

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Guía técnica para el levantamiento de información
geográfica**

Trabajo de graduación en modalidad de Tesis presentado por
Pablo César Cartagena Espino
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil

Guatemala
2019

Guía técnica para el levantamiento de información geográfica

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería

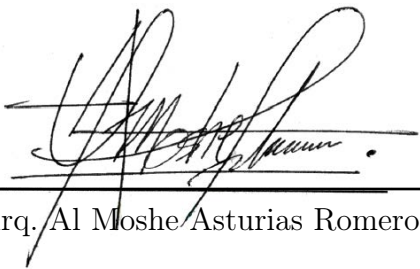


**Guía técnica para el levantamiento de información
geográfica**

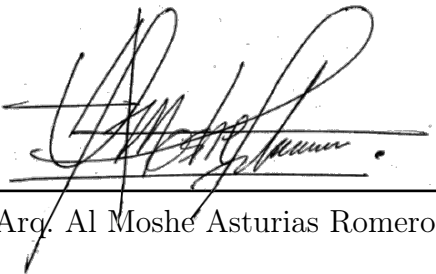
Trabajo de graduación en modalidad de Tesis presentado por
Pablo César Cartagena Espino
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil

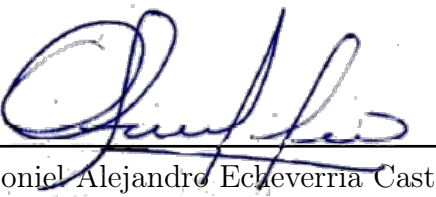
Guatemala
2019

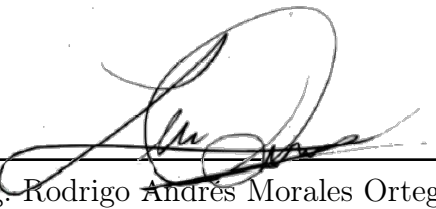
Vo.Bo.:

(f) 
Arq. Al Moshe Asturias Romero

Tribunal Examinador:

(f) 
Arq. Al Moshe Asturias Romero

(f) 
Ing. Otoniel Alejandro Echeverria Castellanos

(f) 
Ing. Rodrigo Andrés Morales Ortega

Fecha de aprobación: Guatemala, 05 de diciembre de 2019.

Agradecimientos

Este trabajo representa la etapa final de mi carrera universitaria, va dedicado a:

- A Dios, por ser el pilar de mi vida, guiarme en mi camino, y por darme fortaleza con abundantes bendiciones.
- A mis padres, Henry Cartagena y Dámaris Espino, por ser las personas fundamentales en mi desarrollo, por su esfuerzo y entrega cada día, y por ser un ejemplo para sus dos hijos, quienes han podido salir adelante gracias a su excelencia como padres.
- A mi hermano David, por ser una de mis principales motivaciones para salir adelante y brindarle un gran ejemplo.
- A mis abuelos Edgar, Aníbal, Elvia y Margarita, quienes me han motivado a emprender la vida con fe y perseverancia, por ser de gran apoyo en mi desarrollo como persona y como profesional.
- A mis tíos Ronaldo, Byron, Gerardo, Aníbal, Oscar y Hilmer; por su apoyo incondicional en las diversas etapas de mi vida.
- A mis tías Wendy, Lisda, Yomara, Belinda, Evelyn, Mariela, Romina, Danixa y Cindy: por ser de gran apoyo en el desarrollo de mi vida, y por ser mi motivación de haber escogido la carrera de ingeniería civil.
- A las iglesias Biblia Abierta y Jeriel, por ser los pilares fundamentales en mi instrucción en los caminos de Dios a lo largo de toda mi vida, por haberme brindado siempre apoyo, comunión y oportunidades para servile a Dios.
- A mi asesor, el arquitecto Al Moshe Asturias, quien me ha apoyado con el trabajo de campo y el procesamiento de las ortofotos para este proyecto.
- A todos mis docentes, quienes han aportado gran parte del conocimiento del que mi carrera profesional requiere.
- A la Universidad del Valle, por brindarme la oportunidad de crecer como profesional, apoyarme económicamente, y por ser mi alma máter.
- A todos mis amigos, por ser personas especiales para mí, y por compartir tantas experiencias.

Prefacio	v
Lista de figuras	xiv
Lista de cuadros	xv
Resumen	xvii
1. Introducción	1
2. Objetivos	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. Marco teórico	5
3.1. El catastro	5
3.1.1. Definición de catastro	5
3.1.2. Antecedentes del catastro en Guatemala	6
3.1.3. Actualidad del catastro en Guatemala	7
3.1.4. Métodos utilizados para el levantamiento catastral	8
3.2. Geocodificación	9
3.2.1. Generalidades de la digitalización de información	9
3.2.2. Datos digitales y analógicos	9
3.2.3. Sistemas de información geográfica	10
3.2.4. Geomorfometría y análisis de terreno	10
3.2.5. Modelo digital de elevaciones	10
3.2.6. Zonificación catastral	11
3.2.7. Análisis y gestión de riesgos	12
3.2.8. Red de drenaje	12
3.2.9. Red de agua potable	13
3.2.10. Red vial	14
3.2.11. Planta de tratamiento	14
3.3. Levantamientos de información	15
3.3.1. Geomática	15
3.3.2. Levantamientos topográficos	15
3.3.3. Levantamientos de control	15
3.3.4. Levantamientos catastrales	16

