Esta metodología se usó de dos maneras distintas.

- 1) Se calculó el aporte poblacional que cada distrito de manera individual hizo al área de estudio en los años 1984 y 2000, con esos datos se proyectó el aporte de población de cada distrito al año 2025. Luego, los resultados obtenidos para cada distrito que conforma el área de estudio, se sumaron para obtener la población total del área de estudio. Este método será el “Geométrico (Distritos)”.
- 2) En el segundo método se extrapola la población total dentro del área de estudio, basándose en su población total en los años 1984 y 2000. Este método será el “Geométrico (Área de estudio)”.

Al aplicar esta metodología en cada distrito fue necesario verificar que la tasa de crecimiento no brindara densidades de población mayores a la de saturación (150 hab/ha como fue definido en la sección 3.2.1), en los casos en que esto sucedió, se corrigió ese valor por el correspondiente a su densidad de saturación (números en cursiva y negrita), como el caso de los distritos de: *Ángeles* a partir del año 2020, *Piedades Norte* (2010), *San Isidro* (2035), *San Rafael* (2025) y *Santiago* (2035).

Por lo anterior esta metodología representa la cota máxima de crecimiento esperado. Los resultados obtenidos se observan en la siguiente tabla.

**Tabla 3.4: Extrapolación de población, método geométrico**

Método	Distrito	TASA r	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
1)	<i>Alfaro</i>	0,073	905	1.289	1.834	2.611	3.717	5.291	7.532	10.721
	<i>Ángeles</i>	0,121	1.264	2.241	3.973	7.044	<b>9.429</b>	<b>9.429</b>	<b>9.429</b>	<b>9.429</b>
	<i>Piedades Norte</i>	0,223	2.862	7.825	<b>13.608</b>	<b>13.608</b>	<b>13.608</b>	<b>13.608</b>	<b>13.608</b>	<b>13.608</b>
	<i>San Isidro</i>	0,097	315	500	795	1.264	2.010	3.195	5.080	<b>5.320</b>
	<i>San Juan</i>	0,034	8.619	10.168	11.996	14.152	16.696	19.696	23.236	27.412
	<i>San Rafael</i>	0,079	2.742	4.016	5.880	8.610	12.607	<b>15.983</b>	<b>15.983</b>	<b>15.983</b>
	<i>San Ramón</i>	0,000	9.659	9.670	9.681	9.692	9.703	9.714	9.725	9.736
	<i>Santiago</i>	0,086	91	137	208	314	474	716	1.081	<b>1.412</b>
	Área de estudio	-	26.458	35.847	47.975	57.295	68.243	77.632	85.674	93.621
2)	Área de estudio	0,031	26.458	30.830	35.926	41.864	48.783	56.846	66.241	77.189

Fuente: Autor

### 3.1.3.3 Método analítico

Los resultados obtenidos usando tanto el método aritmético como el geométrico, obedecen a modelos matemáticos; los cuales responden a una tendencia de crecimiento descrita por los datos históricos. Estas metodologías pueden brindar en algunas ocasiones resultados que no representan de manera apropiada la realidad.

Por esto es necesario confirmar los resultados empleando una metodología en la que se puedan definir los valores de diferentes parámetros involucrados de acuerdo con el conocimiento de la zona de estudio y de la experiencia adquirida al realizar otros estudios poblacionales, que permita un análisis personalizado en el cual, se tome en cuenta si el crecimiento de población en su mayoría está dándose dentro o fuera del área de estudio, o si el crecimiento es uniforme, el uso del suelo, entre otros.

Este análisis utiliza la información de los segmentos censales. Usando los segmentos es posible determinar el porcentaje de población del cantón que se encuentra dentro del área de estudio; de igual forma el porcentaje de población de cada distrito que se encuentra fuera del área de estudio.

En la tabla 3.7 se muestran los resultados obtenidos al realizar este tipo de análisis. La metodología empleada se describe a continuación.

Primero se relaciona la población del cantón de San Ramón que se encuentra dentro del área de estudio (definida como población efectiva), con la población total del cantón; para los años 1984 y 2000, a esta razón se le conoce como razón de población; se comparan estas

razones de población para determinar si se ha mantenido, aumentado, disminuido, o si ha sido influenciada por algún acontecimiento en especial (PRSR, área disponible, urbanizaciones, etc.) como se detalla más adelante. Según su comportamiento se estima la razón de población para el año 2035.

Con esta razón de población y la estimación de población futura para el cantón de San Ramón para el año 2035 (ver apartado 3.1.1), se determina la población futura del área de estudio. Este método será el “Analítico (Cantón)”.

A continuación se muestra el ejemplo de cálculo del cantón de San Ramón:

- La razón de población resultado del cociente población efectiva entre población total estimada para el año 2035 a partir de las razones poblacionales de los años 1984 y 2000 es de un 42%, ver tabla 3.7.
- La proyección de población para el cantón de San Ramón para el año 2035 es de: 152500 habitantes, ver tabla 3.1 método de curvas de mejor ajuste.
- La población futura del área de estudio a partir de la población futura del cantón se calcula de la siguiente manera.

$$Población\_efectiva = razón\_poblacional * población\_total$$

$$Población\_efectiva = 0.42 * 152500 = 64050\_habitantes$$

- El segundo tipo de análisis procede de manera similar al anterior, con la diferencia en que se realiza el procedimiento para cada distrito que forma parte del área de estudio. Estimándose una razón de población de manera individual y relacionándola con la proyección de población por distrito al año 2035 (ver apartado 3.1.1), para determinar la población futura neta de cada distrito dentro del área de estudio, finalmente se suman los aportes de cada uno y de esta manera se obtiene la población total del área de estudio. Este método será el “Analítico (Distritos)”.

**Tabla 3.5 Proyección de población usando aportes del cantón y distritos al área de estudio, según segmentos censales y características de crecimiento**

	1984			2000			2025			2035		
	Total	Neta	Razón	Total	Neta	Razón	Total	Razón*	Neta	Total	Razón*	Neta
San Ramón (Cantón)	39963	16217	41%	67975	26458	0,39	125000	0,40	50000	152500	0,42	64050
Alfaro	2030	292	14%	4741	905	0,19	12000	0,19	2280	17750	0,19	3373
Ángeles	3616	202	6%	7073	1264	0,18	10750	0,35	3763	12300	0,37	4600
Piedades Norte	2373	114	5%	6846	2862	0,42	21500	0,42	9030	23000	0,42	9660
San Isidro	1261	71	6%	3553	315	0,09	10900	0,09	981	11500	0,09	1035
San Juan	5757	5079	88%	9690	8619	0,89	13750	0,92	12650	15750	0,93	14648
San Rafael	4716	809	17%	9384	2742	0,29	12750	0,47	5993	14400	0,53	7632
San Ramón	9624	9624	100%	9659	9659	1,00	9700	1,00	9700	9750	1,00	9750
Santiago	1798	24	1%	3976	91	0,02	9250	0,03	278	13000	0,03	390

\* Valores estimados luego de un análisis por cantón y distritos según sus características de crecimiento poblacional (se muestran más adelante)

Fuente: Autor

El aporte de todos los distritos según la tabla anterior es de 51087 personas en el año 2035.

A continuación se realizará una descripción de los aspectos importantes tomados en cuenta para determinar la razón de población al año 2025 mostrada en la tabla anterior; la estimación al 2035 se realizó de manera similar.

- Cantón de San Ramón: El porcentaje de población dentro del área de estudio respecto al total del cantón en el año 1984 era de 41% y en el año 2000 de 39%, el incremento de población fuera del área de estudio en el periodo fue mayor que el que se dio dentro de esta, se dio un proceso de descentralización debido a la disponibilidad de terrenos en los distritos vecinos, bajo esas condiciones el valor esperado para la razón de población para el año 2025 sería de 35% aproximadamente; pero el plan regulador con el planteamiento del área de desarrollo urbano trata de revertir este proceso (centralizar el desarrollo urbano), por lo cual dicha razón se estima que se mantendrá en un 40%.
- Alfaro: Entre los años 1984 y 2000 la población del distrito se incrementó en 2711 personas, de las cuales tan solo 613 pertenecían al área de estudio. El porcentaje de población dentro del área de estudio fue de 14% y 19% para los años 1984 y 2000 respectivamente. Del mapa 3.3 se nota que la sección del distrito de Alfaro tiene capacidad para mantener este



crecimiento principalmente en las zonas ubicadas al este del estadio Guillermo Vargas y oeste de la Universidad de Costa Rica; el plan regulador busca centralizar el crecimiento urbano por lo cual el porcentaje de población dentro del área de estudio, pero de la tabla 2.3 se tiene que si el uso del suelo del año 2000 se cambia a urbano en su totalidad para el año 2025, la población máxima admisible del 2025 sería 1.8 veces la población del 2000. Manteniendo el 19% del año 2000 para el 2025, la población dentro del área de estudio será 2.5 veces la del año 2000, lo cual indica que es necesario densificar a mayor escala el uso urbano.

- **Ángeles:** El aporte de área del distrito de Ángeles al área de estudio, relativo a su tamaño total es bajo. El porcentaje de población dentro del área de estudio pasó de un 6% a un 18%, en 16 años, principalmente por la construcción de la urbanización Los Jardines. En el mapa 3.3 se puede observar que en los alrededores de Los Jardines (norte y sur) se cuenta con terrenos que pueden ser utilizados para urbanizar. Además es importante tomar en cuenta la construcción del Colegio Nuevo de San Juan, motiva a las personas a construir en sus alrededores. Por las razones citadas se estima que el porcentaje poblacional del distrito, aumentará respecto al presentado en los últimos años, finalmente para un lapso de 25 años se espera que el porcentaje de población dentro del área de estudio sea cercano a un 35%.

- **Piedades Norte:** Este es un caso especial, presentó un importante crecimiento dentro del área de estudio. En el año 1984 el porcentaje de población dentro del área de estudio fue de 5% y en el 2000 ascendió a un 42% debido a proyectos urbanísticos, principalmente: Copán, Tres Marías II y La Libertad; actualmente en la urbanización Las Lomas se está construyendo en los lotes disponibles. La capacidad del terreno para desarrollos urbanísticos ha disminuido, como se puede apreciar en el mapa 3.3. Si se realiza una extrapolación del porcentaje de población dentro del área de estudio para el año 2025 según el crecimiento mostrado en años anteriores, se obtendría un valor cercano al 100%, pero se debe tomar en cuenta que este crecimiento no puede continuar de igual manera por los aspectos mencionados, por tanto se mantendrá el valor del 42% para el año 2025.

- **San Isidro:** El crecimiento poblacional fuera del área de estudio entre los años 1984 y 2000 fue de 2049 personas y dentro de tan solo 243 personas; a la fecha se tienen dos

urbanizaciones El Negro que cuenta con pocas viviendas construidas y Doña Gilda en la cual no se ha construido ninguna. El porcentaje de población dentro del área de estudio en el año 1984 fue de 6%, y en el año 2000 de 9%. Claramente se ha dado un desarrollo poblacional fuera del área. Si se piensa que en estas urbanizaciones se construye en todos los lotes disponibles y que la zona tiene poca capacidad para desarrollos urbanísticos para el año 2025 el porcentaje de población dentro del área de estudio con relación a la población total se mantendrá igual.

- San Juan: Este distrito junto con el distrito central conforman la mayoría del área de estudio. En este distrito en los últimos años se han desarrollado diferentes urbanizaciones como Los Lirios, Los Cipreses, La Americana, El Lllamarón, UNEHA, INVU, Vicente Badilla, entre otras, estas urbanizaciones son evidencia del importante desarrollo que ha tenido el distrito. Como se aprecia en el mapa 3.3, dentro del área de estudio aún hay terreno disponible para ser urbanizado, de manera que en los próximos años se puede mantener e incluso aumentar el crecimiento poblacional de años anteriores. En los años 1984 y 2000 el porcentaje poblacional dentro del área de estudio fue cercano al 90%, se ha decidido para el año 2025 utilizar un valor del 92%. Ya que el crecimiento fuera del núcleo es muy bajo respecto al que se da dentro de él.
- San Rafael: En el área de San Rafael que forma parte del área de estudio, se tienen importantes desarrollos urbanos, principalmente la urbanización Los Parques en el sector este de gran tamaño; además se tienen otras urbanizaciones como Tres Marías, El Sesteo, Calle Real, La Unión entre otras.

Es importante mencionar que al margen derecho de la entrada principal a San Ramón se ubica el centro comercial Mall de Occidente y al izquierdo un terreno es propiedad de la municipalidad (donde se realizan las fiestas de fin de año). Lo que reduce la posibilidad de desarrollos urbanos, limitándolos en los alrededores de La Unión, como se puede apreciar en el mapa 3.3.

En los últimos años el crecimiento poblacional dentro como fuera del área de estudio ha sido equilibrado ya que entre los años 1984 y 2000 fuera del área de estudio la población aumentó en 2735 habitantes y dentro en 1933.

El porcentaje de población dentro del área de estudio en el año 1984 fue de 17% y en el año 2000 de 29%. Siguiendo la tendencia de crecimiento del porcentaje de población para el 2025 se espera que sea aproximadamente de 47%, con una tendencia al desarrollo equitativo, tanto dentro como fuera del área de estudio.

- San Ramón: El distrito central está completamente dentro del área de estudio, por tanto su aporte será siempre de un 100%.
- Santiago: Su aporte es muy poco y la población del distrito crece principalmente fuera del área de estudio ya que dentro del área de estudio no queda terreno disponible para desarrollos urbanos. En 1984 su aporte fue de 1% y en el 2000 de 2%, el aporte poblacional, al construir fuera del área de estudio podría disminuir al aumentar la población fuera del área y mantenerse casi constante la población dentro. Se estima con seguridad que el aporte de población no será mayor al 4% para el 2025.

### **3.2 Análisis de resultados**

Se han obtenido resultados diferentes al utilizar cada una de las metodologías contempladas en este análisis de proyección de población al año 2035 para el área de estudio, la primera de ellas (método aritmético) es el crecimiento mínimo esperado debido a que se aplica en una etapa en la cual la población comienza a estabilizarse (crece de manera uniforme), justo antes de disminuir su tasa de crecimiento (etapa final) que se representa con el método logarítmico.

El Plan Regulador busca concentrar la población dentro del núcleo de desarrollo urbano, limitando la construcción de nuevas urbanizaciones fuera de dicho núcleo. Luego de concluir que la densidad de población obtenida para en el año 2000 es baja, se determina que el área de estudio se caracteriza por tener un alto potencial de crecimiento, indicando que aún existen zonas que pueden alcanzar una mayor concentración de población en los próximos años. En la tabla 3.8 se muestran los resultados obtenidos para la zona de estudio al utilizar las diferentes metodologías descritas anteriormente.

**Tabla 3.6 Resultados de la extrapolación de población**

Método	Año							
	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Aritmético	26.458	29.658	32.858	36.058	39.258	42.458	45.658	48.858
Geométrico (distritos)	26.458	35.847	47.975	57.295	68.243	77.632	85.674	93.621
Geométrico (área de estudio)	26.458	30.830	35.926	41.864	48.783	56.846	66.241	77.189
Analítico (Cantón)	26458	-	-	-	-	50000	-	64050
Analítico (Distritos)	26458	-	-	-	-	44674	-	51087

Fuente: Autor

En el Gráfico 3.1, se pueden observar los valores de la tabla 3.8, además se incluyeron los valores de crecimiento históricos de los años 1984 y 2000 para apreciar la tendencia de crecimiento obtenidas.

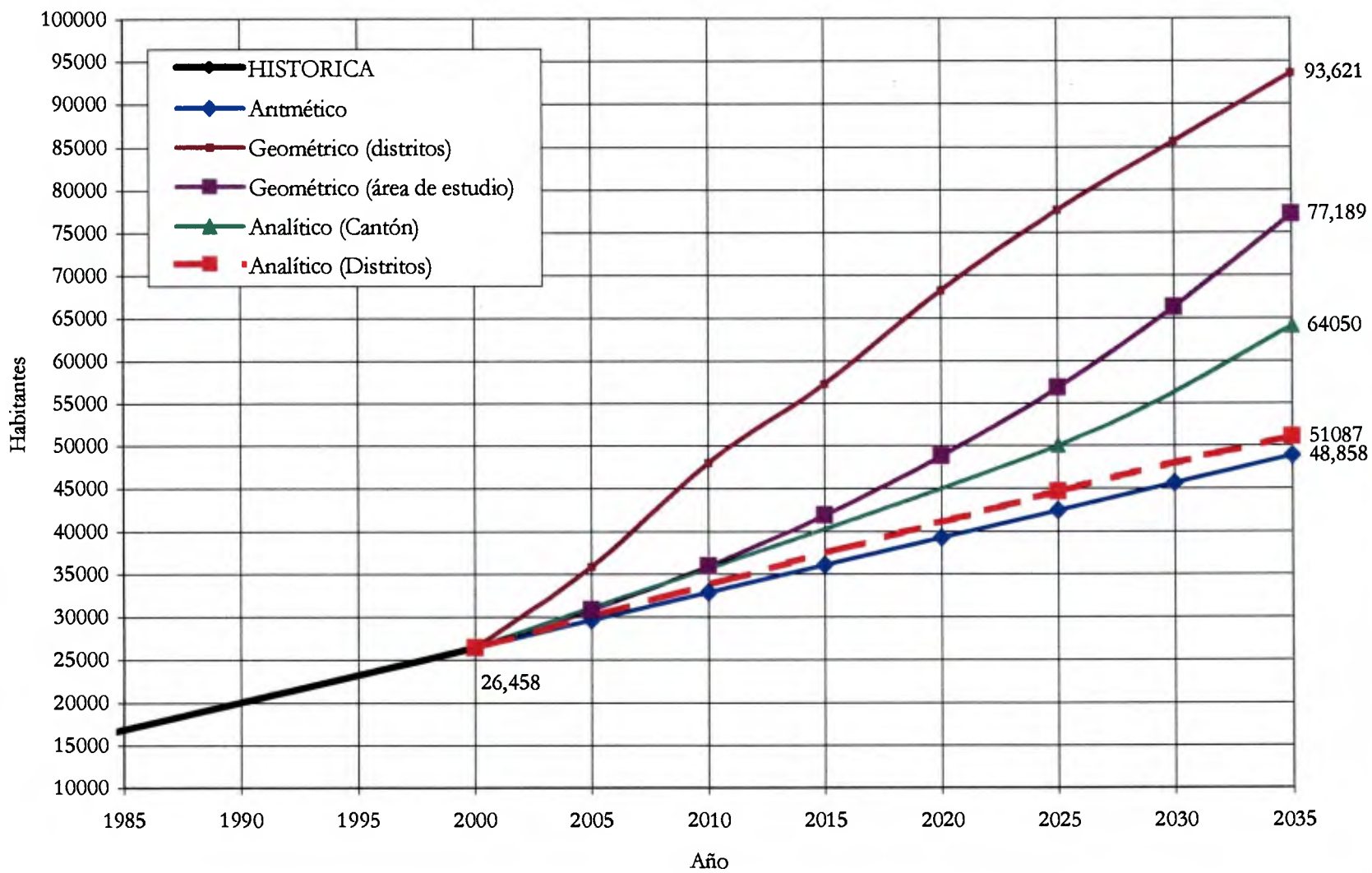
El crecimiento lineal es el de menor resultado, por el contrario, la metodología geométrica por distritos es la que brinda los mayores resultados, para alcanzar la población obtenida por este método al año 2035 será necesario aumentar 3.5 veces la población del año 2000. La población del distrito central se mantiene constante, implica que el resto del área de estudio debería aumentar 5.0 veces la población del año 2000, lo cual es un valor muy alto, por lo anterior esta metodología se utiliza como cota superior, no para determinar la población de diseño.

El método geométrico para el área de estudio determina el crecimiento poblacional basándose en datos promedios para el área de estudio, conformada por áreas con características diferenciadas, sin embargo sirve como guía junto con las demás metodologías para verificar los resultados obtenidos.

En el presente proyecto se ha elegido el método **analítico por distritos** (sin descartar las demás metodologías) debido a que es en el que realiza un análisis más exhaustivo primero al proyectar el distrito y luego determinar el porcentaje de aporte al área de estudio tomando en cuenta factores propios de cada distrito que pueden afectar el crecimiento poblacional, como: urbanizaciones existentes, disponibilidad de terrenos, tendencia de la distribución poblacional, uso de suelo, entre otros.

El distrito central de San Ramón en el año 2000 presentó aproximadamente 75.4 personas por hectárea como promedio cifra que no aumentó mucho desde el año 1984, para entonces se tenían 75.2 personas por hectárea. Esta variación mínima nos indica que el desarrollo residencial actualmente está determinado a los distritos vecinos que poseen en su mayoría capacidad, por esto se debe dar un proceso de cambio en busca del desarrollo vertical, principalmente en el distrito central.

Comparación de los métodos empleados en la proyección de población



En los últimos años se ha notado un importante crecimiento residencial en los distritos de San Juan y Alfaro, se puede pensar además en explotar la posibilidad de desarrollos urbanísticos en el distrito Ángeles, los cuales tienen muchas zonas que pueden dedicarse al uso residencial.

En el área de estudio como promedio según el análisis realizado (analítico por distritos) para el año 2035 tendrá aproximadamente **52000** personas (millar superior), con una densidad poblacional de **66.6** habitantes por hectárea. Creciendo el doble si se compara con la población con que contaba en el año 2000 (26500 personas). Si se excluye el distrito central el resto del área de estudio debe aumentar 2.5 veces la población del año 2000, valor aceptable para un lapso de 35 años y de acuerdo al plan regulador que busca concentrar la población.

Al observar el gráfico anterior se nota que el método aritmético brinda una población al 2035 tan solo un 7% menor a la población de diseño. En cambio el método geométrico por área de estudio es el que brinda la población superior a la de diseño más cercana con una población 50% mayor.