3.3.5.	Geodesia	18
3.3.6.	Fotogrametría	22
3.3.7.	Red geodésica	32
3.3.8.	Tipos de redes geodésicas	33
3.3.9.	Diseño y clasificación de redes geodésicas	33
3.3.10.	Sistema de posicionamiento global GPS	34
3.3.11.	Red satelital de servicio de GPS	34
3.3.12.	Manejo y gestión de la información	34
3.3.13.	Levantamientos con GPS	35
3.3.14.	Teledetección	36
3.3.15.	Fundamentos de la observación remota	36
3.3.16.	Espectro electromagnético	37
3.3.17.	Reflectancia de las superficies terrestres	39
3.3.18.	Interpretación de imágenes satelitales	40
3.3.19.	Programa espacial ERST-Landsat	40
4.	Marco legal	41
4.1.	Decreto 1786. Ley reglamentaria para los trabajos de agrimensura.	41
4.2.	Decreto 1427. Ley de parcelamientos urbanos.	42
4.3.	Resolución normativa IGN 01-99	42
4.4.	Decreto 12-2002. Código Municipal	43
4.5.	Decreto 41-2005. Ley de registro de información catastral	43
4.6.	Manual de normas técnicas y procedimientos catastrales del RIC	46
4.6.1.	Fase de investigación registral y actividades previas	46
4.6.2.	Subfase de levantamiento de información catastral	46
5.	Diagnóstico del Municipio	59
5.1.	Antecedentes históricos	59
5.1.1.	Historia de Nueva Santa Rosa	59
5.2.	Descripción del Municipio	60
5.2.1.	Ubicación y extensión territorial	60
5.2.2.	División político administrativa	60
5.2.3.	Demografía	60
5.2.4.	Vulnerabilidad ante desastres	61
5.2.5.	Sistema de salud pública	61
5.2.6.	Sistema de educación pública	61
5.2.7.	Servicios básicos y vivienda	62
5.2.8.	Red eléctrica	62
5.2.9.	Condiciones de vivienda	62
5.2.10.	Fisiografía, hidrografía y zonas de vida	63
5.3.	Aspectos metodológicos	63
5.3.1.	Información y recopilación	63
5.3.2.	Análisis de información recopilada	66
5.4.	Condiciones del Municipio	66
5.4.1.	Detalles del casco urbano	66
5.4.2.	Información digitalizada de la municipalidad	67
6.	Marco metodológico	69
6.1.	Metodología de levantamiento en zona urbana	69
6.1.1.	Establecimiento del área de estudio	69
6.1.2.	Etapa previa de reconocimiento de la zona	70
6.2.	Levantamiento indirecto de información gráfica	71
6.2.1.	Recopilación de información en línea	71
6.2.2.	Recopilación de información en instituciones	73

6.2.3.	Resumen de información recopilada	77
6.2.4.	Levantamiento de shapefiles mediante QGIS	78
6.3.	Levantamiento directo	78
6.3.1.	Puntos de referencia y red geodésica	79
6.3.2.	Generación de ortofotos mediante dron Phantom 4 Pro	80
6.3.3.	Depuración	81
6.4.	Procesamiento de información	83
6.4.1.	Generación de manchas urbanas utilizando imágenes landast con software ENVI	83
6.4.2.	Procesamiento utilizando QGIS	84
6.4.3.	Puntos geodésicos	87
6.4.4.	Ortofotos	87
6.4.5.	Metodología de zonificación	88
6.4.6.	Metodología de nomenclatura de predios	88
7.	Resultados	89
7.1.	Red geodésica	89
7.2.	Manchas urbanas	90
7.3.	Información del casco urbano	95
7.4.	Elevaciones y pendientes	97
7.5.	Zonas de desarrollo	100
7.6.	Evaluación de las bases con las de datos de información espacial de la Municipalidad de Nueva Santa Rosa	105
7.6.1.	Nomenclatura y código catastral	108
7.6.2.	Ortofotografía	109
8.	Conclusiones	111
9.	Recomendaciones	113
10.	Bibliografía	116
11.	Anexo A: Manchas urbanas	117
12.	Anexo B: Mapas generales de Nueva Santa Rosa	121
13.	Anexo C: Mapas de zonas de cobertura	131
14.	Anexo D: Matriz de pendiente y elevación	139
15.	Anexo E: Red geodésica	141
16.	Anexo F: Nomenclatura de predios	143
17.	Anexo G: Cuadros complementarios	153
18.	Anexo H: Fichas técnicas	157
19.	Anexo I: Guía metodológica	168

Lista de figuras

1. Proceso de levantamiento	17
2. Esfera terrestre	18
3. Geoide elipsoide	19
4. Distancia perpendicular	19
5. Superficie terrestre	20
6. Altura ortogonal	20
7. Relación ejes de elipse	21
8. Proyección	23
9. Longitud transversal	24
10. DJI Terra Logo	25
11. Pix4D Logo	25
12. Agisoft Photoscan Logo	25
13. Phantom 4 Pro	27
14. Vista del Phantom 4	27
15. Vista 2 del Phantom 4	27
16. Vista lateral del Phantom 4	28
17. Vista en planta del Phantom 4	28
18. Mando del Phantom 4	29
19. Vista lateral del mando	29
20. Vista de la parte inferior del mando	30
21. Diagrama de onda	37
22. Diagrama de frecuencia longitudinal	38
23. Longitud de reflexión	39
24. Codificación de la red	48
25. Monumentación de la RAC1	51
26. Monumentación de la RAC1	51
27. Monumentación RAC2	52
28. Monumentación RAC3	54
29. Ficha en planta RAC3	54
30. Ficha RAC3	54
31. Poligonal RAC3	55
32. Poligonal angular	55
33. Tolerancia planimétrica	55
34. Poligonal amarrada RAC3	55
35. Tolerancia angular	56