El estudio de crecimiento poblacional realizado en este capítulo es la base para determinar los caudales de diseño del alcantarillado sanitario, que se presenta en el capítulo quinto.



#### **4 Parámetros de diseño**

Para determinar los parámetros y criterios de diseño, se realizó una investigación para comparar los parámetros utilizados en los diferentes estudios existentes, con el objetivo de adoptar los valores que se aproximarán más a la realidad local, es necesario mencionar que estos parámetros son exclusivos para el área de estudio tomando en cuenta sus condiciones y demandas.

El estudio comparativo fue basado en la siguiente documentación:

- Geotécnica; Estudio de Alcantarillado Sanitario en Ciudades Intermedias. Etapa 1, Priorización de Estudios y Obras-Borrador. San Ramón; Acueductos y Alcantarillados; San José; Costa Rica; 1997.
- Normas de Proyectos de Acueductos y Alcantarillados; ICCA, febrero de 1973.
- Normas de Presentación, Diseño y Construcciones, Fraccionamientos y Condominios; ICCA, 1986.
- PLAMAGAM: Plan Maestro de Saneamiento y Alcantarillado de la Gran Área Metropolitana; Tahal Consulting Engineers Ltd, 1990.
- Informe Final de los Estudios de Factibilidad del Sistema de Alcantarillado Sanitario de Ciudades Intermedias; Tecnosan Engenharia S.A., 1990.
- NBR 9649: Proyecto de Redes Colectoras de Alcantarillado Sanitario; Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT), 1986.
- NBR 12208: Proyectos de Estaciones Elevadoras de Alcantarillado Sanitario; Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT), 1992.

##### **4.1 Periodo de diseño**

Según el artículo 2.3.2 de la Norma A y A - 90, el diseño de alcantarillados sanitarios se debe realizar para una vida útil de 20 a 30 años por lo que el periodo de diseño que se tomará es de 25 años a partir del año 2005, tomando en cuenta 5 años para trámites de permisos, financiamiento y construcción. El proyecto se diseñará para el año 2035.

##### **4.2 Cobertura**

Se tomará una cobertura del 85% para alcantarillado sanitario, debido a que por ubicación o condiciones topográficas no se puede cubrir el 100% de la cuenca.



### **4.3 Población de Diseño**

Se utilizará una población de diseño del 90% de la población total obtenida por medio de la estimación de la población futura: Actualmente la ciudad de San Ramón no es una “Ciudad Dormitorio”, pero en los próximos años formará parte de la mancha urbana que abarcará desde Cartago hasta San Ramón como una extensión del Valle Central, muchas personas abandonarán el área de estudio durante su jornada laboral y otras llegarán desde los distritos vecinos (por razones de trabajo, estudio, servicios); pero se estima que es mayor la población que abandona el área de estudio que la que ingresa, por tanto un valor de 90% es adecuado, ubicándose del lado de la seguridad.

### **4.4 Coeficiente de Retorno:**

El coeficiente de retorno relaciona la cantidad de agua potable abastecida con la que se transforma en agua residual. Según las Normas de Diseño de A y A en el artículo 2.3.2.a se recomienda utilizar el 75% de la dotación para el cálculo de aguas residuales. Se toma un valor de 80% para ser conservadores.

### **4.5 Dotación domiciliar:**

Según las Normas de Diseño de A y A, en el artículo 2.1.3 se recomienda la utilización de dotaciones residenciales entre 200 y 300 l/hab/día.

La demanda neta domiciliar per cápita representa el volumen de agua por persona, que se requiere disponible en cada conexión para ejecutar labores ordinarias en las viviendas o unidades habitacionales.

Como referencia a continuación en la Tabla 4.1, se dan algunos consumos en nuestro país, tomado de datos reales.

Las causas que favorecen al aumento del consumo neto domiciliar por persona son:

- Tarifas fijas
- Bajas tarifas
- Bajos niveles de micro-medición
- Deficiente gestión operacional y comercial
- Educación

**Tabla 4.1 Consumos reales y demandas estimadas en algunos acueductos del país**

Localidad	Consumo promedio domiciliario (m <sup>3</sup> /serv/mes)	Factor de hacinamiento	Consumo neto domiciliario (l/hab/d)	Consumo Neto no Domiciliario (%) respecto al Consumo Neto Domiciliario	Consumo Neto no Domiciliario (l/hab/d)	Consumo Neto Total (l/hab/d)
Atenas	23.59	3.8	204	13.1%	26.7	230.7
Palmares	26.12	3.8	226	10.5%	23.7	249.7
San Ramón	21.37	3.7	190	20%	38.0	228.0
Cartago	33.3	4.1	267	16%	41.9	308.9
Alajuela El Pasito	23.17	4	191	12%	22.7	213.7

Fuente: CONCESA, 2003

Según la tabla anterior la ciudad de San Ramón en el año 2003 tenía un consumo domiciliario de 190 l/hab/día como demanda neta domiciliaria.

Un estudio más reciente “Estudio de la situación y propuestas de mejoras para el abastecimiento de agua potable en la zona de San Ramón y Palmares”, elaborado por CONCESA para acueductos y alcantarillados en febrero del 2005, han demostrado que el consumo domiciliario ha disminuido a 175.2 l/hab/día y menciona que para el año 2030 se espera llegar a 156.3 l/hab/ha, si se toman una serie de medidas que ayuden a disminuir el desperdicio. Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario se adoptará un promedio de 165 l/hab/ha para el año 2035.

Es importante mencionar que no se usa demanda total porque esta incluye las pérdidas del sistema de abastecimiento que no llegan al domicilio por lo cual tampoco forman parte del agua residual.

#### 4.6 Áreas de influencia y aporte residual:

El aporte residual está conformado por el consumo neto domiciliario y el consumo neto no domiciliario. La demanda no domiciliaria (institucional, comercial, industrial) se determina usando los factores no domiciliarios obtenidos de los datos históricos de consumo facturados, el estudio de CONCESA detalla factores no domiciliarios por distritos por ejemplo: San Rafael 1.25, San Ramón 1.25, San Juan 1.15, Ángeles con 1.15, Piedades Norte 1.1 y La Paz con 1.10. En promedio el factor no domiciliario a utilizar será de 1.2 por ser un valor promedio para los valores mostrados por distrito.

#### 4.7 Diámetro Mínimo

En conexiones domiciliarias el diámetro mínimo es de 100 mm.

Para la red se adoptarán diámetros mínimos de 200 mm en las salidas a la calle de la red, aún cuando la cantidad de aguas negras sea muy pequeña. Esto para facilitar el registro y mantenimiento del alcantarillado

#### **4.8 Factor de rugosidad “n” de Manning**

El factor de rugosidad conocido como “n” de Manning para tuberías de PVC es de 0.010.

#### **4.9 Distancia entre pozos de registro**

Se van a considerar pozos al inicio e intersección de subcolectores, cambios bruscos de pendientes y de dirección. En tramos rectos, se ubicará al menos un pozo cada 150 m.

#### **4.10 Ubicación de las tuberías**

Las tuberías se colocaran en el centro de las calles y avenidas, a una profundidad menor al alcantarillado pluvial.

#### **4.11 Recubrimiento**

El recubrimiento sobre la corona depende de las cargas externas sobre la tubería. Con el fin de garantizar la conexión de la mayoría de las viviendas y dar facilidades constructivas, se adoptará como recubrimiento mínimo de la red 1.0 m (0.8 m en tramos iniciales) y un máximo de 3.0 m, o hasta los 5.0 m en casos excepcionales.

#### **4.12 Número de Froude**

Este valor adimensional representa el efecto relativo entre las fuerzas de inercia y las fuerzas de gravedad. Para alcantarillados, este valor deberá ser mayor de 1.10 ó menor de 0.90 para evitar cambios de régimen que provocan saltos o caídas hidráulicas.

#### **4.13 Material**

El material que se utilizará para los tubos será de polímeros de alta densidad y las juntas de empaque de hule para los subcolectores y el colector final.

#### **4.14 Velocidad máxima y mínima**

Según las normas de ICAA que regulan las velocidades de los flujos, con el propósito de que el material suspendido no se sedimente en la alcantarilla, se recomiendan velocidades no menores de 0.6 m/s y tampoco mayores a los 5 m/s para proteger la tubería la abrasión que se origina por altas velocidades.

#### 4.15 Caudal de diseño

Según las sugerencias del autor del libro: Diseño de acueductos y alcantarillados, Ricardo López Caulla, se determinaron los diferentes aportes que forman el caudal de diseño para el sistema de acueductos y alcantarillados como se demuestra a continuación.

##### 4.15.1 Caudal medio diario domiciliario

El punto de partida para el diseño del alcantarillado sanitario es el caudal medio diario, el cual se define para cada zona como:

$$Q = \frac{(CR \cdot C) \cdot ((FP \cdot D) \cdot (COB \cdot A))}{86400}$$

en donde: Q= Caudal promedio de aguas residuales domésticas, l/s  
CR= Coeficiente de retorno (apartado 4.4)  
FP= Factor de población (apartado 4.3)  
C= Consumo de agua potable, l/hab/d  
D= Densidad de población de la zona, hab/ha  
A= Área de drenaje, ha  
COB= Cobertura (apartado 4.2)

##### 4.15.2 Caudal no domiciliario

El caudal no domiciliario está constituido por los aportes de agua residual realizados por industrias, comercios e instituciones. Se define como un porcentaje del caudal medio diario domiciliario. Mediante el factor no domiciliario FND, para San Ramón el FND = 0.2, según registros de consumo.

##### 4.15.3 Caudal medio diario de aguas residuales

El caudal medio diario es la suma de los aportes domiciliarios con los aportes no domiciliarios a saber: industriales, comerciales e institucionales.

##### 4.15.4 Caudal máximo horario de aguas residuales

El caudal de diseño para la red de colectores de un alcantarillado sanitario corresponde al caudal máximo horario. Este factor se determina a partir de factores de mayoración del caudal medio diario. Estos factores dependen del tamaño de la población.

$$Q_{\text{máx, horario}} = \bar{Q} \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

en donde:

P= Población en miles de habitantes

#### **4.15.5 Caudales de Infiltración**

Otros factores que intervienen en el diseño son los caudales de infiltración, que dependen de la naturaleza y permeabilidad del suelo, altura del nivel freático sobre la corona de las alcantarillas, tipo de junta a emplear y clase de tubería, además la tecnología utilizada al realizar la construcción de la red. Según la Norma de Diseño de ICAA donde el  $Q_{\text{infiltración}} = 0.25 \text{ l/s/km}$  de tubo nuevo con empaque de hule según el artículo 2.3.2.e, además por ser un alcantarillado de poco kilometraje y se incluye la infiltración por las paredes de los pozos.

#### **4.15.6 Conexiones erradas**

Este aporte corresponde principalmente a conexiones que equivocadamente o de manera ilícita se hacen de aguas de lluvias domiciliarias y de conexiones clandestinas. Como criterio usado en Colombia se estima un 20% del caudal máximo horario. En un sistema de alcantarillado sanitario no debe existir aporte por conexiones erradas, mucho menos en sistemas nuevos, pero se toma en cuenta como factor de seguridad en el diseño.

#### **4.15.7 Caudal de diseño**

Corresponde a la suma del caudal máximo horario (aporte domiciliario y no domiciliario), caudal de infiltración y el caudal de conexiones erradas

#### 4.16 Resumen de parámetros de diseño hidráulico

A continuación se muestra un resumen de los parámetros de diseño usados en diseño de la red de alcantarillados para la ciudad de San Ramón.

**Tabla 4.2 Parámetros diseño para redes y colectores**

Parámetro	Valor
Periodo de diseño	25 años
Cobertura	85%
Población de diseño	90%
Coefficiente de retorno	80%
Dotación	165 l/hab/día
Factor no domiciliar	1.20
Diámetro mínimo	Domiciliares 100 mm; red secundaria 200 mm
N de Manning	0.010
Material	Polímeros de alta densidad
Coefficiente de rugosidad	0.010 para tuberías plásticas
Distancia máxima entre pozos de registro	150 m
Número de Froude	Mayor que 1.1 o menor que 0.90
Recubrimiento mínimo	1 m
Recubrimiento máximo	3 m ó 5 m en casos excepcionales
Velocidad permitidas	0.6 m/s < v < 5 m/s
Caudal medio diario domiciliar	$Q = \frac{(CR \cdot C) \cdot ((FP \cdot D) \cdot (COB \cdot A))}{86400}$
Caudal máximo horario	$Q_{m\acute{a}x,horario} = \bar{Q} \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$
Tasa de infiltración	0.25 l/s/km
Conexiones erradas	20% del Caudal máximo horario
Criterio de diseño	Se diseña por capacidad a tubo lleno usando la fórmula de Manning

Fuente: Referencias, Autor



## **5 Diseño del alcantarillado sanitario**

La recolección y el transporte del agua residual desde sus puntos de origen constituyen el primer paso de la gestión efectiva del saneamiento de una población. Los conductos que recogen y transportan el agua residual se denominan alcantarillas, y al conjunto de las mismas se le denomina red de alcantarillado.

Una red de alcantarillado sanitario, además de las alcantarillas, está conformada por una serie de instalaciones complementarias con diferentes funciones, y por algunas instalaciones especiales, en el caso de redes de gran tamaño.

En el diseño es importante realizar un análisis de infiltración y de entrada de caudales incontrolados, así como de los medios para eliminarlos o para disminuirlos.

### **5.1 Elementos que constituyen un sistema de alcantarillado sanitario**

#### **5.1.1 Tipos de alcantarillas**

Los tipos, tamaños y longitudes de las alcantarillas de alcantarillado sanitario dependen de las características de la población y de la ubicación de la estación depuradora. La función de los diversos tipos de alcantarillas se describe en la tabla 5.1 y su representación se muestra en la figura 5.1.

#### **5.1.2 Instalaciones complementarias**

Las instalaciones complementarias tienen por finalidad asegurar que la red funcione de acuerdo con lo previsto en el proyecto, y de modo tal que puedan inspeccionarse y mantenerse en buenas condiciones de funcionamiento.

Entre las principales instalaciones complementarias se tienen:

- Pozos de registro, conexiones a edificios y dispositivos de limpieza
  - Pozos de registro: Tamaño, espaciamiento, transiciones y cambios de dirección, pozos con caídas incorporadas
  - Conexiones domiciliarias
  - Cámaras de descarga
- Confluencias y transiciones, sifones invertidos, caídas y disipadores de energía
  - Confluencias y transiciones
  - Sifones invertidos
  - Caídas y disipadores de energía
  - Salidas.

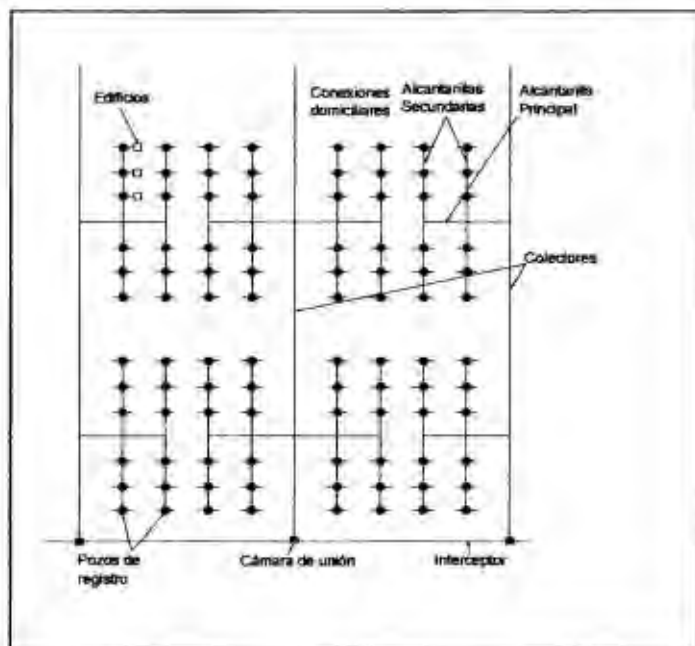
Cabe mencionar que existen otros sistemas de instalaciones complementarias que surgirán de las necesidades particulares de cada proyecto, junto con una extensa variedad de accesorios.



**Tabla 5.1: Tipos de alcantarillas en una red de alcantarillado.**

Tipo de alcantarilla	Finalidad
Acometida domiciliaria	Las acometidas o conexiones domiciliarias se conectan a la red de desagües de los edificios y su finalidad es transportar las aguas residuales originadas en ellos a las alcantarillas secundarias o a cualquier otra, excepto a otra acometida domiciliaria. Normalmente, se construyen exteriormente al edificio, dependiendo su distancia a los cimientos de las normativas locales
Laterales o secundarias	Constituyen el primer elemento de la red de alcantarillado y suelen disponerse en las calles o en zonas especiales de servidumbre. Se utilizan para transportar el agua residual de uno o más edificios a las alcantarillas principales.
Principales	Se utilizan para transportar el agua residual procedente de una o varias alcantarillas secundarias a los colectores o interceptores.
Colectores	Son alcantarillas de gran tamaño que transportan el agua residual de las principales a la estación depuradora o a grandes interceptores
Interceptores	Son alcantarillas de gran tamaño que se utilizan para interceptar y para recoger el agua residual procedente de uno o varios colectores o alcantarillas principales, transportándola a la estación depuradora.

Fuente: "Ingeniería de aguas residuales", Metcalf & Eddy 2000



**Figura 5.1: Representación esquemática de los diversos tipos de alcantarillas en una red de alcantarillado**

## 5.2 Descripción de un proyecto de alcantarillado sanitario

Para concretar un proyecto de alcantarillado sanitario se deben seguir diversas etapas, partiendo de una necesidad, luego se da la selección del alcance geográfico, poblacional y temporal del proyecto; hasta la recepción de la obra.

Un diseño final para un sistema de alcantarillado sanitario requiere de estudios precisos y detallados de las variables determinantes. A saber: estudios de suelos, geológicos, hidrogeológicos, de crecimiento poblacional, vulnerabilidad a desastres naturales, entre otros, como se muestran a continuación.

Un **diseño preliminar de la red de alcantarillado** puede elaborarse con menor cantidad de información, realizando además suposiciones y simplificaciones con criterios técnicos justificados. Pues su fin es ser la base teórica, metodológica e informativa para un futuro diseño definitivo.

A continuación se hace una descripción por etapas, que muestra los pasos a seguir para la llevar a cabo de principio a fin un proyecto de alcantarillado sanitario. (Metcalf & Eddy, 1998)

Esta descripción no es exhaustiva, sirve como una guía flexible, la cual puede modificarse según las demandas específicas del proyecto, de manera que algunos aspectos no fueron tomados en cuenta debido a que representan un elevado nivel de detalle.

- Trabajos de campo:
  - Levantamiento topográfico: Se debe realizar en la zona de estudio y en los alrededores, donde se construirá el alcantarillado futuro. Se debe incluir la situación de las calles, líneas férreas, parques, estanques, ríos, desagües, y las estructuras que influyan o se vean afectadas por el proyecto.
  - Se recopilarán datos existentes sobre lluvias y escorrentía locales y si la información no es suficiente será necesario realizar medidas “in situ”
  - Datos sobre la capa freática: De estudios y proyectos realizados en la zona, y de sondeos.
  - Información de las características del suelo: Sondeos, estudios de suelos, valor del terreno.
  - Investigar sobre los precios de los materiales, mano de obra (especializada y no especializada).
- Investigación:
  - Estudios de: Suelos, hidrogeológicos, vulnerabilidad a desastres naturales.
  - Análisis: Poblacional, abastecimiento de agua, producción de aguas residuales.
- Preparación de planos y perfiles:
  - Preliminares: 1:2500 en condiciones normales, 1:500 cuando existan muchas estructuras que requieran mayor detalle. En los perfiles longitudinales deben mostrarse los ejes de las calles a cada 15 m y las curvas de nivel a cada 0.5 m.

- Para informes: Se derivan de los preliminares, en escalas de 1:10000 a 1:20000. Los perfiles suelen prepararse en escalas tan pequeñas como sea posible.
- Consideraciones básicas del proyecto:
  - Estimación de caudales de agua residual, y sus variaciones horarias.
  - Estudio bacteriológico para caracterizar la carga orgánica.
  - Selección de la fórmula de dimensionamiento de las alcantarillas, materiales, tamaños mínimos, velocidades mínimas y máximas.
  - Evaluación de trazados alternos.
  - Evaluación de la posibilidad de trazados curvos.
  - Selección de instalaciones complementarias adecuadas.
- Preparación de planos y perfiles definitivos:
  - Planos constructivos: Se deben incluir las curvas de nivel, cotas de los ejes de las calles, todas las calles, líneas férreas, edificios, conductos, pozos de registro e imbornales, nombres de las calles, parques, edificios públicos, y cursos de agua, norte geográfico.
  - Plano general de ubicación de las obras y un plano donde se señalen los límites de cada uno de los planos de detalle.
  - Perfiles: Debe mostrar la localización de los edificios existentes y las cotas de los sótanos, la alcantarilla a construir, su pendiente, tamaño, cotas de la solera en cada pozo de registro, tamaño y cota de la alcantarilla a la cual va a conectarse; información de los sondeos.
  - Comentarios de escalas:
    - Los perfiles deben dibujarse en la misma hoja en que se figura la planta y deben tener la misma escala horizontal.
    - La escala horizontal normalmente es 1:500 ó menores. Y la vertical suele ser 10 veces menor a la horizontal (1:50).
- Especificaciones y pliego de condiciones: Las especificaciones y condiciones deben describir lo más clara y completamente posible todos los trabajos, obligaciones, y condiciones incluidas en el contrato. Aunque la preparación de especificaciones detalladas aumente el costo económico de la redacción, el costo total del proyecto siempre será inferior, que en el caso en que los planos indiquen únicamente la forma de ejecución de las obras o que las especificaciones sean incompletas. Las especificaciones incluyen:
  - Instrucciones especiales
  - Forma de preparar los precios
  - Tipo de contrato
  - Condiciones generales y particulares relativas al trabajo.
  - Especificaciones técnicas: Calidades de los materiales, procedimientos constructivos, rendimientos exigidos, pruebas para la recepción del proyecto y sus sanciones por incumplimiento.
- Pruebas para la recepción de alcantarillas: Las pruebas se realizan en tramos menores a los 300 m. Las pruebas más usadas son las pruebas de filtración.
  - Prueba de agua
  - Prueba de aire a baja presión.
- Recepción, inauguración y puesta en operación del proyecto.

## **5.3 Metodología de diseño del sistema de alcantarillado sanitario**

### **5.3.1 Generalidades**

El diseño del sistema de alcantarillado se basó en los parámetros de diseño presentados en el cuarto capítulo y la metodología de empate por cota clave en pozos de registro, que consiste en igualar la cota clave de la tubería de llegada y la de salida; la caída en el pozo para tomar la pérdida de energía es la diferencia de los diámetros de llegada y salida.

La población promedio de diseño se obtuvo en el tercer capítulo, basándose en la población promedio se determinó la densidad de población promedio del área de estudio, información básica para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario.

El siguiente paso es realizar una distribución de nodos y tuberías, en toda el área de estudio ubicando la elevación a nivel de rasante de cada nodo y el área de aporte de cada colector.

Finalmente, respetando los límites y rangos permisibles por los parámetros de diseño y con ayuda de una hoja de cálculo, se procede a realizar el diseño de cada uno de los tramos, variando los diámetros de las tuberías y sus profundidades inicial y final con el objetivo de que el funcionamiento del sistema sea principalmente por gravedad.

En las siguientes secciones se explica la metodología usada para distribuir los nodos, los colectores, y áreas de aporte residual. Seguido por un ejemplo de cálculo para mostrar la metodología empleada.

### **5.3.2 Distribución de nodos**

La ubicación inicial de nodos se realizó colocando uno en cada intersección, y en cada cambio de dirección presente tanto en el sistema vial existente, como en la propuesta de nuevas vías incluidas en el plan regulador. En la segunda etapa de ubicación de nodos se tomó en cuenta la distancia máxima entre nodos como se indicó en el apartado 4.9. En algunos casos para simplificar los cálculos la distancia entre nodos alcanzó más de 150 m (en ningún caso mayor a 210 m), debido a que la pendiente se mantenía constante y el diseño de dos tramos era redundante, es suficiente con el diseño del tramo completo colocando un nodo intermedio en una etapa de diseño final.

Los nodos fueron etiquetados según su ubicación en las diferentes cuencas de diseño, separadas con un guión de una secuencia numérica que inicia en 000. Por ejemplo el nodo número cincuenta de la cuenca A2 se representa de la siguiente manera A2-050.

### 5.3.3 Colectores y subcolectores

Las tuberías se definen uniendo los nodos que recorren las rutas establecidas en el diseño (calles, caminos, carreteras, orilla de quebradas). Las tuberías parten desde el punto de nivel superior al nivel inferior, favoreciendo el diseño por gravedad. Se etiquetaron siguiendo el mismo criterio utilizado para los nodos, el nombre de la cuenca en donde se ubica separado por un guión de una secuencia numérica. En esta secuencia parte de los tramos iniciales hasta los puntos de entrega. Por ejemplo para la cuenca A1 los tramos iniciales A1-000 y A1-001 confluyen al tramo A1-002, este deposita sus aguas al tramo A1-003, repitiéndose el patrón de secuencia en todas las cuencas, como se muestra en la figura 5.2.

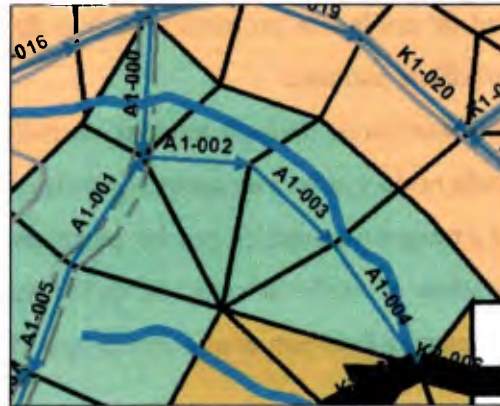


Figura 5.2: Ejemplo de secuencia en las etiquetas de tuberías.

### 5.3.4 Distribución de áreas

A cada tubería, se le asignó un área de aporte, realizando una distribución equitativa con los colectores adyacentes, como se muestra en la figura 5.3.

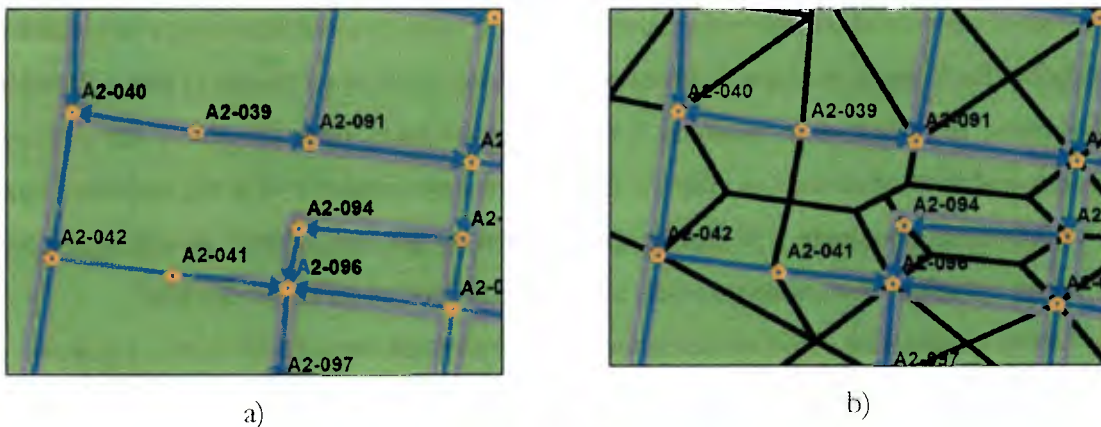


Figura 5.3: Áreas de aporte para colectores y subcolectores. a) Colectores b) Colectores y áreas de aporte

Este procedimiento de distribución de áreas modificó los límites curvos iniciales entre cuencas adyacentes, por límites rectilíneos.

En la zona de estudio se ubicaron dos tramos de tubería que transportan el agua residual proveniente de dos o más cuencas; estos tramos se identificaron para conformar una nueva cuenca. En la zona norte las cuencas de expansión desaguan a través de la cuenca denominada K1 conformada por las cuencas D1, D2, D3, D4, E, y F. (Ver mapa 5.1)

De igual manera se determinó la cuenca K2, que transporta las aguas residuales de las cuencas A1, A2, B, y C. (Ver mapa 5.1).

### 5.3.5 Ejemplo de cálculo

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo para el tramo K2-000.

Se pretende desarrollar la metodología usada para el diseño del sistema con un ejemplo de un tramo. Es importante mencionar que para cada uno de los colectores se usó el mismo procedimiento desarrollado para este tramo en específico.

Los números entre paréntesis cuadrados representan el número de columna correspondiente a la tabla 5.2 del resumen de diseño, en el ejemplo se explica el significado de cada una de las abreviaturas usadas en los encabezados de las columnas.

Es importante mencionar que los resultados de las fórmulas se obtuvieron de sustituir los valores exactos (con todos los decimales), en el ejemplo se muestran los valores redondeados, por esto en algunos casos los resultados de la operación con valores redondeados no coinciden exactamente con el resultado mostrado.

#### Ejemplo de diseño: Tramo K2-000.

[1] **Colector:** Identifica el colector a diseñar. K2-000.

[2] **Pozo De:** Pozo inicial del colector. C-028.

**Pozo A:** Pozo final del colector. K2-017.

[3] **Área:** Área de aporte residual del colector en cuestión. 1.58 Ha.

[4] **Q<sub>mhr</sub>:** Caudal máximo horario residual

Caudal medio diario domiciliar:

$$Q_{mda} = \frac{(CR \cdot C) + (FP \cdot D) + (COB \cdot A)}{86400}$$

$$Q_{mdd} = \frac{(0.80 \cdot 1651 / \text{hab} / \text{d}) [(0.90 \cdot 66.6 \text{hab} / \text{ha}) \cdot (0.85 \cdot 1.58 \text{ha})]}{86400} = 0.123 \text{ l/s}$$

$Q_{mdd}$	Caudal medio diario domiciliar, l/s
CR	Coeficiente de retorno, adimensional
C	Consumo domiciliar, l/hab/d
FP	Factor de población, adimensional
D	Densidad poblacional, hab/ha
COB	Cobertura, adimensional
A	Área, ha

Caudal medio diario no domiciliar:

$$Q_{mdnd} = FND \cdot Q_{mdd} = 0.2 \cdot 0.123 \text{ l/s} = 0.025 \text{ l/s}$$

$Q_{mdnd}$	Caudal medio diario no domiciliar, l/s
FND	Factor no domiciliar, adimensional

Caudal medio diario residual:

$$Q_{mdr} = Q_{mdd} + Q_{mdnd} = 0.123 \text{ l/s} + 0.025 \text{ l/s} = 0.148 \text{ l/s}$$

$Q_{mdr}$	Caudal medio diario residual, l/s
-----------	-----------------------------------

Caudal máximo horario residual:

$$Q_{max\ hr} = Q_{mdr} \cdot FMH = Q_{mdr} \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} = 0.148 \text{ l/s} \cdot \frac{18 + \sqrt{52}}{4 + \sqrt{52}} = 0.32 \text{ l/s}$$

$Q_{max\ hr}$	Caudal máximo horario residual, l/s
FMH	Factor máximo horario, adimensional
P	Población, miles de habitantes

[5] **Longitud del colector:** Longitud del colector en estudio, 123 m

[6] **Caudal de infiltración:** Caudal de infiltración a través de juntas, pozos, entre otros, en el tramo estudiado.

$$Q_{inf} = Lc \cdot F_{inf} = 123 \text{ m} \cdot 0.00025 \text{ l/s/m} = 0.0308 \text{ l/s}$$

$Q_{inf}$	Caudal de infiltración, l/s
$Lc$	Longitud del tramo, m
$F_{inf}$	Factor de infiltración, l/s/m

[7] **Conexiones erradas:** Corresponde en su mayoría a conexiones ilícitas de alcantarillado pluvial, al alcantarillado sanitario. Además se pueden citar aportes de: Drenes de cimientos, drenes de fuentes, aguas de refrigeración, entre otros.

$$Q_{erradas} = FC_{errada} \cdot Q_{max\ hr} = 0.2 \cdot 0.32 \text{ l/s} = 0.064 \text{ l/s}$$

$Q_{errada}$   
 $FC_{erradas}$

Caudal de conexiones erradas, l/s  
 Factor de conexiones erradas, adimensional

[8], [9], [10] **Caudal de diseño:** Caudal máximo horario

- **ant:** Caudal anterior heredado por todos los ramales anteriores y llegan hasta el pozo inicial, provenientes de otros colectores.
- **act:** Caudal actual, propio del tramo.
- **acum:** Caudal acumulado, resulta de la suma de los caudales anteriores y el caudal actual. Representa la totalidad del caudal que fluye por el colector.

ant: 67.84 l/s

act:

$$Q_{act} = Q_{max\ hr} + Q_{inf} + Q_{errada} = 0.32\ l/s + 0.0308\ l/s + 0.064\ l/s = 0.42\ l/s$$

acum:

$$Q_{acum} = Q_{ant} + Q_{act} = 67.84\ l/s + 0.42\ l/s = 68.26\ l/s$$

[11] **Pendiente:** Es la pendiente de la línea de carga, no la de la solera del canal. En caso de flujo uniforme en canal abierto, ambas pendientes son iguales.

El cálculo del diámetro de la tubería es un proceso iterativo, en el cual se varía la profundidad de la rasante [26] y [27] a la cota clave [34] y [35] y estas profundidades determinan la pendiente de la tubería.

[27] Cota de rasante del pozo final: 1005.0 m

[26] Cota de rasante del pozo inicial: 1010.0 m

[35] Profundidad de rasante a clave de la tubería en el pozo final: 1.00 m

[34] Profundidad de rasante a clave de la tubería en el pozo inicial: 1.00 m

$$S = \frac{([26] - [34]) - ([27] - [35])}{[5]} = \frac{(1010.0 - 1.0) - (1005.0 - 1.0)}{123.10} = 4.06\%$$

[12], [13] **Diámetro:** Representa el diámetro teórico, luego se escoge el diámetro comercial inmediato superior.

$$D_{teórico} = \left( \frac{Q_{acum} \cdot n}{0.31 \cdot S^{1/2}} \right)^{3/8} = \left( \frac{[10] \cdot n}{0.31 \cdot [11]^{1/2}} \right)^{3/8} = \left( \frac{0.06826\ m^3/s \cdot 0.010}{0.31 \cdot 0.0406^{1/2}} \right)^{3/8} = 0.18\ m$$

n "n" de Manning, ver apartado 4.8



Se escoge el diámetro comercial interno inmediatamente superior  $D = 0.2002$  m.

Además se debe verificar el diámetro anterior. Corresponde al tramo A2-249 y tiene un diámetro de 0.2976 m, como no se disminuye el diámetro de los colectores, entonces el diámetro escogido para el tramo K2-000 es de 0.2976 m.

[14] **Caudal a sección llena:** Representa el caudal que transporta una tubería a sección llena con las condiciones de pendiente, diámetro y “n” dados.

$$Q_{ll} = \frac{0.31 \cdot D^{8/3} \cdot S^{1/2}}{n} = \frac{0.31 \cdot 0.2976^{8/3} \cdot 0.0406^{1/2}}{0.010} = 248.24 \text{ l/s}$$

[15] **Velocidad a sección llena:**

$$V_{ll} = \frac{Q_{ll}}{\text{Área}} = \frac{Q_{ll}}{\pi/4 D^2} = \frac{0.248 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi/4 \cdot 0.2976^2} = 3.57 \text{ m/s}$$

[16] **Razón de caudales:** Se utiliza como entrada para calcular otros cocientes (variables a sección parcialmente llena entre sección llena), de tablas y gráficos, como:  $V/V_{ll}$ ,  $d/D$ . (Ver tabla 5.3).

$$\frac{Q}{Q_{ll}} = \frac{68.26 \text{ l/s}}{248.24 \text{ l/s}} = 0.27$$

[17] y [18] **Razón de velocidades y de lámina de agua:** Obtenidas de la tabla 5.3 usando como entrada  $Q/Q_{ll}$ .

$$\frac{V}{V_{ll}} = 0.71$$

$$\frac{d}{D} = 0.40$$

[19] y [20] **Velocidad y lámina de agua:** Se obtiene la velocidad y altura de la lámina de agua en la condición de sección parcialmente llena.

$$V = V_{ll} \cdot 0.71 = 3.57 \text{ m/s} \cdot 0.71 = 2.52 \text{ m/s}$$

$$d = D \cdot 0.4 = 0.2976 \text{ m} \cdot 0.4 = 0.12 \text{ m}$$

[25] **Número de Froude:** Indicador del tipo de flujo, debe ser estable. Esto se garantiza si  $0.90 > NF > 1.10$

$$NF = \frac{V}{\sqrt{gH}}$$

g Gravedad,  $m/s^2$

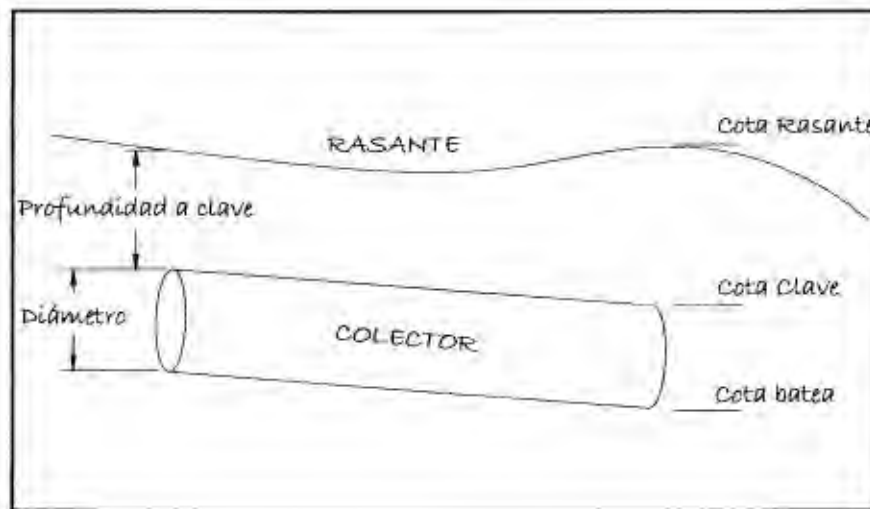
H Profundidad hidráulica, se obtiene de la tabla 5.3 usando como entrada  $Q/Q_u$

Para  $Q/Q_u = 0.27$  H/D es 0.30

Significa que  $H = 0.30 * D = 0.30 * 0.2976m = 0.089$

$$NF = \frac{V}{\sqrt{gH}} = \frac{2.52}{\sqrt{9.81m/s^2 \cdot 0.09}} = 2.69$$

En el siguiente diagrama se muestra la nomenclatura usada en los siguientes pasos como: profundidad a clave, cota clave, rasante, entre otras.



[26] y [27] **Cota de rasante:** Obtenidas de modelo de elevación digital generado a partir de curvas de nivel a cada 5 m.

[28] **Cota clave inicial:** Resulta de la cota de rasante inicial menos la profundidad a cota clave.

$$[28] = [26] - [34] = 1010.0 - 1.0 = 1009.0 \text{ m.s.n.m.}$$

[29] **Cota clave final:** Parte de la cota clave inicial, menos la diferencia de nivel producida por la pendiente [11] en la longitud del tramo [5]

$$[29] = [28] - [11] * [5] = 1009.0 \text{ m.s.n.m} - 0.0406 * 123.1m = 1004.00 \text{ m.s.n.m.}$$

[30] y [31] **Cota de batea:** Resulta de restar el diámetro de la tubería a la cota clave.

$$[30]=[28]-[13]=1009.0-0.2976=1008.7 \text{ m.s.n.m}$$

$$[31]=[29]-[13]=1004.0-0.2976=1003.7 \text{ m.s.n.m}$$

De esta manera la metodología de diseño empleada queda expuesta.

**Tabla 5.2: Relaciones hidráulicas en conductos circulares.**

Q/QII	V/VII	d/D	H/D	Q/QII	V/VII	d/D	H/D
0,00	0,000	0,000	0,000	0,52	0,860	0,576	0,472
0,01	0,292	0,092	0,041	0,53	0,865	0,582	0,479
0,02	0,362	0,124	0,067	0,54	0,870	0,588	0,487
0,03	0,400	0,148	0,086	0,55	0,875	0,594	0,494
0,04	0,427	0,165	0,102	0,56	0,880	0,601	0,502
0,05	0,453	0,182	0,116	0,57	0,885	0,608	0,510
0,06	0,473	0,196	0,128	0,58	0,890	0,615	0,518
0,07	0,492	0,212	0,140	0,59	0,895	0,620	0,526
0,08	0,505	0,220	0,151	0,60	0,900	0,626	0,534
0,09	0,520	0,232	0,161	0,61	0,903	0,632	0,542
0,10	0,540	0,248	0,170	0,62	0,908	0,639	0,550
0,11	0,553	0,258	0,179	0,63	0,913	0,645	0,559
0,12	0,570	0,270	0,188	0,64	0,918	0,651	0,568
0,13	0,580	0,280	0,197	0,65	0,922	0,658	0,576
0,14	0,590	0,289	0,205	0,66	0,927	0,666	0,585
0,15	0,600	0,298	0,231	0,67	0,931	0,672	0,595
0,16	0,613	0,308	0,221	0,68	0,936	0,678	0,604
0,17	0,624	0,315	0,229	0,69	0,941	0,686	0,614
0,18	0,634	0,323	0,236	0,70	0,945	0,692	0,623
0,19	0,645	0,334	0,244	0,71	0,951	0,699	0,633
0,20	0,656	0,346	0,251	0,72	0,955	0,705	0,644
0,21	0,664	0,353	0,258	0,73	0,958	0,710	0,654
0,22	0,672	0,362	0,266	0,74	0,961	0,719	0,665
0,23	0,680	0,370	0,273	0,75	0,965	0,724	0,677
0,24	0,687	0,379	0,280	0,76	0,969	0,732	0,688
0,25	0,695	0,386	0,287	0,77	0,972	0,738	0,700
0,26	0,700	0,393	0,294	0,78	0,975	0,743	0,713
0,27	0,706	0,400	0,300	0,79	0,980	0,750	0,725
0,28	0,713	0,409	0,307	0,80	0,984	0,756	0,739
0,29	0,720	0,417	0,314	0,81	0,987	0,763	0,753
0,30	0,729	0,424	0,321	0,82	0,990	0,770	0,767
0,31	0,732	0,431	0,328	0,83	0,993	0,778	0,783
0,32	0,740	0,439	0,334	0,84	0,997	0,785	0,798
0,33	0,750	0,447	0,341	0,85	1,001	0,791	0,815
0,34	0,755	0,452	0,348	0,86	1,005	0,798	0,833
0,35	0,760	0,460	0,354	0,87	1,007	0,804	0,852
0,36	0,768	0,468	0,361	0,88	1,011	0,813	0,871
0,37	0,776	0,476	0,368	0,89	1,015	0,820	0,892
0,38	0,781	0,482	0,374	0,90	1,018	0,826	0,915
0,39	0,787	0,488	0,381	0,91	1,021	0,835	0,940
0,40	0,796	0,498	0,388	0,92	1,024	0,843	0,966
0,41	0,802	0,504	0,395	0,93	1,027	0,852	0,995
0,42	0,806	0,510	0,402	0,94	1,030	0,860	1,027
0,43	0,810	0,516	0,408	0,95	1,033	0,868	1,063
0,44	0,816	0,523	0,415	0,96	1,038	0,876	1,030
0,45	0,822	0,530	0,422	0,97	1,039	0,884	1,149
0,46	0,830	0,536	0,429	0,98	1,040	0,892	1,202
0,47	0,834	0,542	0,436	0,99	1,041	0,900	1,265
0,48	0,840	0,550	0,443	1,00	1,042	0,914	1,344
0,49	0,845	0,557	0,450	1,01	1,042	0,920	1,445
0,50	0,850	0,563	0,458	1,02	1,042	0,931	1,584
0,51	0,855	0,570	0,465	1,03	1,042	0,942	1,591

Fuente: López, 2000

#### 5.4 Resumen de diseño

El diseño total del sistema de alcantarillado sanitario consta de 981 tramos para un aproximado de 90.7 kilómetros de tubería de diferentes diámetros.