36. Tolerancia planimétrica	56
37. Ubicación del municipio	70
38. Acercamiento 1 con el municipio.	71
39. Acercamiento 2 con el municipio.	71
40. Revisión de puntos en la zona norte del casco urbano	79
41. Revisión de puntos en la zona sur del casco urbano	80
42. Uso del GPS Garmin.	80
43. Matriz de elevaciones.	86
44. Matriz de pendientes.	86
45. Metodología de zonificación.	88
46. Metodología de zonificación.	88
47. Mapa de red geodésica.	89
48. Mapa de poligonación.	90
49. Gráfico del área del casco urbano de Nueva Santa Rosa en km2.	91
50. Gráfico del área del casco urbano de San Miguel Petapa en km2.	91
51. Gráfico del área del casco urbano de San Miguel Petapa en km2.	92
52. Gráfico de comparación de áreas de cascos urbanos de ambos municipios en km2.	92
53. Gráfico del perímetro del casco urbano de Nueva Santa Rosa en Km.	92
54. Gráfico del perímetro del casco urbano de San Miguel Petapa en km.	93
55. Gráfico de comparación de los perímetros de ambos municipios en Km.	93
56. Mapa de manchas urbanas.	93
57. Polígono de lotes.	96
58. Mapa general del casco urbano.	97
59. Elevaciones Nueva Santa Rosa.	98
60. Mapa pendientes.	98
61. Matriz de elevaciones.	99
62. Matriz pendientes.	99
63. Mapa en relieve.	100
64. Zona de desarrollo.	100
65. Zona de desarrollo con cobertura de agua potable.	101
66. Zona de riesgo del casco urbano.	101
67. Zona de cobertura de agua potable.	102
68. Zona de riesgo de cobertura de drenajes.	102
69. Zona de cobertura de cada parámetro.	103
70. Zona de riesgo del casco urbano.	103
71. Mapa de ortofoto generada.	109
72. Mapa de manchas urbanas de Nueva Santa Rosa.	117
73. Mancha urbana del 2006 de Nueva Santa Rosa.	118
74. Mancha urbana del 2009 de Nueva Santa Rosa.	118
75. Mancha urbana del 2013 de Nueva Santa Rosa.	119
76. Mancha urbana del 2018 de Nueva Santa Rosa.	119
77. Mancha urbanas de San Miguel Petapa.	120
78. Mapa de curvas de nivel del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	121
79. Mapa de elevaciones del municipio de Nueva Santa Rosa.	122
80. Porcentajes de elevaciones del casco urbano de Nueva Santa Rosa	122
81. Mapa general del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	123
82. Mapa de orientación de pendientes del municipio de Nueva Santa Rosa.	123
83. Mapa de pendientes del municipio de de Nueva Santa Rosa.	124
84. Porcentajes de pendientes del casco urbano de Nueva Santa Rosa	124
85. Planta de tratamiento del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	125
86. Mapa de polígono de cuadras de Nueva Santa Rosa.	125

87. Mapa de polígono de lotes.	126
88. Red de tuberías de agua potable del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	126
89. Red de drenajes del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	127
90. Red eléctrica del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	127
91. Red vial del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	128
92. Mapa de relieve del municipio de Nueva Santa Rosa.	128
93. Zonas actuales del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	129
94. Zonas actuales del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	129
95. Mapa de ríos en el casco urbano de Nueva Santa Rosa.	130
96. Ortofoto generada del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	130
97. Zona de cobertura de agua potable del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	131
98. Zona de cobertura de drenajes del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	132
99. Zona de cobertura de centros de salud del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	132
100. Zona de cobertura de centros educativos del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	133
101. Zona de cobertura de cada parámetro del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	133
102. Zona de cobertura óptima del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	134
103. Zona de cobertura de área verde del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	134
104. Zona de cobertura contra incendios del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	135
105. Zona de cobertura de policía del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	135
106. Zona de desarrollo del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	136
107. Zonas de riesgo del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	136
108. Zona de desarrollo con cobertura de agua potable del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	137
109. Matriz de pendientes del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	139
110. Matriz de elevaciones del casco urbano de Nueva Santa Rosa.	140
111. Red geodésica.	141
112. Poligonación catastral.	142
113. Puntos base de la red geodésica.	142
114. Puntos complementarios de la red geodésica.	142
115. Nomenclatura de lotificación y código catastral 1	144
116. Nomenclatura de lotificación y código catastral 2	145
117. Nomenclatura de lotificación y código catastral 3	146
118. Nomenclatura de lotificación y código catastral 4	147
119. Nomenclatura de lotificación y código catastral 5	148
120. Nomenclatura de lotificación y código catastral 6	149
121. Nomenclatura de lotificación y código catastral 7	150
122. Nomenclatura de lotificación y código catastral 8	151
123. Nomenclatura de lotificación y código catastral 9	152
124. Nomenclatura de lotificación y código catastral 10	152
125. Mancha urbana de Nueva Santa Rosa	153
126. Gráfico de área de Nueva Santa Rosa	153
127. Gráfico de área de Nueva Santa Rosa	154
128. Mancha urbana de San Miguel Petapa	154
129. Mancha urbana de San Miguel Petapa	154
130. Gráfico de área de San Miguel Petapa	155
131. Gráfico de perímetro de San Miguel Petapa	155
132. Crecimiento de áreas Nueva Santa Rosa vs San Miguel Petapa	156
133. Crecimiento de perímetros Nueva Santa Rosa vs San Miguel Petapa	156
134. Ficha técnica de planificación parte 1	158

135. Ficha técnica de planificación parte 2	159
136. Ficha técnica del primer vuelo	160
137. Ficha técnica del segundo vuelo	161
138. Ficha técnica del tercer vuelo	162
139. Ficha técnica del cuarto vuelo	163
140. Ficha técnica de los puntos BR1 y BR2	164
141. Ficha técnica de los puntos BR3 y BR4	165
142. Ficha técnica de los puntos BR5 y BR6	166
143. Croquis de los puntos levantados	167