El caudal de diseño de la red de colectores es el caudal máximo horario, para las estaciones de bombeo el caudal de diseño es el caudal promedio, el sistema de bombeo debe tener su máximo rendimiento cerca del caudal promedio y además debe contar con capacidad para transportar el caudal máximo. El caudal mínimo es importante en el diseño de la línea de impulsión, debe evitarse que se obstruya la tubería de impulsión al depositarse los sólidos por baja velocidad.

En la tabla 5.3 se presenta un resumen de los principales resultados de diseño de la red obtenidos en cada cuenca.

Para cada una de las doce cuencas de diseño existe un mapa que presenta el diseño de alcantarillado sanitario, con la ubicación diámetro y etiqueta de los colectores.

La tabla 5.4 complementa la información gráfica de los mapas brindando información más detallada sobre el diseño de los tramos con tubería de diámetro mayor a los 0.20 m.

La información particular de cada uno de los 981 tramos (longitud, área de aporte, elevación, pozos) se encuentra en archivo digital en el disco compacto adjunto.

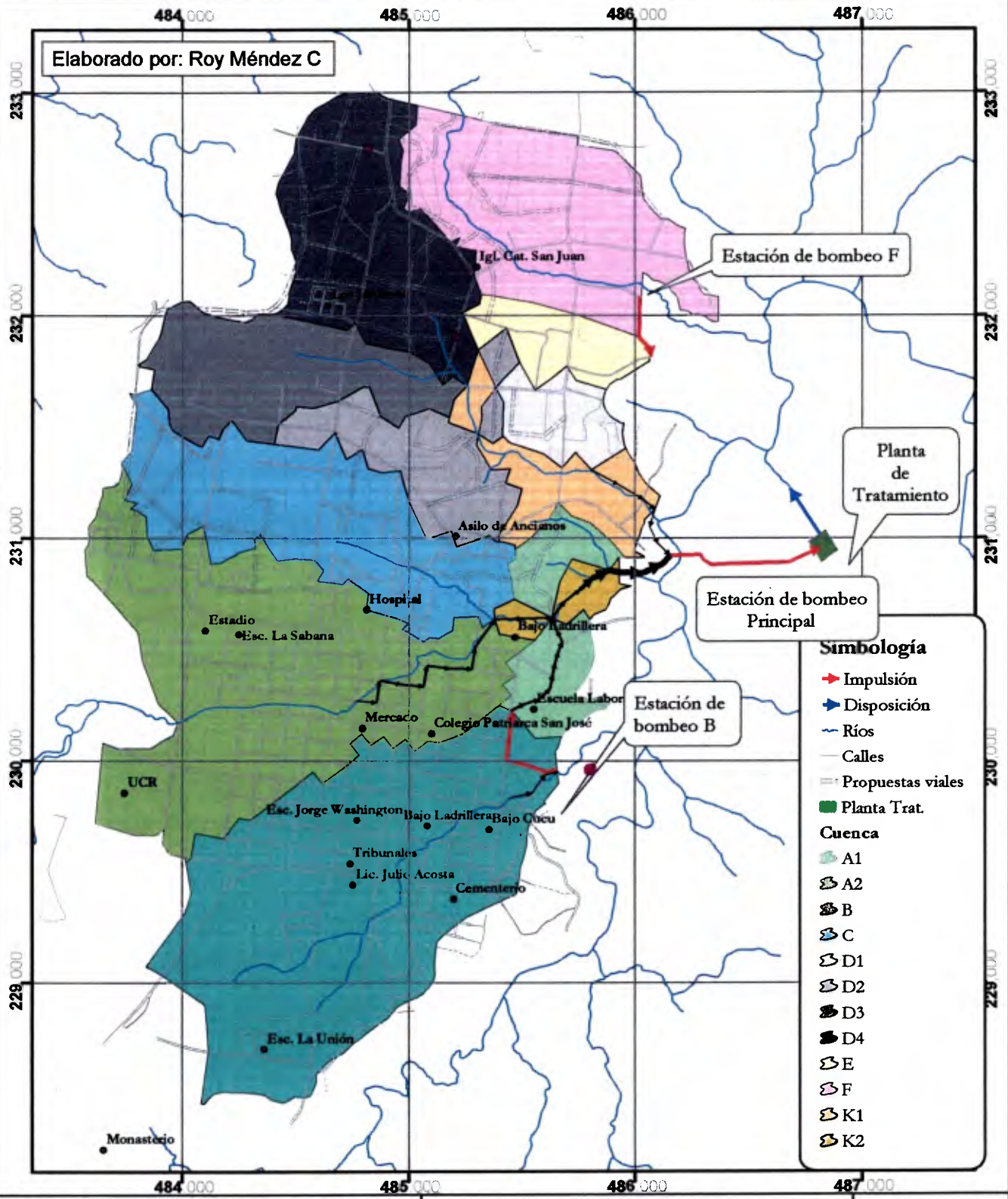
**Tabla 5.3: Principales resultados del diseño**

Cuenca	Área (%)	Población diseño (hab)	Longitud alcantarillado (km)	Caudal de diseño (l/s)	Caudal promedio (l/s)	Caudal mínimo* (l/s)
A1	3,7	1.939	2,6	7,85	4,52	1,36
A2	20,7	10.779	23,0	45,72	27,22	8,17
B	23,0	11.980	21,7	49,85	29,29	8,79
C	11,2	5.821	10,1	24,11	14,12	4,24
D1	2,2	1.167	2,1	4,87	2,86	0,86
D2	4,9	2.572	4,0	10,55	6,14	1,84
D3	6,9	3.599	5,7	14,77	8,59	2,58
D4	9,5	4.928	8,9	20,49	12,04	3,61
E	2,6	1.328	1,7	5,36	3,08	0,92
F	10,6	5.530	7,3	22,34	12,85	3,86
K1	3,4	1.754	2,6	7,16	4,15	1,24
K2	1,2	610	0,9	2,48	1,44	0,43
Total	100,0	52.005	90,7	215,54	126,29	37,89

\* Factor de caudal mínimo 0,3 según Metcalf & Eddy

Fuente: Autor

# Mapa 5.1: Cuencas para el diseño del alcantarillado sanitario



Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989;  
 Autor, 2005.



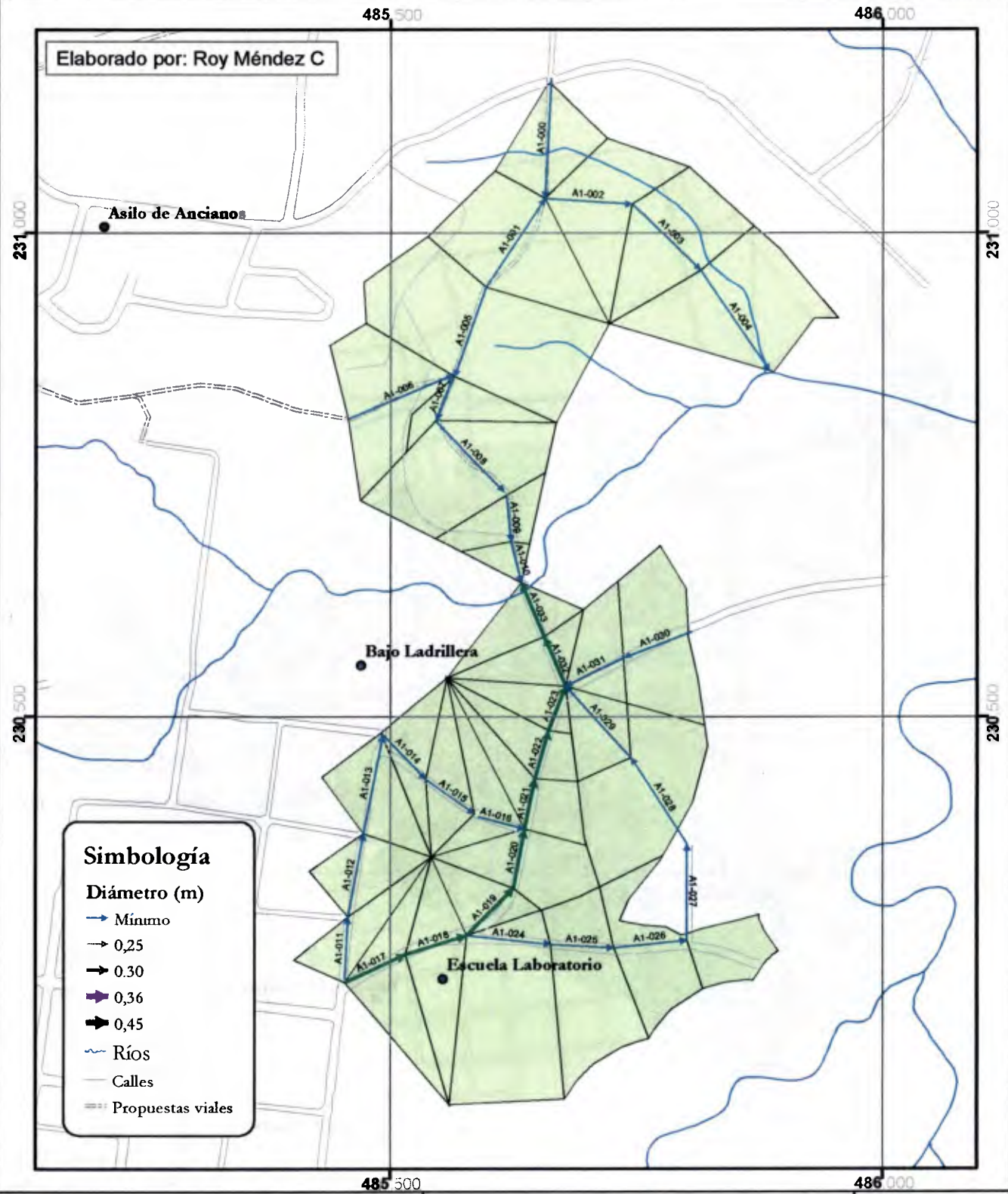
Tabla 5.4: Resumen de diseño de colectores y subcolectores. Diámetros mayores al mínimo.

Colector	Itinerario		Área	Cm/c	Infiltración		Cm/c Erasa	Q (lit/s)			Q (l/s)	D		Q (lit/s)	V (m/s)	Q (lit/s)	V (m/s)	Q (lit/s)	V (m/s)	Q (lit/s)	V (m/s)	Cota rasante		Cota clave		Cota boca		Prof. a clave			
	De	A			Pr. (lit/s)	Sec. (lit/s)		Loz. (lit/s)	Actual (lit/s)	Pr. (lit/s)		Sec. (lit/s)	Actual (lit/s)									(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)
A1-017	A1-000	A1-001	0,82	0,17	88,63	0,02	0,03	49,85	0,22	50,08	0,36%	0,26	0,30	74,3	1,07	0,67	0,93	0,67	0,99	0,20	0,75	1055,0	1055,0	1054,0	1053,8	1053,7	1053,5	1,00	1,25		
A1-018	A1-001	A1-002	0,82	0,17	85,29	0,02	0,03	50,08	0,22	50,30	7,89%	0,14	0,30	345,9	4,97	0,15	0,60	0,30	2,98	0,09	3,63	1055,0	1049,8	1053,8	1048,8	1053,5	1048,3	1,25	1,00		
A1-019	A1-002	A1-010	0,41	0,09	68,53	0,02	0,02	50,30	0,12	50,42	13,28%	0,13	0,30	448,8	6,45	0,11	0,55	0,26	3,57	0,08	4,94	1049,8	1040,5	1048,8	1039,5	1048,3	1039,2	1,00	1,00		
A1-020	A1-010	A1-011	0,77	0,16	62,21	0,02	0,03	50,42	0,21	50,63	18,66%	0,12	0,30	531,9	7,85	0,10	0,54	0,25	4,13	0,07	5,86	1040,5	1028,9	1039,5	1027,9	1039,2	1027,6	1,00	1,00		
A1-021	A1-011	A1-012	0,6	0,13	52,93	0,01	0,03	51,51	0,16	51,67	12,09%	0,13	0,30	428,3	6,16	0,12	0,57	0,27	3,51	0,08	4,74	1028,9	1022,5	1027,9	1021,5	1027,6	1021,2	1,00	1,00		
A1-022	A1-012	A1-013	0,46	0,10	51,49	0,01	0,02	51,67	0,13	51,80	14,57%	0,13	0,30	470,1	6,78	0,11	0,55	0,26	3,74	0,08	5,17	1022,5	1015,0	1021,5	1014,0	1021,2	1013,7	1,00	1,00		
A1-023	A1-013	A1-016	0,34	0,07	49,27	0,01	0,01	51,80	0,10	51,90	9,13%	0,14	0,30	372,2	5,35	0,14	0,59	0,29	3,16	0,09	4,08	1015,0	1010,5	1014,0	1009,5	1013,7	1009,2	1,00	1,00		
A1-032	A1-016	A1-017	0,45	0,09	55,28	0,01	0,02	53,93	0,12	54,05	4,70%	0,16	0,30	267,1	3,84	0,20	0,66	0,35	2,52	0,10	2,94	1010,5	1007,9	1009,5	1006,9	1009,2	1006,6	1,00	1,00		
A1-033	A1-017	A1-028	0,47	0,10	61,04	0,02	0,02	54,06	0,13	54,19	4,75%	0,16	0,30	268,5	3,86	0,20	0,66	0,35	2,53	0,10	2,96	1007,9	1005,0	1006,9	1004,0	1006,6	1003,7	1,00	1,00		
A2-163	A2-130	A2-134	0,47	0,10	95,60	0,02	0,02	32,42	0,14	32,56	0,21%	0,24	0,25	35,4	0,72	0,92	1,02	0,84	0,74	0,21	0,48	1055,0	1055,0	1053,2	1053,0	1052,9	1052,7	1,80	2,00		
A2-164	A2-134	A2-136	0,50	0,10	100,82	0,03	0,02	32,56	0,15	32,71	0,15%	0,26	0,30	47,6	0,88	0,69	0,94	0,69	0,64	0,20	0,48	1055,0	1055,0	1053,0	1052,9	1052,7	1052,6	2,00	2,15		
A2-164	A2-136	A2-142	0,48	0,10	98,75	0,02	0,02	35,29	0,15	35,43	1,62%	0,17	0,30	166,3	2,39	0,21	0,86	0,35	1,59	0,11	1,83	1055,0	1053,2	1054,0	1052,2	1053,7	1051,9	1,00	1,00		
A2-205	A2-142	A2-148	0,47	0,10	97,04	0,02	0,02	38,42	0,14	38,56	1,96%	0,17	0,30	172,3	2,48	0,22	0,67	0,36	1,67	0,11	1,89	1053,2	1051,3	1052,2	1050,3	1051,9	1050,0	1,00	1,00		
A2-211	A2-148	A2-149	0,96	0,12	96,42	0,02	0,02	39,32	0,17	39,49	4,09%	0,15	0,30	249,0	3,58	0,16	0,61	0,31	2,19	0,09	2,73	1051,3	1047,4	1050,3	1046,4	1050,0	1046,1	1,00	1,00		
A2-221	A2-149	A2-154	0,83	0,17	103,43	0,03	0,03	40,68	0,23	40,92	19,05%	0,11	0,30	537,6	7,73	0,08	0,51	0,22	3,90	0,07	5,88	1047,4	1027,7	1046,4	1028,7	1046,1	1028,4	1,00	1,00		
A2-239	A2-154	A2-158	0,89	0,19	98,30	0,02	0,04	43,36	0,25	43,61	4,88%	0,15	0,30	272,2	3,91	0,16	0,61	0,31	2,40	0,09	2,99	1027,7	1022,9	1028,7	1021,9	1026,4	1021,6	1,00	1,00		
A2-243	A2-158	A2-159	0,73	0,15	96,60	0,02	0,03	44,07	0,21	44,28	11,49%	0,13	0,30	417,5	6,00	0,11	0,55	0,28	3,32	0,08	4,59	1022,9	1011,8	1021,9	1010,8	1021,6	1010,5	1,00	1,00		
A2-249	A2-159	C-028	0,82	0,13	155,44	0,04	0,03	45,52	0,20	45,72	1,16%	0,20	0,30	132,5	1,91	0,34	0,76	0,45	1,44	0,13	1,43	1011,8	1010,0	1010,8	1009,0	1010,5	1008,7	1,00	1,00		
B-225	B-135	B-136	0,42	0,09	103,65	0,03	0,02	47,36	0,13	47,49	0,39%	0,25	0,25	48,1	0,98	0,99	1,04	0,90	1,02	0,23	0,58	1010,0	1010,0	1009,0	1008,6	1008,7	1008,3	1,00	1,40		
B-227	B-136	B-149	0,95	0,20	100,16	0,03	0,04	47,63	0,26	47,90	0,50%	0,24	0,25	54,7	1,11	0,88	1,01	0,81	1,13	0,20	0,77	1010,0	1009,3	1008,8	1008,1	1008,3	1007,6	1,40	1,20		
B-236	B-149	B-150	0,91	0,11	60,94	0,02	0,02	49,71	0,14	49,85	7,22%	0,15	0,25	208,2	4,24	0,24	0,69	0,38	2,91	0,09	3,51	1009,3	1004,9	1008,3	1003,9	1008,0	1003,6	1,00	1,00		
K1-011	D1-023	K1-005	2,76	0,58	135,71	0,03	0,12	75,21	0,73	75,94	1,84%	0,22	0,25	105,1	2,14	0,72	0,98	0,71	2,04	0,18	1,63	1008,6	1008,0	1007,6	1005,1	1007,3	1004,6	1,00	0,90		
K1-012	K1-005	K1-015	1,61	0,34	129,28	0,03	0,07	75,94	0,44	76,37	1,12%	0,24	0,25	82,0	1,67	0,93	1,03	0,85	1,72	0,21	1,10	1005,0	1005,0	1004,1	1002,7	1003,8	1002,4	0,90	2,35		
K1-024	K1-015	K1-016	0,42	0,09	67,80	0,02	0,02	85,35	0,12	85,47	2,88%	0,21	0,25	131,4	2,87	0,65	0,92	0,66	2,47	0,16	2,07	1005,0	1001,7	1002,7	1000,7	1002,4	1000,4	2,35	1,00		
K1-025	K1-016	K1-017	0,80	0,00	81,37	0,02	0,00	85,47	0,02	85,49	2,58%	0,22	0,25	124,5	2,53	0,69	0,94	0,69	2,38	0,17	1,94	1001,7	999,8	1000,7	998,6	1000,4	998,3	1,00	1,00		
K1-026	K1-017	K1-018	0,80	0,00	83,17	0,02	0,00	85,49	0,02	85,51	2,65%	0,22	0,25	126,0	2,56	0,68	0,94	0,68	2,40	0,17	1,97	999,8	997,4	998,6	996,4	998,3	996,1	1,00	1,00		
K1-027	K1-018	K2-024	0,00	0,00	77,30	0,02	0,00	85,51	0,02	85,53	6,34%	0,18	0,25	195,0	3,97	0,44	0,52	0,52	3,24	0,13	3,21	997,4	992,5	998,6	991,5	996,1	991,2	1,00	1,00		
K2-000	C-028	K2-017	1,58	0,33	123,10	0,03	0,07	89,83	0,43	90,25	4,06%	0,19	0,30	248,2	3,57	0,28	0,71	0,41	2,54	0,12	2,69	1010,0	1005,0	1009,0	1004,0	1008,7	1003,7	1,00	1,00		
K2-001	K2-017	A1-028	1,45	0,30	129,40	0,03	0,08	70,25	0,40	70,65	0,70%	0,28	0,30	102,7	1,48	0,89	0,94	0,89	1,39	0,20	1,04	1005,0	1005,0	1004,0	1003,1	1003,7	1002,6	1,00	1,90		
K2-002	A1-028	K2-018	0,73	0,15	92,24	0,02	0,03	126,62	0,21	126,82	1,08%	0,30	0,30	128,2	1,84	0,99	1,04	0,90	1,92	0,27	1,00	1005,0	1003,8	1003,1	1002,1	1002,8	1001,6	1,90	1,70		
K2-003	K2-018	K2-019	1,06	0,22	88,02	0,02	0,04	126,82	0,29	127,11	2,95%	0,25	0,30	211,7	3,04	0,60	0,90	0,63	2,74	0,19	2,19	1003,8	1000,5	1002,1	999,5	1001,8	999,2	1,70	1,00		
K2-004	K2-019	K2-020	2,41	0,51	74,70	0,02	0,10	127,11	0,63	127,74	0,94%	0,31	0,36	204,3	1,96	0,63	0,91	0,65	1,79	0,23	1,27	1000,5	1000,0	999,5	998,6	999,1	998,4	1,00	1,20		
K2-005	K2-020	A1-023	1,26	0,27	82,50	0,02	0,05	127,74	0,34	128,08	0,30%	0,36	0,45	199,2	1,28	0,64	0,92	0,65	1,17	0,29	0,74	1000,0	1000,0	998,8	998,6	998,4	998,1	1,20	1,45		
K2-006	A1-023	K2-021	0,47	0,10	47,37	0,01	0,02	129,82	0,13	129,95	0,74%	0,32	0,45	311,0	1,89	0,42	0,61	0,51	1,61	0,23	1,21	1000,0	1000,0	998,6	998,2	998,1	997,8	1,45	1,80		
K2-007	K2-021	K2-022	0,00	0,00	105,31	0,03	0,00	129,95	0,03	129,97	0,95%	0,31	0,45	352,6	2,26	0,37	0,78	0,48	1,75	0,21	1,38	1000,0	998,2	998,2	997,2	997,8	996,8	1,80	1,00		
K2-008	K2-022	K2-023	0,00	0,00	95,69	0,02	0,00	129,97	0,02	130,00	1,99%	0,27	0,45	509,9	3,27	0,25	0,70	0,39	2,27	0,17	2,03	998,2	996,3	997,2	995,3	996,8	994,9	1,00	1,00		
K2-009	K2-023	K2-024	0,00	0,00	49,20	0,01	0,00	130,00	0,01	130,01	6,71%	0,21	0,45	937,1	6,00	0,14	0,59	0,29	3,54	0,13	3,74	996,3	992,5	994,8	991,5	994,4	991,1	1,50	1,00		