Lista de cuadros

1. Propiedades del elipsoide	21
2. Componentes de la aeronave	28
3. Componentes del dispositivo de control	30
4. Especificaciones de la aeronave	31
5. Especificaciones del estabilizador	31
6. Especificaciones del sistema de visión	31
7. Especificaciones de la cámara	32
8. Especificaciones de la batería	32
9. Códigos Municipales	48
10. Contenido para procesamiento de información gráfica	57
11. Criterios de evaluación de información	68
12. Sitios de información espacial en línea.	72
13. Comparación entre ENVI y QGIS SCP Plugin	95
14. Cobertura de zonas.	104
15. 01 Evaluación de archivos recopilados.	105
16. 02 Evaluación de archivos recopilados.	106
17. 03 Evaluación de archivos recopilados.	107
18. 04 Evaluación de archivos recopilados.	108

El objetivo principal del proyecto es el desarrollo de una guía metodológica de levantamiento de información catastral para generar una línea base para todos los procesos catastrales y de planificación que se busquen implementar en el Municipio de Nueva Santa Rosa.

La metodología consiste en recopilar información de fuentes institucionales encargadas de generar registros de diversa índole a nivel nacional. En efecto, la información recopilada crea las bases que identifican a los elementos necesarios de implementar en el levantamiento.

En efecto, la primera etapa del proceso es el levantamiento indirecto, el cual consiste en generar información utilizando los registros y archivos recopilados. Después se realiza el levantamiento directo que conlleva una etapa previa de planificación en la que se especifica el elemento a levantar y que considera los detalles indicados en las normas del RIC e IGN. La metodología implica el levantamiento de puntos geodésicos según el diseño de la red geodésica planificada; y de un vuelo utilizando dron para la generación de ortofotos de la zona delimitada.

Finalmente, la etapa de procesamiento consiste en generar los resultados utilizando las herramientas de ENVI, Agisoft y QGIS en los análisis de teledetección, fotogrametría y geoprocésamiento respectivamente. Los resultados del procesamiento establecen la línea base que define las condiciones del municipio en cuanto a infraestructura de servicios públicos, zonificación y delimitación de zonas de riesgo.

CAPÍTULO 1

Introducción

El catastro es un registro técnico de información específica de las características de los elementos que componen la infraestructura de una zona. Guatemala carece de registros específicos en los municipios que pertenecen a la zona del interior del país.

Las municipalidades son las encargadas de realizar levantamientos de su respectivo municipio y con ello crear bases de datos que especifiquen los detalles de cada elemento presente. Las bases de datos permiten crear un control más eficiente de los registros públicos tales como las lotificaciones e inmuebles.

Los registros de información catastral son para muchos fines de uso, sin embargo, el objetivo principal es definir la situación real del municipio y con ello implementar un sistema de planificación territorial y asimismo establecer normas para el desarrollo controlado de la zona a largo plazo.

La metodología del proyecto permite realizar levantamientos tanto de forma directa, como indirecta. Los pasos de cada fase se desglosan para realizar una guía, en la cual se agrega las especificaciones que exigen el RIC y el IGN en los detalles de la información levantada. Asimismo, el producto resultante toma en cuenta el equipo utilizado, la zona de levantamiento y la precisión de los resultados esperados. En efecto, la metodología se desarrolla según las condiciones del municipio de Nueva Santa Rosa, las cuales son muy similares a la mayoría de los demás del interior del país.

2.1. Objetivo general

Desarrollo y propuesta de una guía metodológica para el levantamiento de información catastral del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala.

2.2. Objetivos específicos

- Definir la metodología para la recolección de información sobre el municipio.
- Evaluar el estado de la información catastral desarrollada por la municipalidad de Nueva Santa Rosa.
- Desarrollo de la metodología que se llevará a cabo para el diseño y evaluación de una red de apoyo catastral.
- Desarrollo de la metodología que se llevará a cabo para el levantamiento de ortofotos mediante drones a través de un mosaico.
- Desarrollo de la metodología que se llevará a cabo para la georreferencia y digitalización de la información del municipio.
- Establecer los parámetros de influencia y su respectivo impacto en el desarrollo urbano del municipio de Nueva Santa Rosa, Guatemala.
- Establecer las zonas de mayor potencial para desarrollo futuro del municipio utilizando software SIG.

3.1. El catastro

3.1.1. Definición de catastro

La palabra catastro se origina del griego “katastikhon”, cuyo significado es registro o lista. A partir de esta raíz se origina del latín, la palabra “capitas-trum”, inicialmente se utilizaba para los procesos enfatizados en la administración de los bienes como el registro del impuesto por ser una atribución a los inmuebles. Los registros conforman un medio de control destinado a conocer la distribución de la tenencia de la tierra con la finalidad de recaudar las contribuciones debidamente acreditadas por su utilización y explotación respectiva. [15]

Según el Registro de Información Catastral (RIC), el catastro es un instrumento técnico de desarrollo con información disponible para fines múltiples. Es un registro descriptivo y gráfico orientado a la seguridad jurídica de la propiedad, tenencia además del uso de la tierra. [10]

Existen dos tipos de catastros según la normativa del RIC, la diferencia radica en las tolerancias de error permitidas. En definitiva, los tipos de catastro que existen son el urbano y el rural, sin embargo, los catastros urbanos se limitan a ciertos márgenes de errores debido a las exigencias en los resultados. [10]

El catastro urbano en un municipio se elabora en tres etapas, la primera se enfatiza en el proceso de declaración del proyecto; la segunda en los procesos de mediciones en zonas declaradas como no catastradas; y la tercera es cuando se presentan los resultados y se declara zona catastrada al área estudiada. [7]

Por otra parte, existe el catastro rural orientado al diagnóstico de la parte jurídica, económica y física de las unidades inmobiliarias. El RIC marca el inicio hacia la resolución de conflictos sobre la tenencia de tierra en zonas rurales por medio de las políticas objetivas hacia las dinámicas agrarias que operan en la nación. [7]