Nota: La nomenclatura utilizada en las columnas se explican en el apartado 5.3.5

Fuente: Autor

# Mapa 5.2: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca A1.

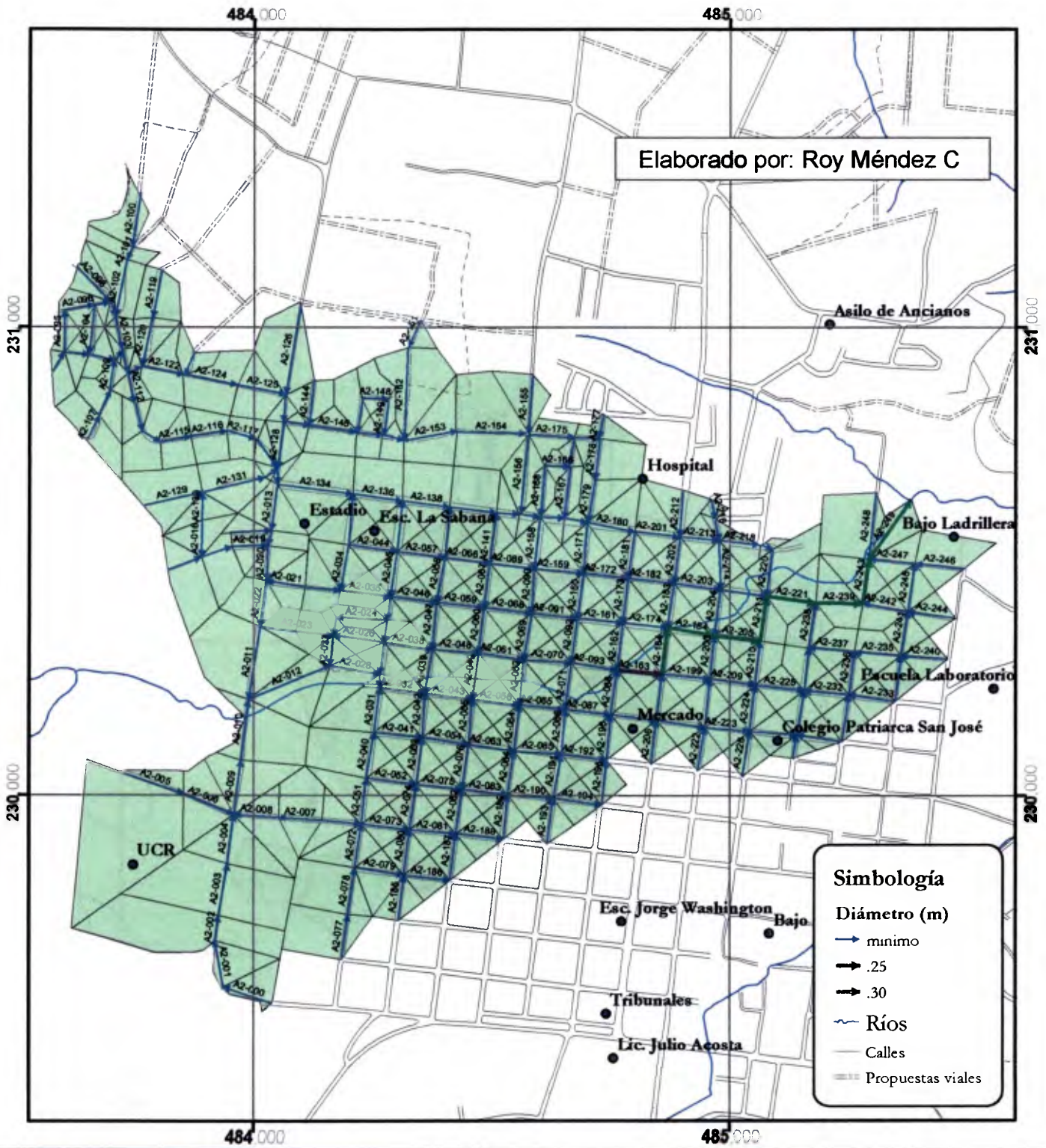


Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989;  
 Autor, 2005.

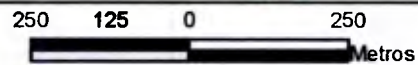




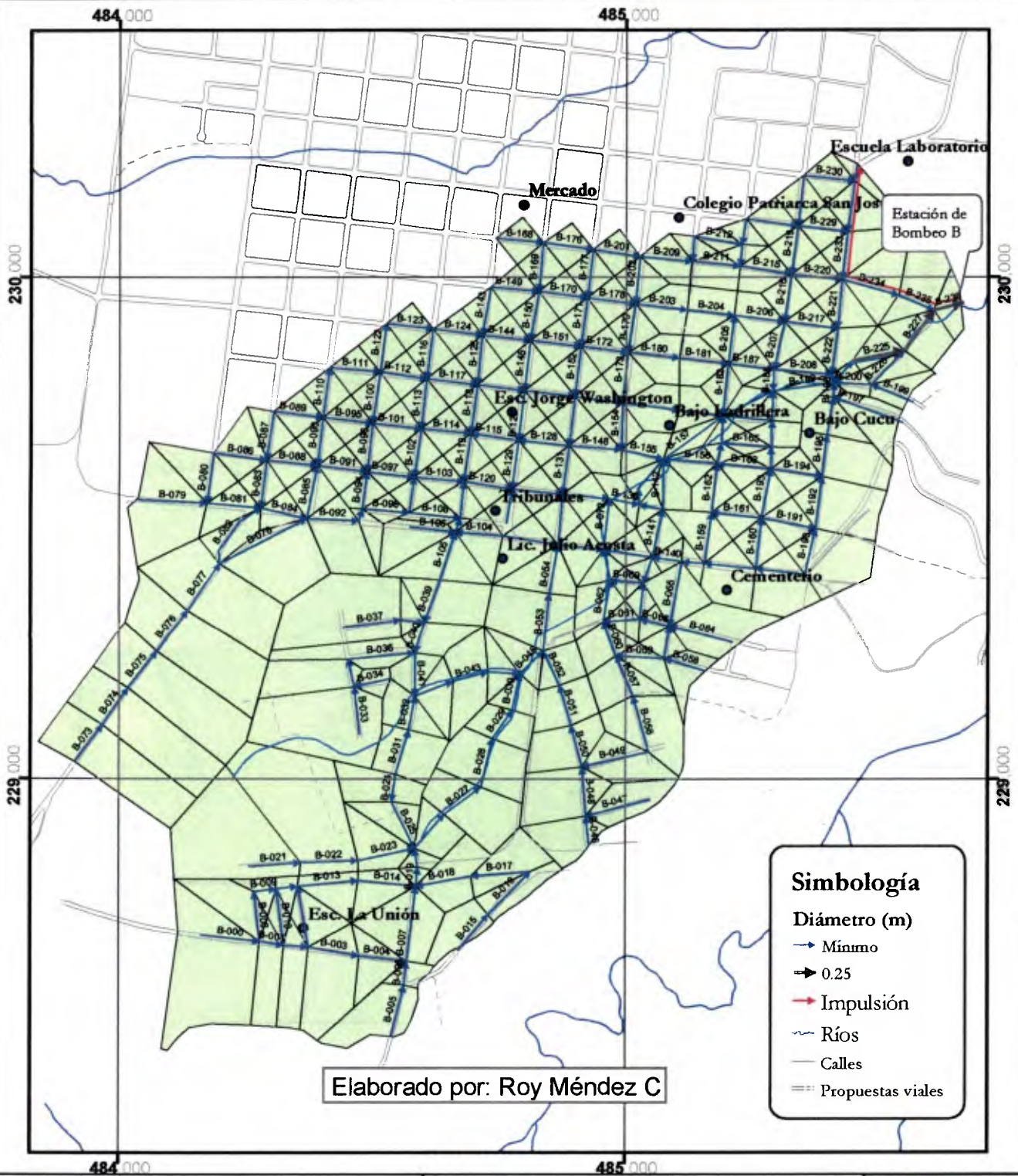
Mapa 5.3: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca A2.



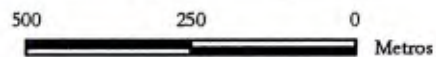
Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989; Autor, 2005.



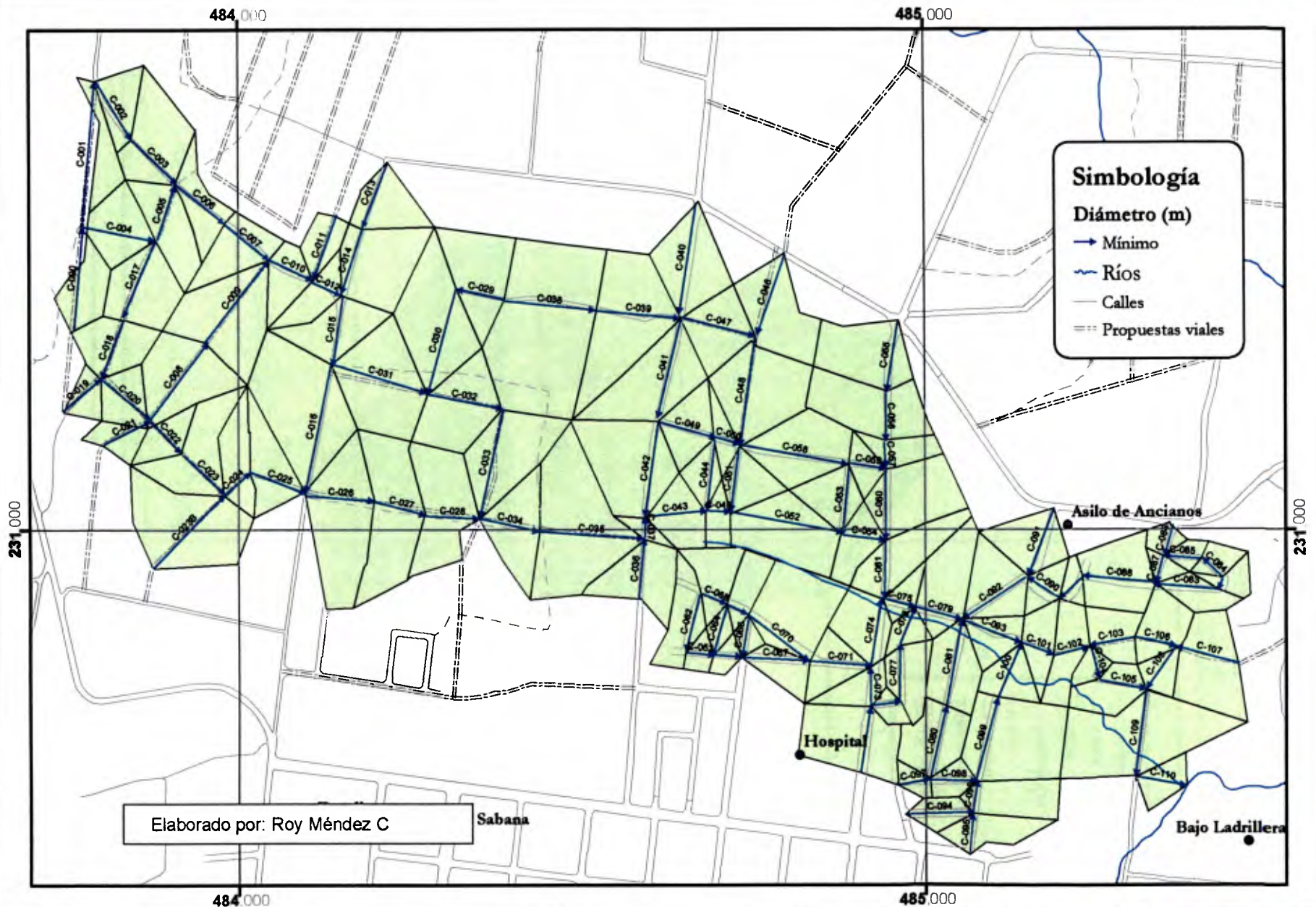
Mapa 5.4: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca B.



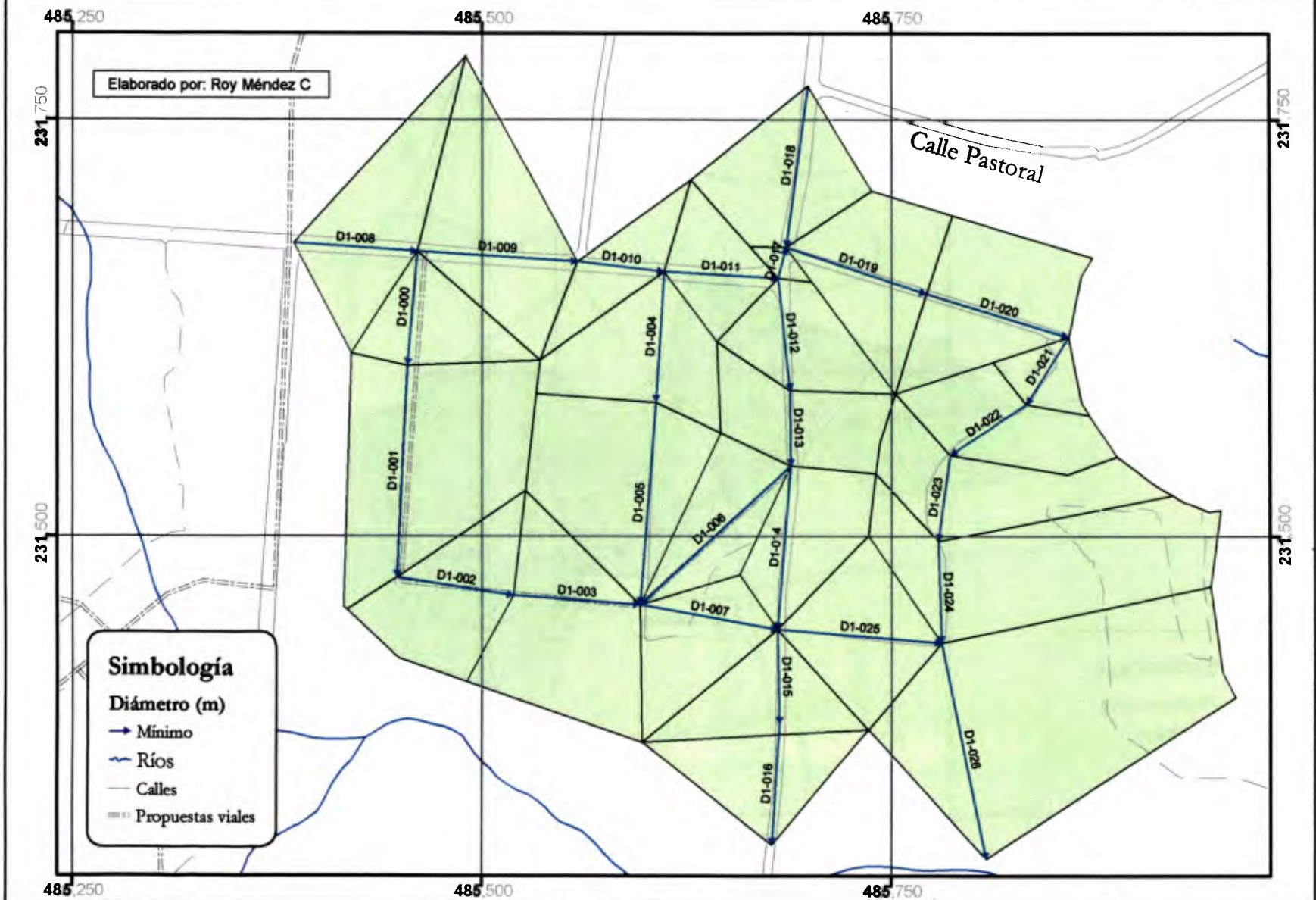
Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989;  
Autor, 2005.



Mapa 5.5: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca C.



# Mapa 5.6: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca D1.

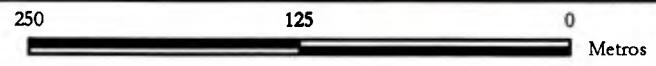


**Simbología**

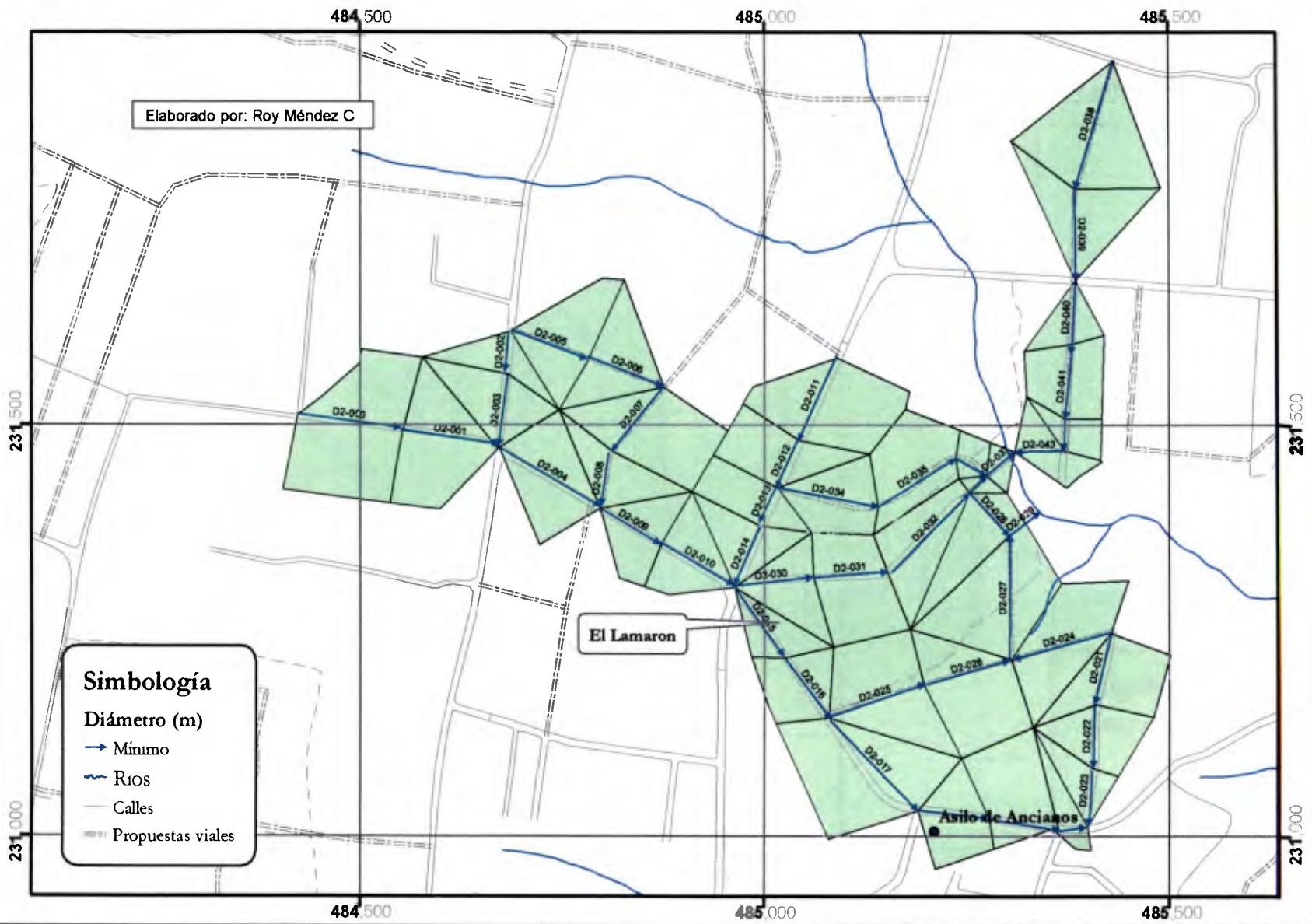
**Diámetro (m)**

- Mínimo
- ~ Ríos
- Calles
- Propuestas viales

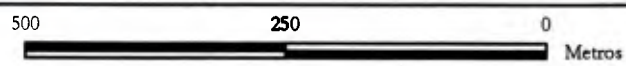
Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989; Autor, 2005.