3.1.2. Antecedentes del catastro en Guatemala

En efecto, el catastro como institución se originó en los propósitos fiscales y documentos antiguos cuya fecha se remonta a casi 3,000 años antes de Cristo, por lo que se les atribuía a los bienes propios de los habitantes en civilizaciones como los fenicios, egipcios, romanos, entre otros. [1]

Guatemala presentó la temática de la tenencia de la tierra y de la propiedad hasta la época de la conquista española. Anteriormente no existía una estructura concisa acerca de la tenencia de la tierra, no obstante, en 1542 los españoles publicaron las primeras leyes que otorgaban la autorización a los colonizadores para desarrollar un control sobre estas y también realizar series de compra-venta. [7]

Las leyes implementadas por los españoles permitieron consolidar el régimen de la colonia sobre las tierras americanas e impulsó el desarrollo de zonas urbanas que se conservan aún en la actualidad. [7]

La tenencia de las tierras ha sido la principal fuente de muchos de los conflictos que se han desarrollado durante los últimos dos siglos. Durante la época de los conservadores en 1772, la Escribanía de Gobierno empezó las acciones generales para el denominado Juzgado Privativo de Tierras, no obstante, fue hasta 1784 cuando el protocolo oficial inició. [1]

Posteriormente, el gobierno formó el Registro General para los terrenos de cualquier medida mediante el acuerdo gubernativo del 24 de abril de 1866, reformado en gran medida por el acuerdo del 9 de enero de 1869 y aprobado el 16 de febrero de ese mismo año. La finalidad se centralizó en la formación de un registro que evite el deterioro de los archivos existentes y la pérdida de documentos antiguos. [1]

En el año 1877 se estableció el registro de la propiedad con sedes en Guatemala, Quetzaltenango y Jutiapa, marcando desde ese entonces la institucionalización del sistema de registro nacional. De forma posterior, se estableció la sociedad científica de ingenieros de la República, donde el director era el revisor general de medidas y deslindes de tierras. El cargo se enfatizó en aportar a la formación del catastro general de la República, para lo cual se abrió desde ese día un registro de la propiedad para las zonas rurales. [1]

A principios del siglo XX se llevó a cabo el proceso reformativo del país, se emitió el 10 de febrero de 1936 la Reforma Agraria con la que se derogó muchas leyes anteriores, entre ellos el decreto gubernativo No. 483 y también el No. 485, cuyos alcances favorables fueron interrumpidos cuando se dio el cese de su vigencia. Por otra parte, se crearon las primeras carreras técnicas de agrimensura y topografía debido a la necesidad de mejorar los controles sobre las tierras, lo que permitió el desarrollo de la Ley de Agrimensura. [1]

Años más tarde, las leyes agrarias emitidas como el decreto 900 y el decreto presidencial No. 559 no contemplaron estipulaciones relativas al catastro nacional de ningún tipo al igual que la transformación agraria que actuó mediante el decreto 1551, debido a ser ajenos a los propósitos del Congreso de la República. En 1940, la importancia de la descripción de los bienes raíces por medio del plano topográfico se estableció con la finalidad de fortalecer la garantía de la propiedad omitiendo el requisito de adjuntar el plano para la inscripción de fincas formadas por la unificación de dos o más de estos inmuebles. [1]

En cuanto a otros aspectos históricos, el conflicto armado interno en Guatemala se originó a raíz de problemáticas vinculadas a la propiedad, uso y tenencia de la tierra, que hasta el momento aún persisten de forma mínima en algunas regiones del país. [1]

Otros movimientos de la época señalaban las altas concentraciones de tierra en pocas manos, el despojo de tierras a campesinos, la incapacidad y desprotección de las comunidades indígenas para acceder a mecanismos de titulación y registro de sus tierras. También señalaban las causas

jurídicas, económicas y políticas atinentes al problema a raíz de la indefinición de las propiedades en los registros, que da lugar a dobles o múltiples titulaciones sobre los mismos inmuebles. [1]

El primer desarrollo formal del establecimiento del catastro en Guatemala se dio entre 1968 y 1978, cuando el Instituto Geográfico Nacional realizó un estudio que abarcó toda la costa sur del país. El proyecto se desarrolló en un área aproximada de 33,000 km² y se le dio la prioridad al área rural a pesar de ciertos estudios catastrales realizados en las cabeceras departamentales de Escuintla, Suchitepéquez y Retalhuleu. [7]

En 1978 se fundó la Dirección General de Catastros y Avalúos de Bienes Inmuebles (DICABI) con el fin de elaborar y gestionar un registro fiscal de los inmuebles de la República, además de planificar, organizar y controlar la ejecución de proyectos relacionados con el levantamiento catastral. [7]

En 1996 durante los acuerdos de Paz, se hace mención acerca de la necesidad de implementar institucionalmente un ente catastral. En efecto, en 1997 se constituye la Comisión Institucional para el Desarrollo y Fortalecimiento de la Propiedad de la tierra (PROTIERRA), al cual se le adjuntó la Unidad Técnica Jurídica con la responsabilidad de estructurar e implementar el programa de registro y catastro desde la perspectiva administrativa, legal, técnica y financiera. [7]

3.1.3. Actualidad del catastro en Guatemala

Actualmente, tras largos procesos de negociación y discusión entre diversas organizaciones campesinas e indígenas e instituciones como el Colegio de Ingenieros Agrónomos de Guatemala, Congreso de la República, el Registro General de la Propiedad y la Comisión de Gobernación del Congreso concluyeron en la formación del Registro de Información Catastral "RIC" mediante el decreto 41-2005 que le dio la titulación como una institución del estado para ejercer su función de manera autónoma, con respaldo jurídico y recursos propios. [1]

El RIC actúa en coordinación con el Registro General de la Propiedad sin perjuicio de sus atribuciones específicas y dan certeza jurídica de los inmuebles de la nación que garantiza la seguridad de la tenencia de tierras. En definitiva, la elaboración de un catastro a nivel nacional conlleva de un proceso diligente y muy detallado que a su vez confronta la realidad jurídica de la propiedad expuesta en el Registro General de la Propiedad y la tenencia real levantada mediante trabajo de campo. [1]

En el interior del país, Quetzaltenango y Salcajá son los dos municipios que poseen los mejores avances en cuanto a registro de propiedad se refiere. El departamento de catastro de Quetzaltenango conforma técnicamente el registro según las disposiciones legales y técnicas de la materia. Los avances que presentan se centralizan en la información con su respectiva georreferenciación y el mapeo con el que se identifican las zonas del municipio además de identificar el comportamiento de la movilidad junto con el crecimiento de las zonas.