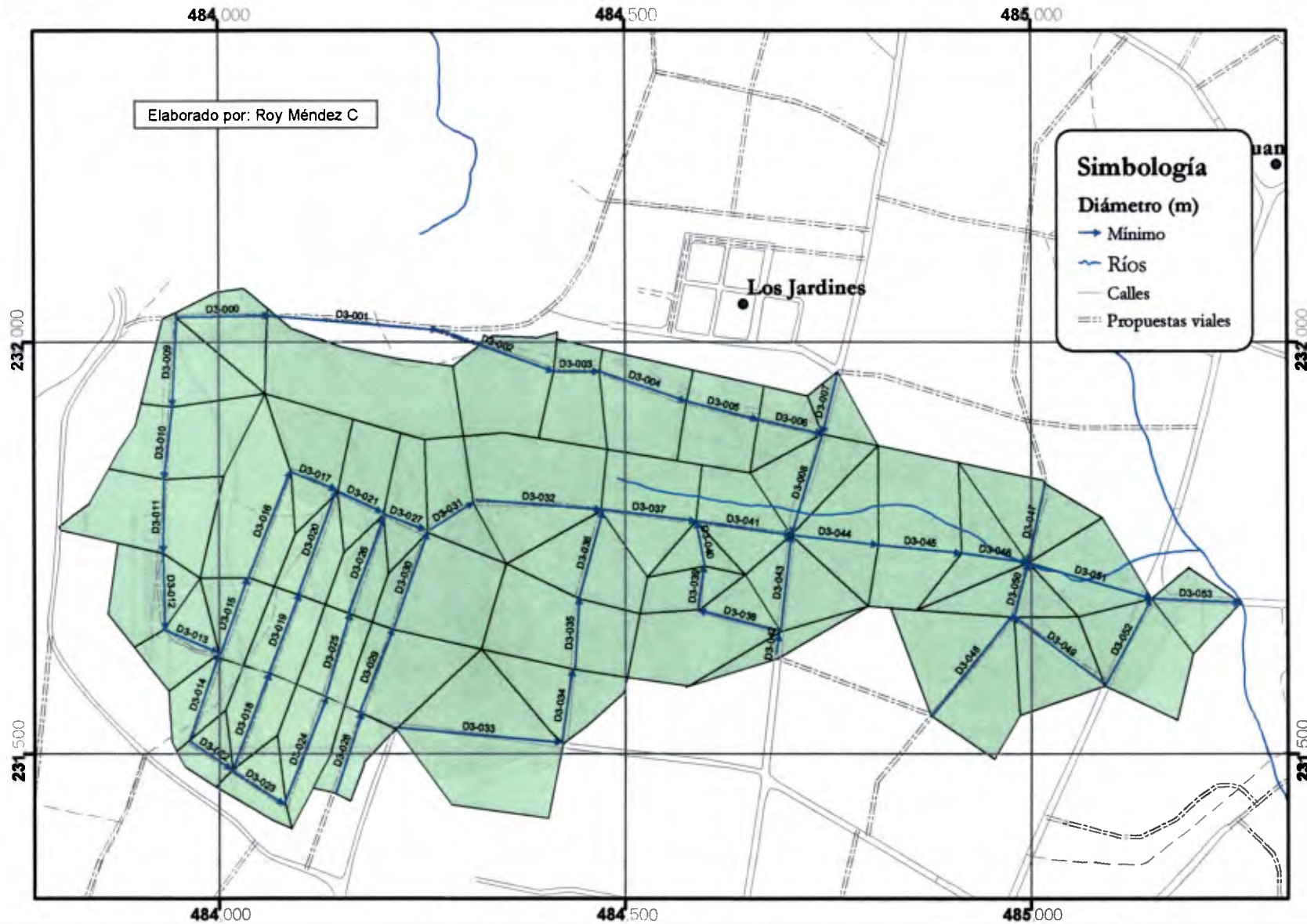
Mapa 5.7: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca D2.



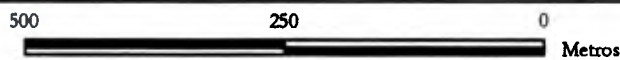
Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989; Autor, 2005.



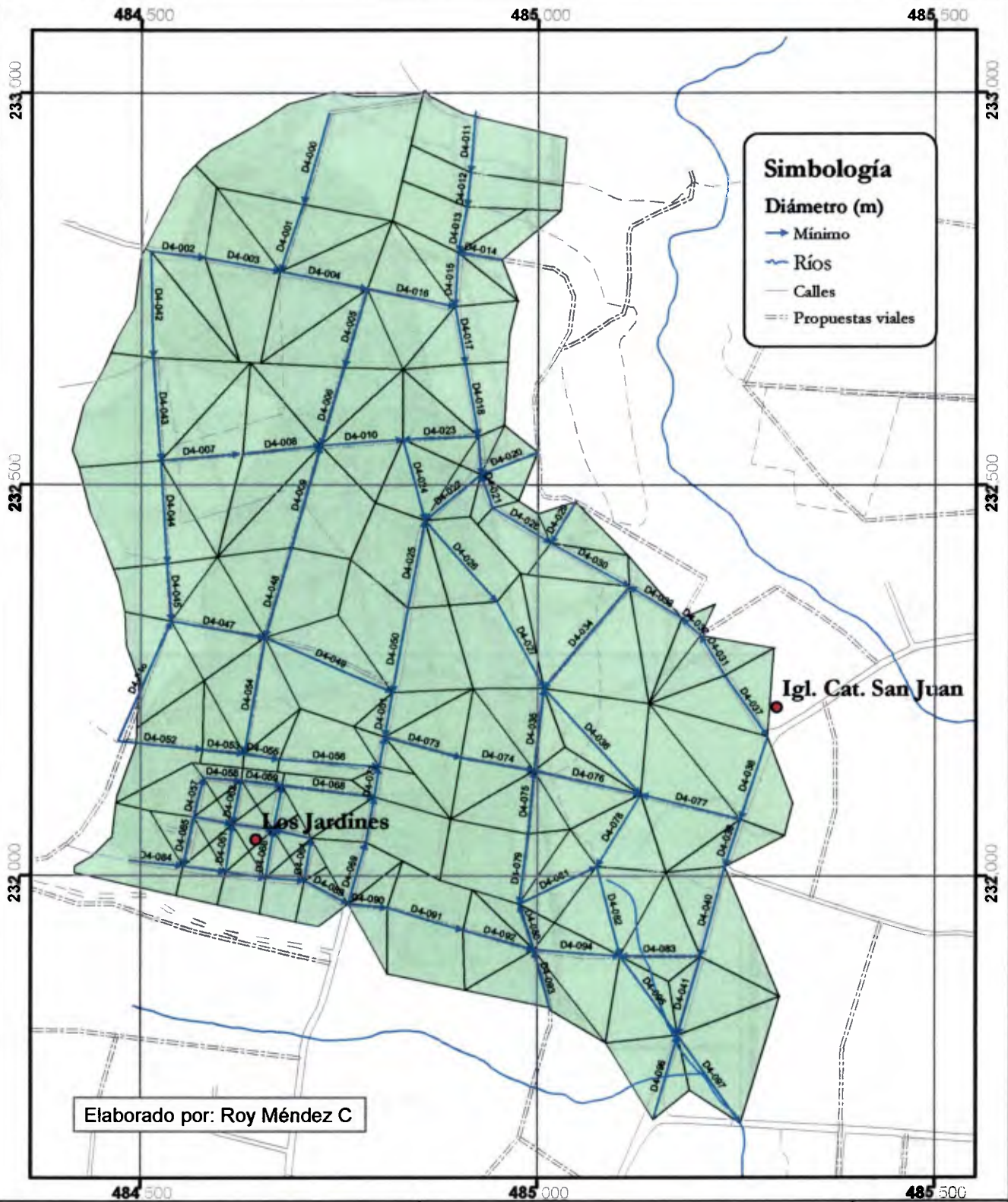
# Mapa 5.8: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca D3.



Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989; Autor, 2005.

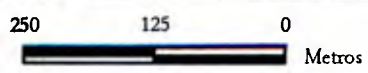


# Mapa 5.9: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca D4

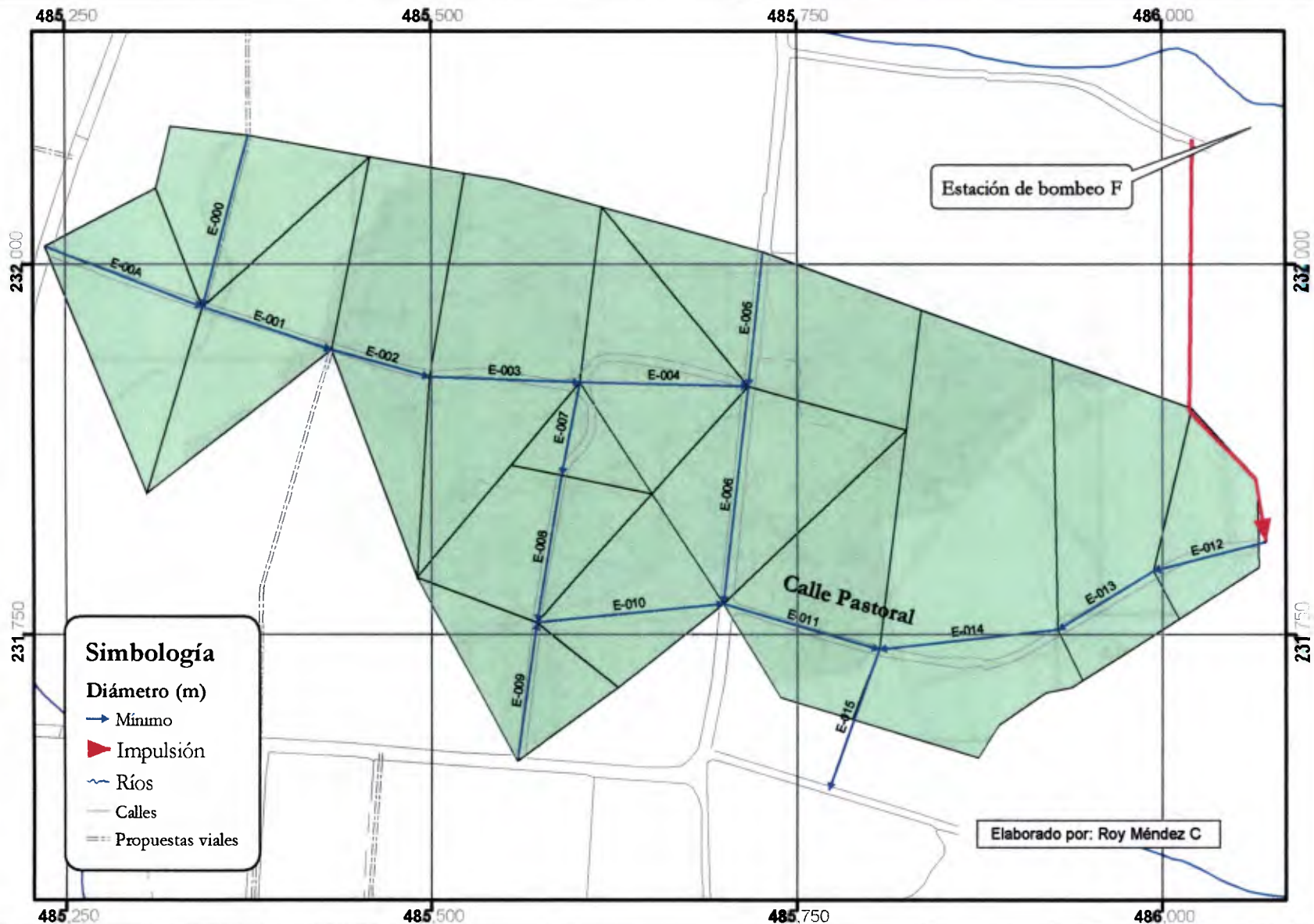


Elaborado por: Roy Méndez C

Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989;  
 Autor, 2005.



Mapa 5.10: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca E.



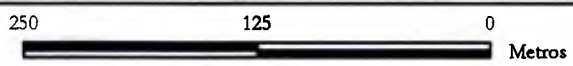
**Simbología**

**Diámetro (m)**

- Mínimo
- ▶ Impulsión
- ~ Ríos
- Calles
- - - Propuestas viales

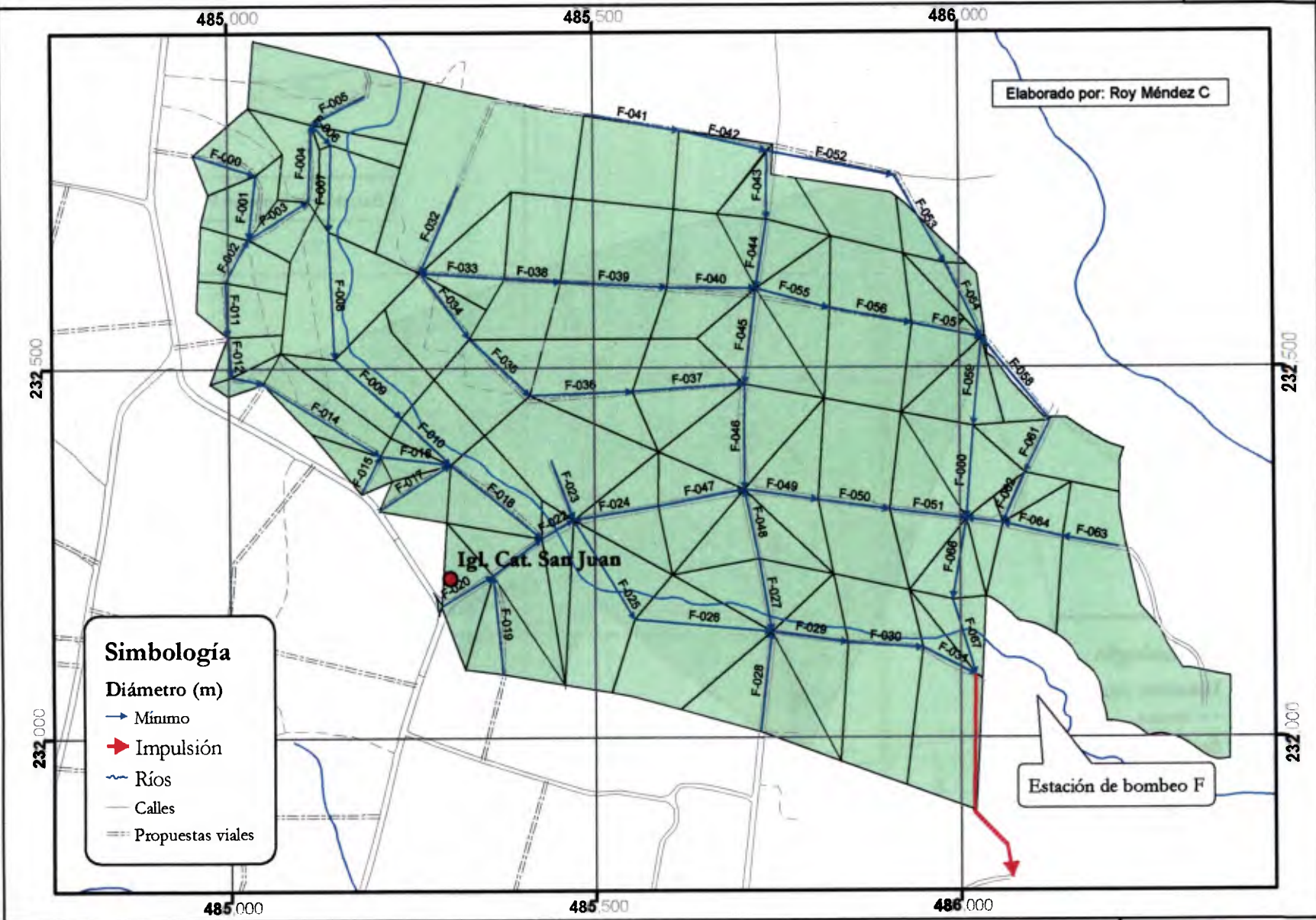
Elaborado por: Roy Méndez C

Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989; Autor, 2005.





**Mapa 5.11: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca F.**



**Simbología**

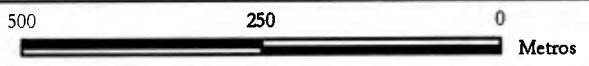
**Diámetro (m)**

- Mínimo
- ➔ Impulsión
- ~ Ríos
- Calles
- Propuestas viales

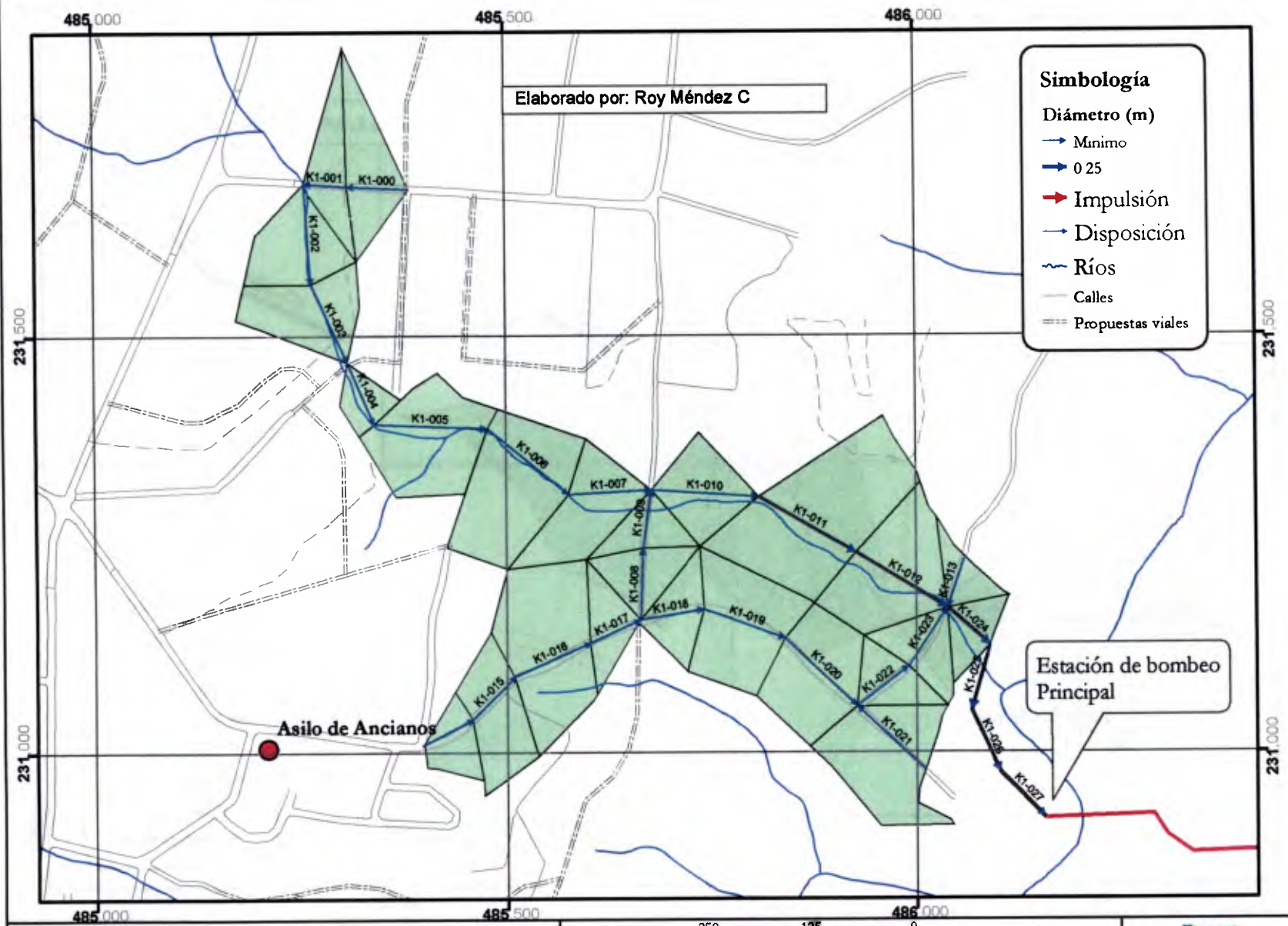
Elaborado por: Roy Méndez C

Estación de bombeo F

Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989; Autor, 2005.