Hoy en día no todas las entidades municipales poseen una unidad encargada del catastro, existen municipios en los que solamente se ha trabajado la parte jurídica que conlleva el registro de la propiedad. Municipios como San Miguel Petapa, el cual forma parte de la mancomunidad Gran Ciudad del Sur, ha implementado una unidad encargada de los levantamientos respectivos del municipio y de gestionar la información que se tiene de la infraestructura, zonas, uso del suelo, entre otros.

Como parte de los procesos de planificación territorial, San Miguel Petapa se encuentra en procesos de implementación del PDM (Programa de Desarrollo Municipal) por parte de la Dirección Municipal de Planificación y las respectivas unidades que se involucran en los indicadores principales del municipio. Sin embargo, municipios como Nueva Santa Rosa aún se encuentran desarrollando los procesos de levantamiento de información con la finalidad de generar proyectos que garanticen una planificación formal a largo plazo.

3.1.4. Métodos utilizados para el levantamiento catastral

El fin de estos procedimientos técnicos es obtener datos numéricos que definan los predios y linderos para establecer el área de cada uno de ellos. Los procesos técnicos se efectúan por medio de la aplicación de dos métodos; el método de restitución fotogramétrica o también denominado método indirecto; o bien por el método de levantamiento topográfico o método directo. [15]

La selección del método de levantamiento dependerá tanto de las condiciones topográficas de la zona de estudio como también la cobertura de vegetación predominante o las condiciones que rigen la posibilidad de identificación de los vértices y linderos de los polígonos topográficos. [15]

Método de levantamiento directo

El levantamiento topográfico se desarrolla en una serie de mediciones de campo a escala real con el fin de definir las coordenadas geodésicas de puntos situados en la superficie terrestre además de describir las delimitaciones presentes en la infraestructura existente, predios o accidentes geográficos de importancia. [15]

El método conlleva la medición a través de satélites gracias al sistema GPS y otros procedimientos tradicionales como la poligonación, trilateración, radiación, triangulación o la combinación de estos mediante equipos topográficos de gran precisión. Asimismo, las coordenadas geodésicas se trabajan conjuntamente a una red geodésica que establece la densificación de los puntos por medio de vértices definidos. [15]

La red geodésica utilizada debe encontrarse referenciada a la red nacional con el fin de referenciar toda la información al mismo sistema como lo demanda el RIC. Sin embargo, en casos en los que no se encuentre cercano ningún punto de referencia de la red nacional a la zona de estudio, se debe definir una red local que se referencie mediante observación astronómica con el fin de prever que la colocación y señalización de la red garantice la posibilidad de observación además de un recálculo posterior. Para estos casos, el RIC establece la normativa para el diseño de las redes geodésicas y el IGN establece los puntos de referencia de la red geodésica nacional. [15]

En definitiva, el método topográfico es primordial para el desarrollo de los procesos de levantamiento de información directa. A su vez, este método se lleva a cabo en la zona de estudio y asimismo cada medición se realiza. [15]

Los levantamientos de información se desglosan en categorías a nivel general, las cuales son el levantamiento geodésico y el levantamiento plano. Ahora bien, el levantamiento geodésico hace énfasis en la curvatura en la superficie de la tierra, permitiendo la inclusión del cálculo según un elipsoide que representa una aproximación a la irregular forma de la Tierra. Dentro de los cálculos se comprenden las soluciones de ecuaciones deducidas de la geometría del espacio y del cálculo diferencial. [3]

Los métodos utilizados a nivel geodésico determinan las ubicaciones relativas de señalamientos en los que existe una gran distancia de separación y sus direcciones además de sus longitudes cuyo fin consiste en obtener ubicaciones. Posteriormente, los levantamientos de información adquirieron una nueva parte del proceso con el nuevo sistema de localización global GPS, el cual reemplazó casi por completo a otras herramientas que inicialmente eran parte de la instrumentación para estos nuevos tipos de levantamientos. [3]

Método de levantamiento indirecto

Son los más utilizados en levantamientos urbanos, debido a su gran confiabilidad y resultados más exactos. Se caracterizan por la implementación de imágenes satelitales o fotografías aéreas que proporcionan la información reconocida dentro de estas, sin embargo, los datos que se recolecten se limitan a la calidad y resolución de la imagen. [15]

La ventaja de este método radica en cubrir grandes extensiones de territorio en un tiempo mucho menor, optimizando así el proceso. No obstante, este método permite desarrollar análisis más complejos y con menores complicaciones que el método directo, por ejemplo, mediante imágenes áreas o satelitales se determinan los parámetros de crecimiento de zonas definidas; determinación de áreas extensas; zonas de mayor influencia; entre otros.