Mapa 5.12: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca K1



Elaborado por: Roy Méndez C

**Simbología**

Diámetro (m)

- Mínimo
- 0.25
- Impulsión
- Disposición

~ Ríos

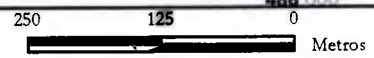
— Calles

- - - Propuestas viales

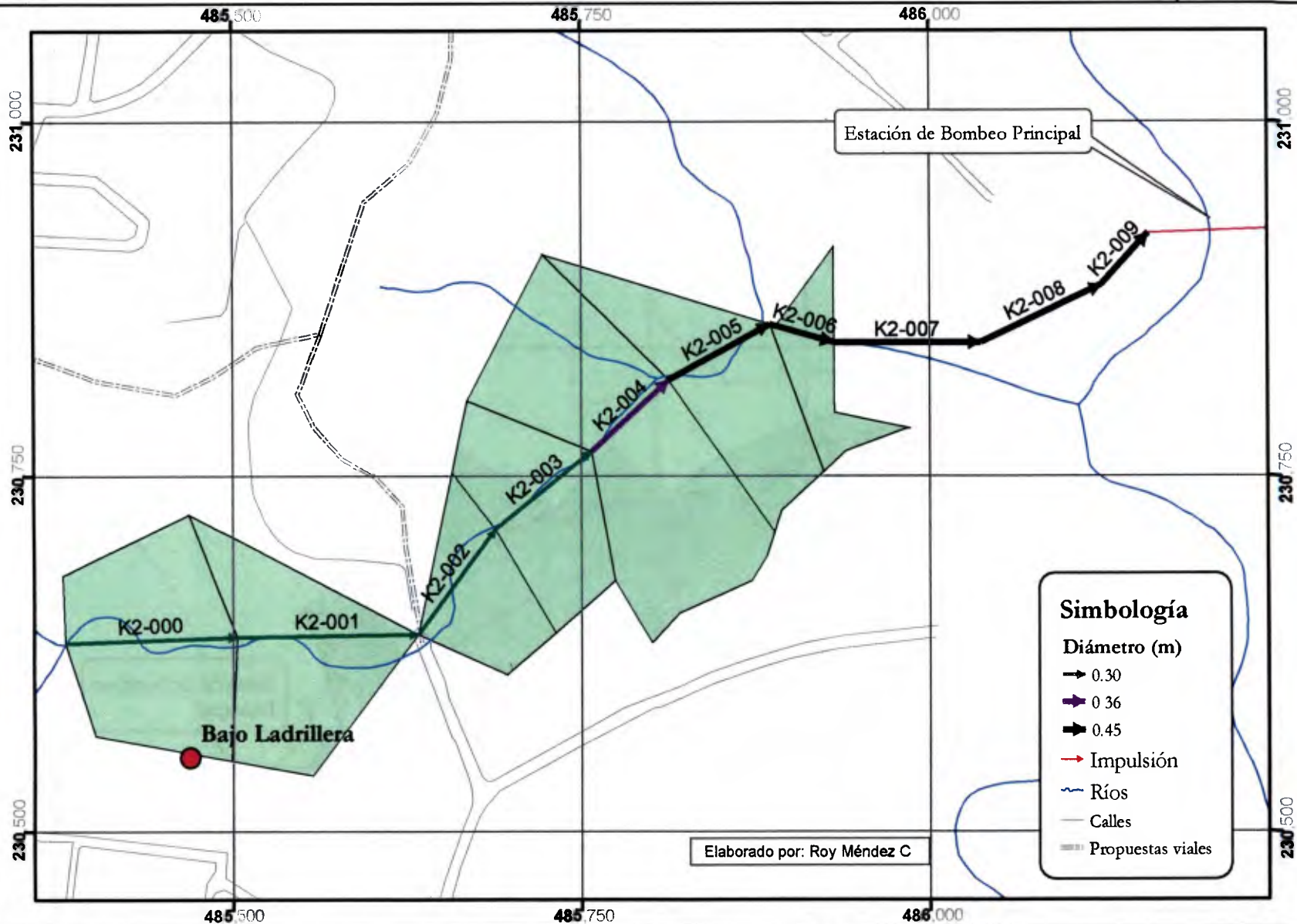
Estación de bombeo Principal

Asilo de Ancianos

Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989; Autor, 2005.



Mapa 5.13: Diseño del alcantarillado sanitario de la cuenca K2.



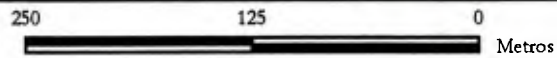
**Simbología**

**Diámetro (m)**

- 0.30
- 0.36
- 0.45
- Impulsión
- Ríos
- Calles
- Propuestas viales

Elaborado por: Roy Méndez C

Fuente: Mapas IGN 1:10000, 1989; Autor, 2005.



## 5.5 Diseño de estaciones de bombeo

La mayoría del diseño de la red se realizó por gravedad, pero en algunas zonas la topografía impide diseñar la red de alcantarillado por gravedad, este es el caso de las cuencas F y B. Estas requieren de estaciones de bombeo para elevar sus aguas hasta un punto donde pueden depositarse para continuar el recorrido por gravedad.

Todas las aguas del área de estudio llegan a un punto común cerca del Río Grande donde deben ser bombeadas hasta la planta de tratamiento.

La ubicación de las estaciones de bombeo, líneas de impulsión, y planta de tratamiento se pueden observar en el mapa 5.1.

Cada uno de los sistemas de bombeo de aguas negras está constituido por tres unidades principales: cámara de tratamiento preliminar, estación de bombeo y línea de impulsión.

Para la elección del tipo de bomba es necesario determinar la altura dinámica total y el caudal de bombeo, con esta información se puede escoger la bomba o grupo de bombas. La configuración de bombas en paralelo se usa para poder elevar más caudal, en cambio las bombas en serie transportan un mismo caudal a alturas mayores.

La elección de la bomba debe hacerse de manera tal que eleve hasta la altura necesaria el agua residual de la manera más eficiente posible el caudal promedio. Además debe ser capaz de llevar el caudal máximo horario cuando se presente.

El caudal mínimo es importante para el diseño de la tubería de impulsión, verificando que la velocidad sea la suficiente para evitar la acumulación de sólidos que pueden obstruir la tubería.

Para la elección de los sistemas de bombeo a utilizar, se realizó con ayuda del programa ESP-PLUS, facilitado por Bell & Gossett de Costa Rica. Este programa permite configuraciones de bombas en paralelo, despliega las curvas características y genera la curva del sistema. Cuenta con un extenso catálogo digital de bombas, lo que facilita la elección según las condiciones del proyecto.

Para las estaciones de bombeo B y F los sistemas serán previstos con dos conjuntos motobomba; cada conjunto tendrá capacidad para atender el caudal promedio de la etapa de diseño, siendo uno de reserva para trabajar de manera alterna.

En los casos que el caudal de llegada sobrepase el caudal promedio, la segunda bomba se acciona en paralelo para elevar la totalidad del caudal. Las dos pueden elevar sin problema el caudal máximo horario.

Para la estación de bombeo principal una configuración similar a la de las cuencas B y F (2 bombas trabando alternadamente) requiere utilizar bombas de 250 hp, una potencia muy elevada.

Por tanto el sistema será previsto de tres conjuntos motobomba; donde el conjunto de dos de ellas tendrá capacidad para atender el caudal promedio de la etapa de diseño, siendo una de reserva para trabajar de manera alterna.

En los casos que el caudal de llegada sobrepase el caudal promedio, la tercera bomba se acciona en paralelo para elevar la totalidad del caudal. Las tres pueden elevar sin problema el caudal máximo horario.

A continuación se muestra las características principales de los sistemas de bombeo diseñados para el área de estudio.

**Tabla 5.5: Características de los sistemas de bombeo**

Estación	Unidades	B	F	Principal
Caudal mínimo	(l/s)	8.79	3.86	37.89
Caudal de bombeo	(l/s)	29.29	12.85	126.29
Caudal máximo	(l/s)	49.85	22.34	215.54
Longitud impulsión	(m)	450	290	700
Altura dinámica total	(m)	56.30	19.26	85.48
Tipo de Bomba		1510 3AC	1510 21/2 BB	1510 4BC
Potencia	HP	40	7.5	125
Velocidad	RPM	3500	1750	3550
Eficiencia inicial	(%)	75	74	79

Fuente: Autor, Bell & Gossett

En la siguiente tabla se muestran las dimensiones de los pozos de succión desde donde las bombas succionan el agua residual para elevarlas hasta el punto de entrega.

**Tabla 5.6: Pozos de succión de las estaciones de bombeo**

Estación	B	F	Principal
Volumen (m <sup>3</sup> )	15.0	6.7	64.7
Altura (m)	3.9	3.8	4.5
Largo (m)	2.8	1.9	5.4
Ancho (m)	1.4	0.9	2.7

Fuente: Autor

El transporte de agua residual usando bombas para elevar el agua hasta plantas de tratamiento o puntos donde pueda recorrer por gravedad es una opción que eleva considerablemente los costos del proyecto. En la medida de lo posible se debe agotar la opción del diseño por gravedad. En caso que no sea posible, antes de pensar en bombeo se debe hacer un análisis costo beneficio para valorar la situación.

## **5.6 Etapas constructivas y priorización de obras**

El proyecto de alcantarillado sanitario para la ciudad de San Ramón está conformado por doce cuencas. La inversión necesaria para concretar el proyecto es elevada y actualmente no se cuenta con presupuesto destinado específicamente para este fin. Este apartado busca realizar una priorización de obras, para distribuir la inversión monetaria durante el tiempo requerido para la ejecución de las obras.

Claramente se divide el proyecto en dos etapas:

- **Etapla inicial:** Abarca principalmente el cuadrante central y zona sur del área de estudio (cuencas A1, A2, B, C, K2). Esta zona requiere la construcción del alcantarillado lo antes posible. Principalmente por la concentración poblacional actual y por las disposiciones de agua residual que actualmente se realizan de manera directa en las quebradas Estero y Gata.
- **Etapla de expansión:** El área que se desea cubrir en esta etapa está constituida por las cuencas D1, D2, D3, D4, E, F y K1 del sector norte. Estas han presentado un crecimiento poblacional importante en los últimos años, y continuará así con la implementación del Plan Regulador. Por lo que es necesario la construcción del alcantarillado a corto plazo, para permitir un adecuado desarrollo.

La priorización de obras sugerida en este apartado no es la única manera de desarrollar el proyecto, existen muchas otras combinaciones con sus respectivas ventajas y desventajas que el proyectista debe conocer y valorar. Además los imprevistos que se presenten durante la ejecución del proyecto son factores que pueden alterar la planificación realizada, y obligar a un replanteo del desarrollo del proyecto.

Es importante mencionar que el caudal de aguas residuales aumenta de manera gradual con el paso del tiempo al aumentar la población, no es necesario instalar el sistema de bombeo necesario para elevar el caudal del año 2035 desde el inicio del proyecto, se pueden instalar un sistema reducido

capaz de controlar los caudales hasta la mitad del periodo de diseño y luego colocar nuevas bombas al sistema. Esto se puede realizar si se han dejado las previstas para su colocación cuando se construyó la obra gris.

Por las razones expuestas anteriormente también la planta de tratamiento puede construirse por etapas, si su diseño es por módulos.

Se recomienda tomar en cuenta el mapa 5.1 y el diagrama e flujo anterior, para facilitar la comprensión de la priorización por etapas para el desarrollo del alcantarillado en las cuencas de diseño.

A continuación se presenta la distribución de actividades a través del tiempo en orden de prioridad para la **etapa inicial**

- Lo primero al iniciar un proyecto de alcantarillado sanitario es brindar la infraestructura necesaria para el tratamiento y disposición de las aguas. Consiste en la construcción de la planta de tratamiento principal y su tubería de disposición hasta el río.
- De manera paralela a la planta de tratamiento principal pueden realizarse las labores de construcción de la estación de bombeo principal y su línea de impulsión.
- Si se cuenta con suficiente mano de obra y equipo también pueden iniciar las labores de instalación de tuberías y pozos para la cuenca K2 debido a que esta recoge las aguas de las cuencas A1, A2 y C y las entrega a la estación de bombeo.
- La instalación de tuberías en las cuencas A1, A2 y C pueden realizarse de manera conjunta pero sería necesario contar con mucha maquinaria y se prefiere desarrollar las tareas por zonas para planificar el cierre de vías, si se realiza de manera separada se recomienda iniciar con la cuenca A1, debido que la cuenca B depende de esta para evacuar sus aguas.
- Con las cuencas K2 y A1 terminadas, se recomienda continuar con la estación de bombeo y línea de impulsión en B y con la cuenca A2 que abarca gran parte de los cuadrantes centrales.
- Con la estación de bombeo y línea de impulsión de la cuenca B construidas, se procede a construir la red de alcantarillado porque complementa a la cuenca A2, y juntas cubren la totalidad de cuadrantes de la ciudad.
- Para concluir con la etapa inicial se procede a construir la red de la cuenca.

La **etapa expansión** se desarrolla de manera semejante a la anterior con la diferencia que ya se cuenta con el sistema de bombeo y tratamiento. A continuación se listan las actividades en orden de prioridad.

- Lo primero es modificar la planta de tratamiento principal (construir nuevos módulos), su tubería de disposición, la estación de bombeo principal (instalar nuevas bombas en las previstas) y su línea de impulsión (aumentar el diámetro o instalar una línea de impulsión adjunta), para poder trabajar con el exceso de caudal que aporta la etapa de expansión.
- De manera paralela a la actualización de las instalaciones se inician las labores en la cuenca K1 que es de suma importancia porque ella recibe las aguas de las cuencas D1, D2, D3 y D4.
- Luego o junto con la construcción de la cuenca K1, se recomienda la construcción de las cuencas adyacentes a K1, que son: D1 y D2. Otra razón para construir la cuenca D1 es porque transporta las aguas de la cuenca E.
- Después se pueden construir las cuencas D3 y D4 en ese orden, debido a que D3 limita con D2 y C que ya están construidas.
- Se construye la cuenca E.
- La cuenca F, ubicada en el límite norte requiere de un sistema de bombeo para depositar sus aguas en la cuenca E, lo que aumenta tanto los costos constructivos, como los de operación. Antes de desarrollar esta cuenca es necesario realizar un análisis de costo beneficio, y además cuantificar los impactos ambientales ante la carencia de alcantarillado en esta cuenca.
- Si se decide realizar la construcción de la cuenca F, antes o de manera paralela a la instalación de la red debe construirse el sistema de bombeo.

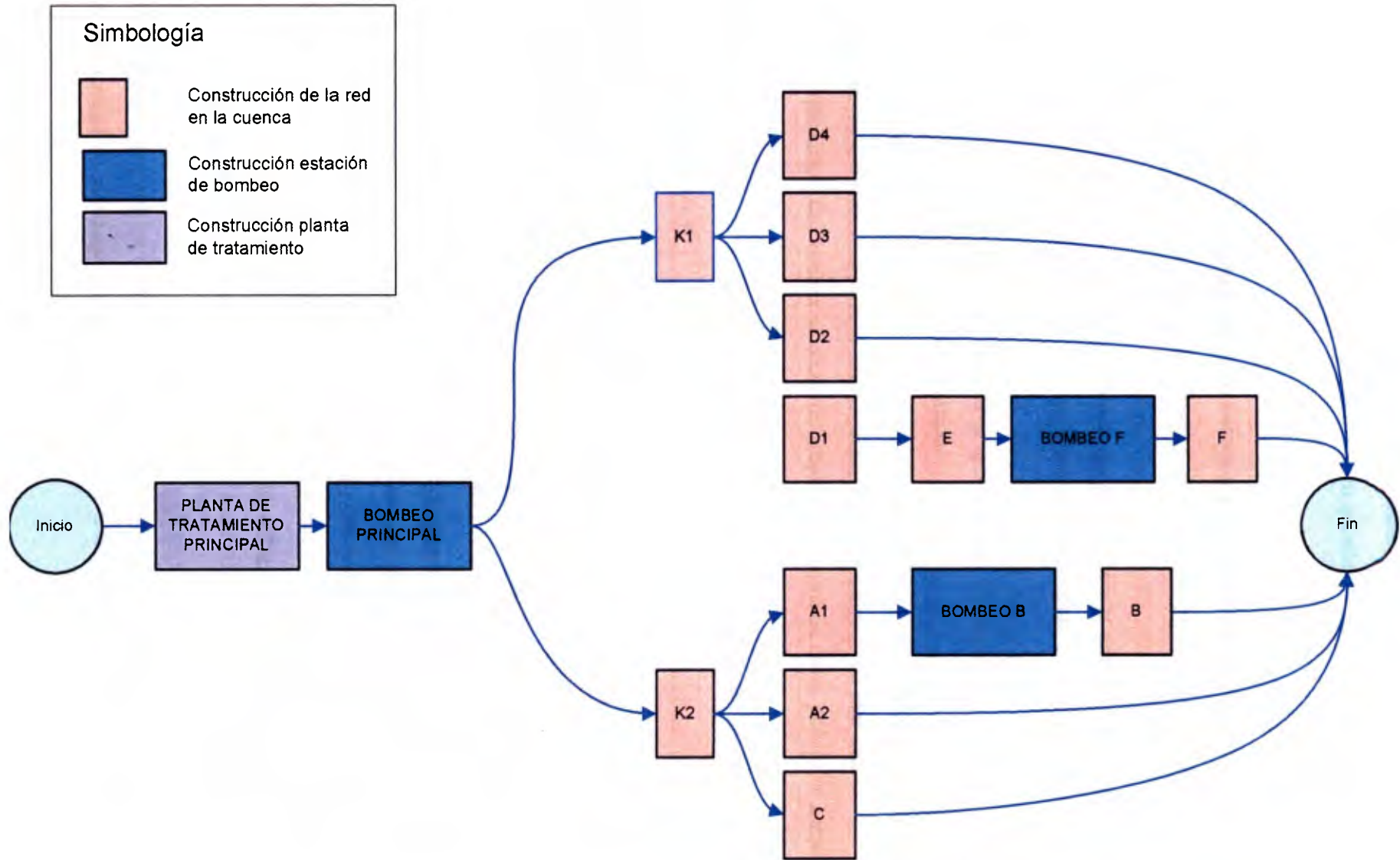
Con esto finaliza la etapa constructiva del proyecto de alcantarillado sanitario.

A continuación se muestra un diagrama de flujo de dependencia de obras. Las obras (red, estaciones de bombeo) ubicadas al lado derecho no funcionan sin la obra con la cual esta vinculada al lado izquierdo.

Por ejemplo la red de la cuenca D3 no puede operar si no se ha construido la red de la cuenca K1. Esto quiere decir que la cuenca D3 depende de la cuenca K1 (Ver diagrama de dependencias).



# Diagrama de flujo de dependencia de actividades para el desarrollo constructivo del proyecto "Alcantarillado Sanitario para la ciudad San Ramón de Alajuela"



Elaborado por: Roy Méndez

## 5.7 Estimación de costos constructivos

Previo al inicio de cualquier proyecto es importante determinar al menos de manera aproximada su costo; tanto global, como el de cada tarea que le compone. El proyecto de alcantarillado sanitario no es la excepción.

Estos proyectos de gran magnitud se realizan mediante financiamientos, debido a que el ICAA no cuenta con presupuesto destinado para este fin; los inversionistas que aportan el dinero siempre solicitan un plan de inversión, para asegurar su capital y dar seguimiento al desarrollo de la obra.

Para realizar un plan de inversiones es necesario contar con un presupuesto desglosado por actividades y una priorización de obras.

La finalidad de este apartado es brindar la información básica (tipo de actividad, cantidad demandada, en cada cuenca) para que los inversionistas y los diseñadores puedan realizar presupuestos constructivos del proyecto y sus respectivo plan de inversiones según la priorización de obras.

En el apartado 5.6 se sugiere una priorización de obras por etapas según las necesidades actuales del área de estudio, el encargado del diseño definitivo puede variar estratégicamente la priorización de obras y fácilmente obtener un nuevo presupuesto utilizando la información básica brindada.

Como se mencionó el propósito de este apartado es brindar información de la **cantidad de actividades a realizar por cuenca**, además se realizó un presupuesto por actividades en cada cuenca actualizando los costos unitarios usados por Geotécnica para el proyecto de alcantarillado sanitario del área metropolitana en el año 1998, actualizando el precio en dólares a Junio del 2005.

El sistema de alcantarillado sanitario está conformado principalmente por las tuberías, pozos, estaciones de bombeo, líneas de impulsión y planta de tratamiento, las siguientes secciones explican la unidad de medida, cantidad y costo estimado de las principales actividades a realizar.

Se aclara que no se considera el costo de la planta de tratamiento debido a que el diseño queda como complemento a este estudio, el presente se limita a sugerir el tipo de planta de tratamiento y su posible ubicación.

### 5.7.1 Tuberías

Los elementos fundamentales del sistema de alcantarillado sanitario son los colectores, para el área de estudio se tienen aproximadamente 91 kilómetros de tubería. El costo unitario por metro de tubería debidamente instalada varía según el diámetro, y toma en cuenta los siguientes rubros:

- Medición topográfica y nivelación de la red
- Desmonte y limpieza
- Excavación con maquinaria y manual
- Barreras de protección en zanjas con profundidades mayores a 1.5 m.
- Base de lastre compactado
- Relleno de lastre compactado y tierra compactada
- Colocación de tuberías
- Reposición de la superficie

No se consideran los costos de rompimiento de asfalto ni su reposición. Tampoco se tomó en cuenta la acometida domiciliar por ser una variable difícil de estimar. Como medida correctiva el Plan Regulador obliga la instalación del tanque séptico y zona de absorción en el frente de las casas para facilitar su futura conexión a la red.

A continuación en la tabla 5.7 se muestra la longitud total de tubería según su diámetro, separado por cuencas, además el costo unitario de cada tipo de tubería instalada.

**Tabla 5.7: Costos de la tubería de la red**

Cuenca	D (m)	L (m)	\$/m	\$
A1	0,20	2099	42	\$87.747
	0,30	535	63	\$33.524
A2	0,20	22030	42	\$920.845
	0,25	96	52	\$4.943
	0,30	846	63	\$53.032
B	0,20	21417	42	\$895.241
	0,25	265	52	\$13.688
C	0,20	10075	42	\$421.118
D1	0,20	2143	42	\$89.591
D2	0,20	4049	42	\$169.254
D3	0,20	5672	42	\$237.080
D4	0,20	8869	42	\$370.739
E	0,20	1731	42	\$72.350
F	0,20	7332	42	\$306.462
K1	0,20	2039	42	\$85.245
	0,25	575	52	\$29.708
K2	0,30	433	63	\$27.134
	0,36	75	83	\$6.163
	0,45	380	117	\$44.316
Total general		90659		\$3.868.180

Fuente: Autor, Geotécnica

### 5.7.2 Pozos

Los pozos se utilizan para interconectar tuberías, en cambios de pendiente y dirección, y para facilitar la limpieza y mantenimiento de la red. Se construyen en puntos estratégicos. El precio unitario se determinó para un pozo debidamente terminado con una profundidad promedio de 1.5 m.