3.2. Geocodificación

3.2.1. Generalidades de la digitalización de información

La Geocodificación es la asignación de coordenadas a puntos clave con cualidades muy distintas. La digitalización directa de valores y coordenadas sin utilizar dispositivos especializados es simplemente el desarrollo de una serie de datos espaciales expresados de forma alfanumérica y que son susceptibles de convertirse en una capa y utilizarse así dentro de un SIG. [12]

Por ende, se necesita de un muestreo ya realizado en campo con la información necesaria establecida. También de coordenadas en las que han sucedido algún tipo de sucesos o de cierto tipo particular de elementos característicos del municipio. [12]

En la actualidad, el internet permite aparecer tendencias que se relacionan con la asignación de una localización geográfica a muchos de sus elementos. Asimismo, permite añadir a una página de la red información sobre el emplazamiento donde ha sido creada o añadirla por medio de una fotografía digital. [12]

La Geocodificación implica establecer una coordenada geográfica que corresponda a la dirección y por ello, es frecuente la interpolación de las coordenadas en las que se sitúan las distintas direcciones de un mismo trazo. [12]

3.2.2. Datos digitales y analógicos

Los SIG implican una aplicación informática y la necesidad de utilizar datos digitales, por ende, es necesario obtener la información suficiente con la que se debe trabajar. [12]

Una parte muy significativa de los datos geográficos que se manejan hoy en día son en formato digital y con ello todos los datos geográficos digitales tienen una serie de ventajas frente a los analógicos y suponen un salto cualitativo que permite entender las ventajas ante la relevante implementación de los SIG. [12]

No obstante, los SIG conllevan de una sencillez de actualización, facilidad de distribución, espacio de almacenamiento, facilidad y precisión de los análisis y facilidad de mantenimiento. [12]

3.2.3. Sistemas de información geográfica

Los SIG son herramientas que permiten leer, editar, almacenar y gestionar datos espaciales a nivel general. Por lo tanto, realizan el análisis de la información geográfica, que abarca desde consultas simples hasta la elaboración de modelos complejos que deben llevarse a cabo sobre la localización de cada elemento o como los valores de éste para casos temáticos. [12]

Además, generan resultados como mapeo, gráficos, informes, entre otros. Otra definición asume los SIG como un conjunto de software y hardware que son diseñados específicamente para la adquisición, mantenimiento, utilización y gestión de los datos cartográficos. [12]

Pero esto abarca mucho más; de esta manera, un SIG es un elemento complejo que engloba una serie de elementos conectados de los cuales cada uno desempeña una función en particular, por ende, los elementos son los procesos, datos, visualizaciones, tecnología y el factor organizativo. Por lo tanto, un SIG engloba todo lo anteriormente indicado y lo integra de tal manera que se integran distintas disciplinas que se apoyan de esta tecnología informática. [12]

Ahora bien, un SIG no es un asistente de diseño de computadora o CAD como lo conocemos, ya que sus propósitos son diferentes y el tiempo o ámbito en el que se desarrollan también lo es; por ejemplo, un SIG refleja lo que ya existe y un CAD permite reflejar algo que todavía se encuentra en desarrollo. Por ello, ambos elementos trabajan de la mano considerando el tipo de trabajo que se esté realizando y el tipo de información con la que se está trabajando. Ante estos factores, se conoce que los SIG se desglosan en datos, personas, métodos, software y hardware. [12]

3.2.4. Geomorfometría y análisis de terreno

La Geomorfometría es la disciplina encargada de analizar el estudio del terreno y la parametrización de sus características. Sus estudios se relacionan de manera directa con la geología, geomorfología, topografía, entre otras. [12]

No obstante, el conjunto de análisis geomorfométricos se estructuran por las siguientes etapas:

1. Muestreo de elevación en puntos establecidos.
2. Generación de un modelo de la superficie por medio de los anteriores.
3. Corrección de errores y eliminación de elementos erróneos.
4. Cálculo de parámetros y elementos derivados.
5. Empleo de los parámetros y elementos anteriores. [12]

3.2.5. Modelo digital de elevaciones

MDE o DEM como mejor se le conoce, forma parte del análisis geomorfométrico y supone un salto cualitativo ante sus predecesores. Es un modelo que representa una estructura numérica de datos que representa a la distribución espacial y va de la mano con el MDT o Modelo Digital de Temperaturas. [12]

Por lo general son trabajados en archivos Ráster y representan matricialmente la variación continua del relieve en el espacio. Los formatos vectoriales como la representación por medio de curvas de nivel no son muy adecuados para estos modelos debido a que no son óptimos para variables continuas pero si son útiles para representar visualmente las superficies continuas pero no para su análisis. [12]

Para crear un archivo Ráster se requiere de métodos de interpolación utilizando datos puntuales tomados en campo. La naturaleza de la información que se obtiene para el MDE y el análisis a efectuar posteriormente con él hacen útiles los siguientes métodos de interpolación: [12]

1. Distancia inversa: Consiste en la interpolación de las partes de un modelo de elevaciones digitales. Sin embargo no es adecuado debido a las abundantes depresiones de carácter artificial que se generan y a elementos no naturales en el relieve. [12]
2. Kriging: Es un interpolador que genera superficies excesivamente suaves para el caso de datos de elevación. Aunque la precisión del método es muy alta cuantitativamente, no refleja una configuración precisa del relieve con sus respectivos accidentes. [12]
3. Splines: Representa una alternativa para la creación de un modelo de elevaciones digitales
4. Ajuste de funciones: Método global que ajusta una función polinomial a los puntos de datos para asemejarse al relieve. Sin embargo, la complejidad y el uso de funciones de grado superior hace que se generen valores extremos irreales e imprecisos sobre la superficie interpolada resultante. [12]

3.2.6. Zonificación catastral

Es el procedimiento en el que se agrupan los predios según los criterios que facilitar la administración de datos antes, durante y después del levantamiento. Por lo general, se utilizan cuadrantes a escala y sectores. [6]