Al estimar el costo unitario se tomaron en cuenta los siguientes ítems:

- Desmante y limpieza
- Excavación con maquinaria y manual
- Encamado
- Relleno con lastre compactado
- Ademado
- Concreto estructural
- Tapa y escalera metálicas
- Reposición de la superficie

En la tabla 5.8, se muestra la cantidad de pozos de cada cuenca, el precio unitario de cada pozo es de \$ 438, con esa información se obtiene la inversión por cuenca por concepto de pozos.

**Tabla 5.8: Cantidad y costo de pozos por cuenca**

Cuenca	Total	Costo
A1	30	\$13.134
A2	175	\$76.615
B	157	\$68.735
C	81	\$35.462
D1	21	\$9.194
D2	33	\$14.447
D3	43	\$18.825
D4	73	\$31.959
E	12	\$5.254
F	54	\$23.641
K1	28	\$12.258
K2	11	\$4.816
Total general	718	\$314.340

Fuente: Autor, Geotécnica

### 5.7.3 Estaciones de bombeo

El costo unitario de las estaciones de bombeo, se estima según la elevación de carga suministrada, la longitud de la línea de impulsión, la potencia y el caudal por bombear.

Para estimar el costo de las estaciones de bombeo, fue necesario identificar los elementos que la constituyen, presupuestarlos de manera separada y finalmente totalizar. Los elementos identificados son:

- 1) Obra gris
- 2) Instalaciones electromecánicas y equipos de bombeo
- 3) Líneas de impulsión

En el caso de la obra gris, se tiene un precio por la unidad básica (3.8x2.7x2.5 m.) de \$407 y el metro cúbico adicional cuesta de \$330. La caja de válvulas dobles (1.6x1.8x1.2 m.) presupuestadas en \$880. Las instalaciones electromecánicas y equipos de bombeo varían con el caudal y la carga total, como se muestra en la tabla 5.9.

**Tabla 5.9: Costos del equipo de bombeo y las instalaciones electromecánicas por metro de carga**

Caudal (l/s)	Equipo de bombeo	Instalación electromecánica	Total
0-100	\$1.650	\$1.100	\$2.750
100-200	\$2.750	\$1.870	\$4.620
200-300	\$5.500	\$3.520	\$9.020

Fuente: Geotécnica

El costo del metro lineal de línea de impulsión en tubería PVC SDR-26 a una profundidad promedio de 1.5 m. se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 5.10: Costo por metro lineal de la tubería de impulsión**

Diametro (mm)	Costo
100	\$33
150	\$45
200	\$55

Fuente: Geotécnica

En la tabla 5.11 se muestran las condiciones de las tres estaciones de bombeo, a saber: estaciones de bombeo B, F, principal. Con base en esas condiciones se realiza la estimación de costos.

**Tabla 5.11: Información general de las condiciones de las estaciones de bombeo; costo estimado**

Estación	Longitud (m)	Pozo		Elevación (msnm)		Carga (m.c.a.)	Caudal promedio (l/s)	Costo
		Desde	Hasta	Inicial	Final			
B	450,6	B-150	A1-000	1004,9	1055,0	50,1	29,3	\$172.254
F	291,5	F-063	E-008	1045,0	1060,0	15,0	12,9	\$68.554
Principal	697,2	K2-024	PT	992,5	1070,0	77,5	126,3	\$265.656

Fuente: Autor

#### 5.7.4 Resumen

Se recuerda que el diseño de la planta de tratamiento está fuera de los alcances de este proyecto.

Con la información de las tablas 5.7, 5.8 y 5.11 se obtienen los costos del proyecto de alcantarillado sanitario para la ciudad de San Ramón, desglosado por etapas y subdividido por cuencas como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 5.12: Resumen de costos directos**

Etapa	Detalle	Tubería	Pozos	Bombeo	Costo Total	Costo por etapa
Primera	Bombeo principal			\$265.656	\$265.656	\$3.144.421
	K2	\$77.613	\$4.816		\$82.429	
	A1	\$121.271	\$13.134		\$134.405	
	A2	\$978.819	\$76.615		\$1.055.434	
	C	\$421.118	\$35.462		\$456.580	
	B	\$908.929	\$68.735	\$172.254	\$1.149.918	
Segunda	K1	\$114.954	\$12.258		\$127.212	\$1.544.563
	D1	\$89.591	\$9.194		\$98.785	
	D2	\$169.254	\$14.447		\$183.701	
	D3	\$237.080	\$18.825		\$255.906	
	D4	\$370.739	\$31.959		\$402.698	
	E	\$72.350	\$5.254		\$77.604	
	F	\$306.462	\$23.641	\$68.554	\$398.657	
<b>Total General</b>						<b>\$4.688.984</b>

Fuente: Autor

El proyecto de alcantarillado sanitario cubrirá una población proyectada al año 2035 de 52000 personas, el costo por persona es de \$90 aproximadamente. Tomando en cuenta que los costos directos (sin tomar en cuenta la planta de tratamiento) son aproximadamente un 70% (Geotécnica) del proyecto total, incluyendo administración, terrenos, e imprevistos, se puede estimar que la

implementación del proyecto costará alrededor de \$129 por persona, para la población de diseño del año 2035, para la población del 2010 (33.500 habitantes) el costo aproximado del proyecto es de \$200 por persona.

Además se debe mencionar que no se han incluido los costos de las acometidas ni los de la modificación de conexión en los hogares en donde el tanque sedimentador está ubicado detrás de las casas de habitación haciendo necesaria la demolición y reposición de pisos y otras estructuras.

En la siguiente tabla se muestra que el diseño realizado en la red de alcantarillado es económico debido a que el 96% de la tubería corresponde al diámetro mínimo, y tan solo 0.5% e la tubería es de diámetro superior a 0.3 m.

**Tabla 5.13: Distribución porcentual por tamaño de diámetros.**

Diámetro (m)	Longitud (km)	Porcentaje
0,20	87,5	96.5%
0,25	0,9	1.0%
0,30	1,8	2.0%
0,36	0,1	0.1%
0,45	0,4	0.4%
Total general	90,7	100%

Fuente: Autor

Según los análisis financieros un proyecto completo de alcantarillado sanitario no resulta rentable para los inversionistas, por tanto el gobierno en la mayoría de los casos debe aportar el capital necesario para su construcción; y el dinero recaudado por el servicio apenas es suficiente para cubrir los gastos de operación y mantenimiento. Claro está que el beneficio económico ambiental no se cuantifica en el análisis financiero de los inversionistas, pero sí representa un importante ahorro para el gobierno.

## 5.8 Planta de tratamiento

Para el diseño de la estación de bombeo principal, fue necesario definir la ubicación de la planta de tratamiento para obtener la distancia de la línea de impulsión, y la elevación de caudal necesaria.

La elección del sitio de ubicación de la planta de tratamiento (ver mapa 5.1) debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- Topografía
- Extensión
- Colindancias
- Accesos
- Cercanía con un cuerpo receptor que pueda asimilar los caudales efluentes.

Como el diseño de la red de alcantarillado transporta las aguas por gravedad, el recorrido de las aguas define una zona donde se debe ubicar la planta de tratamiento. En el presente diseño las aguas escurren hacia el este de la zona de estudio, cerca del curso del Río Grande.

La topografía accidentada dificultó encontrar un sitio apropiado para la ubicación de la planta de tratamiento. Con ayuda del modelo de elevación digital se identificó un área con topografía plana y extensión limitada. Dicha área coincide con la zona propuesta por Geotécnica.

El uso actual de la zona propuesta para ubicación de la planta de tratamiento es el cultivo de café.

El factor determinante para la elección del sistema de tratamiento a utilizar fue la extensión del terreno. Debido a que sistemas como lagunas facultativas requieren de mucha área, el sistema de reactores anaeróbicos de flujo ascendente (UASB) es el elegido por ser compactos y permitir un desarrollo por etapas o módulos según aumenten los caudales de agua residual a tratar,

En este tipo de reactor la biomasa crece dispersa en el medio, formando grumos de bacterias que dan soporte para aglomerar otras bacterias. Como la concentración de la biomasa es elevada, el volumen necesario es reducido en comparación a otros sistemas de tratamiento anaerobio. Para mantener la cantidad de sólidos en el sistema el reactor es dotado de una unidad de separación de fases que acumula y libera los gases generados en el proceso y separa del efluente los sólidos, retornándolos al manto de lodo.

La eficiencia de remoción de estas unidades es del 80%, el lodo es producido en pequeñas proporciones y con alto grado de estabilización por lo que no requiere tratamientos posteriores complejos, basta con un lecho de secado.





## **6 Conclusiones y recomendaciones**

### **6.1 Conclusiones**

#### **Área de estudio**

Los análisis de uso del suelo realizados muestran que la tendencia de desarrollo urbano en la ciudad de San Ramón es hacia el norte y sur del distrito central principalmente el distrito de San Juan, debido principalmente a las condiciones topográficas y de disponibilidad de propiedades, lo cual coincide con la propuesta del Plan Regulador.

Dentro del área de estudio el uso urbano es el predominante, en los sectores dentro del área de estudio la mayoría de los distritos que la conforman, siendo el distrito con mayor desarrollo urbano el de San Ramón con un 97% de su territorio dedicado a este uso. El área de estudio tiene una capacidad cercana al 50% que puede ser aprovechable como uso urbano, variando los usos actuales como café, caña y pastos principalmente, dejando estos usos a las zonas que permitan las actividades agroindustriales y agropecuarias en el resto del cantón, permitiendo una mayor concentración de población que favorece el desarrollo urbano deseado en el área de estudio.

En los últimos 20 años se han desarrollado muchas urbanizaciones en los alrededores de la ciudad, debido al aumento del precio de los terrenos y disminución de disponibilidad de tierra en el núcleo central.

La ciudad de San Ramón no cuenta con sistema de alcantarillado sanitario. La disposición de las aguas residuales se efectúa por medio de tanques sépticos usados como sedimentador seguido por una zona de absorción en un 97.5% de las viviendas, del porcentaje restante un 1.5% descargan directamente a las quebradas de la zona, un 0.5% utiliza pozo negro y 0.5% descargan sus efluentes de aguas negras a las calles y quebradas, atentando contra la salud pública.

En San Ramón sólo una urbanización (El Progreso) cuenta con planta de tratamiento, y está fuera de operación y la única industria que cuenta con planta de tratamiento es CACINEX, pero ya ha presentado problemas de funcionamiento. Los talleres mecánicos en su mayoría no tratan sus aguas

de residuo y el Hospital Valverde Vega no ha contado con un sistema de tratamiento para las aguas residuales (actualmente está en proceso).

El área de estudio escurre sus aguas a través de las quebradas que cruzan la ciudad, a partir de ellas se definieron seis cuencas. Estas cuencas hidrográficas fueron fraccionadas en doce microcuencas para facilitar el diseño del sistema de alcantarillado, considerando características topográficas y de distribución poblacional.

### **Población**

El Plan Regulador busca concentrar la población dentro del núcleo de desarrollo urbano, para el análisis de crecimiento poblacional se tomaron en cuenta cinco metodologías, de las cuales se eligió el método **analítico por distritos** (sin descartar las demás metodologías) debido a que es en el que realiza un análisis más exhaustivo tomando en cuenta factores propios de cada distrito que pueden afectar el crecimiento poblacional. El área de estudio como promedio según el análisis realizado (analítico por distritos) para el año 2035 tendrá aproximadamente **52000** personas, para una densidad poblacional de **66.6** habitantes por hectárea, valor relativamente bajo en comparación de la densidad de saturación estimada de **150.0** habitantes por hectárea.

### **Diseño**

El diseño de alcantarillado sanitario respetó la normativa relativa, adoptó las recomendaciones, y se ubicó dentro de los límites y rangos establecidos por contratistas de alcantarillados sanitarios, investigadores y teóricos en materia de aguas residuales.

La red está compuesta por 981 tramos, para un aproximado de 90.7 kilómetros de tubería de diferentes diámetros. Se prestó mayor atención a las tuberías con un diámetro mayor al diámetro mínimo (0.2 m.). El diseño de colectores está conformado por un 96.5% de tubería con diámetro mínimo, 2.0% en 0.3 m, un 1.0% en 0.25 m, el restante 0.5% en tuberías de 0.36 y 0.45 m.

El reglamento de vertido y reuso de aguas residuales, obliga a las industrias a realizar un tratamiento a sus aguas de residuo antes de depositarlas a la red de alcantarillado sanitario.

Las tuberías de alcantarillado parten desde el punto de nivel superior al nivel inferior, favoreciendo el diseño por gravedad en la medida de lo posible, para evitar los costos de bombeo, sin embargo fue necesario ubicar 3 estaciones de bombeo, 2 menores en las cuencas B y F y una estación de bombeo principal que eleva las aguas de todo el proyecto hasta la planta de tratamiento.

Para las estaciones de bombeo B y F, los sistemas serán previstos con dos conjuntos motobomba; cada conjunto tendrá capacidad para atender el caudal promedio de la etapa de diseño, siendo uno de reserva para trabajar de manera alterna, cuando el caudal de llegada sobrepase el caudal promedio, la segunda bomba se acciona en paralelo para elevar la totalidad del caudal. Las dos pueden elevar sin problema el caudal máximo horario.

La estación de bombeo principal será prevista de tres conjuntos motobomba; donde el conjunto de dos de ellas tendrá capacidad para atender el caudal promedio de la etapa de diseño, siendo uno de reserva para trabajar de manera alterna, en el caso que el caudal de llegada sobrepase el caudal promedio, la tercera bomba se acciona en paralelo para elevar la totalidad del caudal. Las tres pueden elevar sin problema el caudal máximo horario.

La inversión necesaria para concretar el proyecto es elevada y normalmente no se cuenta con presupuesto, se realizó una priorización de obras, para distribuir la inversión monetaria durante el tiempo requerido para la ejecución de las obras, claramente se divide el proyecto en dos etapas: una inicial y otra de expansión.

Desde el punto de vista económico un proyecto de alcantarillado sanitario no resulta rentable para los inversionistas, sin embargo mediante una evaluación financiera, tomando en cuenta el beneficio ambiental, el proyecto toma importancia. La inversión extranjera y el gobierno se interesan en este tipo de proyectos y en la mayoría de los casos aporta el capital necesario para su construcción. Con las tarifas actuales por el servicio de alcantarillado sanitario, el dinero recaudado apenas alcanza para cubrir los gastos de operación y mantenimiento.

Realizando un presupuesto por actividades en cada cuenca actualizando los costos unitarios usados por Geotécnica para el proyecto de alcantarillado sanitario del área metropolitana en el año 1998, a Junio del 2005. Se obtuvo que para la construcción en la etapa inicial se necesiten \$ 3.150.000, y para la etapa de expansión son necesarios \$1.550.000, para un total de \$4.700.000.

La ubicación de la planta de tratamiento coincide con la ubicación propuesta por Geotécnica, ya que es el único sitio adecuado en donde se puede construir la planta de tratamiento. Actualmente el terreno es de propiedad privada y se encuentra cultivado con café.

## **6.2 Recomendaciones**

### **Específicas**

Efectuar la construcción del proyecto por etapas, para distribuir la inversión de las obras, según la propuesta de priorización.

Instalar un sistema de bombeo reducido capaz de controlar los caudales hasta la mitad del periodo de diseño y luego sustituir o agregar bombas para alcanzar la capacidad de diseño.

En el estudio de impacto ambiental se determina si el cuerpo receptor propuesto tiene la capacidad de asimilar los efluentes de la planta de tratamiento, para verificar su capacidad se recomienda realizar pruebas de laboratorio periódicas antes de iniciar el proyecto y durante el periodo de operación.

Por la limitación de terreno para la ubicación de la planta de tratamiento se recomienda que el tratamiento de las aguas residuales sea con reactores anaeróbicos de flujo ascendente (UASB), debido a que ocupan un espacio reducido y facilita la construcción por módulos que disminuyen los costos de una inversión inicial.

Si la planta de tratamiento se construye al inicio del proyecto, con capacidad de tratar las aguas de las dos etapas, finalizada la primera etapa se debe continuar con la segunda para aprovechar al máximo la inversión realizada.

### **Generales**

La municipalidad debe incentivar a los desarrolladores a realizar los diseños de urbanizaciones guiados por la propuesta de calles que presenta el PRSR, disminuyendo o condonando los impuestos para aquellos que tomen en cuenta las propuestas viales, las cuales forman parte del diseño en el presente proyecto, dejando las previstas de la tubería para el alcantarillado sanitario y de esta manera evitar las futuras demoliciones que aumentarían los costos.

La municipalidad debe velar para que la ubicación del tanque de sedimentación y la zona de absorción en todas las casas nuevas sea el frente de la propiedad, para facilitar su futura incorporación al sistema de alcantarillado sanitario.

Hacer un estudio sobre los costos de instalación de acometidas y de acondicionar los sistemas actuales de tratamiento de aguas residuales para su incorporación a la red de alcantarillado sanitario, con base en estos datos detallar de manera más precisa el presupuesto constructivo.

Se debe contar con planes de mantenimiento e inspección para evitar el deterioro anticipado de la infraestructura. Además con manuales operativos y de monitoreo en las plantas de tratamiento, redes de alcantarillado y en estaciones de bombeo para facilitar las labores de los operadores y controlar las eficiencias de remoción de carga orgánica y rendimientos en la elevación de aguas residuales.

## **7 Bibliografía**

### **7.1 Entrevistas**

- 1) Montoya, Jhonny. Ingeniero Municipal, 2004
- 2) Chávez Jiménez, Rosa María, Protección Ambiental Ministerio de Salud, 2004
- 3) Soto, Oscar. Bell & Gossett, 2005.

### **7.2 Libros**

- 1) Acueductos y Alcantarillados, Instituto; Normas de Diseño y Construcción Para Urbanizaciones y Fraccionamientos, A y A – 90; 1990.
- 2) Dirección de Estadísticas y Censos; “Censo de población”; San José; Costa Rica; años de censos: 1963, 1973, 1984, 2000.
- 3) Geotécnica; Estudio de Alcantarillado Sanitario en Ciudades Intermedias. Etapa 1, Priorización de Estudios y Obras-Borrador. San Ramón; Acueductos y Alcantarillados; San José; Costa Rica; 1997.
- 4) Instituto nacional de vivienda y urbanismo (INVU); “Reglamento de construcciones” en Código Urbano y de Construcciones; primera edición; editorial IJSA; Costa Rica; 2003.
- 5) López, Ricardo. “Diseño de acueductos y alcantarillados”. 2 ed. Alfaomega, Colombia, 2000.
- 6) METCALF & EDDY, INC., Tchobanoglous. G. “Ingeniería de aguas residuales: Redes de alcantarillado y bombeo”. 2 ed., McGraw Hill España, 1998. 628.3I-46iMG-199
- 7) Metcalf & Eddy; Ingeniería de aguas residuales: “Redes de alcantarillado sanitario”; Editorial McGraw-Hill, Tercera edición; México; 2000.
- 8) Okun, Daniel A.; “Ingeniería Sanitaria y Aguas Residuales”. Tomo I. Abastecimiento en aguas y remoción de aguas residuales; primera edición; editorial IMUSA; México; 1968.
- 9) Okun, Daniel A.; “Ingeniería Sanitaria y Aguas Residuales”. Tomo II. Purificación de aguas residuales y remoción de aguas residuales; primera edición; editorial IMUSA; México; 1971.
- 10) PROCOMER. “Manual del inversionista: Instalación de empresas en Costa Rica”, 2003

- 11) ProDUS, “Plan regulador urbano y rural del cantón de San Ramón”: Propuesta. San José, Costa Rica; 2002.
- 12) Ramírez, Roberto: “Microzonificación sísmica de San Ramón, Alajuela, Costa Rica”. Trabajo de graduación, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, 1995. CIO Tesis 16020
- 13) Solano, Moisés. “Código urbano y de construcciones”. IJSA, Costa Rica, 2003.
- 14) Taylor, Hombría. “Informe geológico de progreso fase A (1ª Parte) del proyecto de asesoría al INVU: Plan Regulador en la Ciudad de San Ramón de la provincia de Alajuela”. Costa Rica, 1983. CIO557.286T238i
- 15) Unda Opazo, Francisco; “Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública”; primera edición en español; editorial Unión tipográfica editorial hispano americana; México; 1969.
- 16) Vargas R. Jorge. “Geología de una parte de la Hoja Naranjo: Curso Campaña Geológica. Costa Rica”, Escuela de Geología Universidad de Costa Rica, 1978. CIO557.286V297-g

### 7.3 Tesis

- 1) Brenes Maltés, Francisco; “Metodología para Priorización de Sistemas de Evacuación de Aguas Servidas en Zonas Urbanas de Costa Rica”; Tesis; Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil; San José; Costa Rica; 1986.
- 2) Gonzáles, Edgar: “Análisis preliminar de la ampliación del alcantarillado sanitario de la ciudad de San Isidro del General”. Trabajo de Graduación, Escuela de ingeniería Civil, UCR, 2004. TFG-24062
- 3) Madrigal Agüero; Francisco; “Metodología de Diagnóstico para Establecer Prioridades de Sistemas de Evacuación de Aguas Servidas entre Ciudades”; Tesis; Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil; San José; Costa Rica; 1983.
- 4) Sánchez Camacho Gilbert; “Estudio a nivel de prefactibilidad de la disposición de aguas negras en la Ciudad de San Ramón”; Tesis; Universidad de Costa Rica; Escuela de Ingeniería Civil; San José, Costa Rica; 1986.