Cuadrantes a escala

Tipo de zonificación caracterizado por la división del territorio en segmentos, que deben imprimirse en planos bajo una misma escala. Entre las ventajas encontramos que se enlazan a la división cartográfica del IGN, dividiendo en segmentos uniformes. Se utiliza en muchos países. [6]

Entre sus desventajas encontramos que el mapa generado para fines de impresión no es el mismo en donde se realizan las modificaciones originales, debido a que los linderos se encuentran divididos. [6]

Sectores

Tipo de zonificación caracterizada por la influencia de la tecnología en el catastro; el cual consiste en definir el sector, delimitado por una cantidad de parcelas que caben dentro de un marco imaginario de tamaño similar. [6]

Aunque están dentro de un marco de referencia similar, se debe respetar los criterios como la delimitación en los bordes naturales tales como ríos, o artificiales como calles, dando lugar a que la forma de los sectores sea irregular y precisa. [6]

Para el caso de Nueva Santa Rosa, encontramos zonas agrícolas, residenciales, comerciales y mixtas. En el interior del país es muy común encontrar en las zonas céntricas lo que son edificaciones utilizadas para comercio y vivienda, por lo que Nueva Santa Rosa no sería la excepción en poseer zonas de este tipo.

3.2.7. Análisis y gestión de riesgos

Es un área de aplicación de los SIG, que consiste en el análisis genérico de los fenómenos de riesgo sobre una zona dado. El modelo, por su parte, busca reproducir el comportamiento de un evento o proceso determinado. Sin embargo, siempre es necesario recurrir a disciplinas adicionales para lograr un modelo completo sobre los conceptos y modelos existentes tales como la hidráulica o la termodinámica. [12]

Los riesgos que principalmente se encuentran son de tipo meteorológico, hidrológico y relativo al terreno. El análisis meteorológico juega un papel importante, pues con el clima condiciona factores como la humedad del terreno y dependen de la configuración del terreno. [12]

El análisis hidrológico depende fuertemente de los eventos de riesgo caracterizados por el clima y las condiciones del terreno. Ambos factores deben estudiarse en profundidad para obtener modelos óptimos. Los análisis son relativos a riesgos hidrológicos e implican estudiar características como la precipitación, humedad ambiental o temperatura. [12]

Ahora bien, los riesgos hidrológicos son analizados mediante delimitaciones en zonas de inundación estimando así, las zonas limítrofes a los cauces. La delimitación de zonas de inundación conlleva el cálculo o estimación de las variables meteorológicas en las que se aplican las formulaciones estadísticas. [12]

Los riesgos hidrológicos también conllevan la aplicación de modelos que muestran el comportamiento de las variables relacionadas a la hidrología, tales como precipitación máxima, escorrentía neta y precipitaciones sobre la cuenca, entre otros. [12]

El trabajo con variables climáticas dentro de un SIG conlleva la creación de cartografía climática y preparar capas en formatos adecuados. La creación de ráster a partir de capas vectoriales mediante métodos de interpolación o regresión es una de las partes fundamentales del proceso. [12]

Existen metodologías actuales que permite obtener variables climatológicas, sin embargo no registran información puntualmente debido a la complejidad del asunto. Por ello, emplean resultados únicos obtenidos mediante el estudio estadístico. [12]

3.2.8. Red de drenaje

Su origen se remonta a las ciudades europeas en el siglo XIX para responder ante las problemáticas que surgía a raíz de la salubridad y de epidemias provocadas por la evacuación de las aguas fecales. Antes de su creación, se solía verter las aguas residuales en la calle y la lluvia las conducía hacia las cloacas.

Las redes de drenaje son estructuras hidráulicas cuyo funcionamiento actúa a presión atmosférica siguiendo la ley de la gravedad. Debido a esto, las tuberías deben poseer cierto grado de pendiente calculado para garantizar que el agua se mueva a una velocidad suficiente y que imposibilite la sedimentación de los materiales que se transportan dentro de éste.

Acometida

Componentes sobre los que se derraman las aguas residuales de procedencia doméstica cuyo origen es en las edificaciones de la red pública general.

Alcantarillado

Transporte subterráneo que se sitúa debajo de la red vial urbana. Su fin es para canalizar el agua hacia un colector.

Colectores

Son las cañerías de sección de mayor tamaño encargadas de recoger las aguas de las alcantarillas y llevarlas a los principales colectores.

Aliviaderos de tormentas

Depósitos donde el agua originaria de los colectores es retenida cuando por acción de la lluvia es muy caudalosa cuyo fin es evitar inundaciones.

Emisarios interceptores

Conducen y transportan las aguas reunidas por los colectores hacia la depuradora o verterlas en un medio natural.

Cunetas

Entrantes encargados de colectar y concentrar las aguas de lluvia.

Imbornales

Estructuras encargadas de recoger de la vía el agua de lluvia.

Pozos de visita

Cámaras verticales que dan acceso a los drenajes y a los colectores para su respectivo mantenimiento.

3.2.9. Red de agua potable

Es el tipo de red que facilita el avance del agua desde el punto de captación hasta el punto de consumo en condiciones aptas. La captación es el primer paso de la red y es donde las aguas subterráneas son obtenidas mediante pozos o galerías de extracción.

En el caso de aguas que están en cuerpos conjuntos, se emplean bocatomas, galerías filtrantes, siempre teniendo como referencia el curso del agua. El diseño de estas debe ser abierto o cerrado. Además su diseño es dependiente de los costos e intereses que se manejen dentro del proyecto.

3.2.10. Red vial

Guatemala es uno de los países con mayor red de carreteras en Centroamérica, consecuentemente, también son las más transitadas debido a las densidades de población y el comercio en ambos océanos que posee el país.

Ruta centroamericana

Ruta de primer orden con el mejor nivel de servicio y comunica a los países vecinos de la región además de los puertos marítimos.

Ruta nacional

Atraviesan más de dos departamentos e interconectan a una región del país con la red principal y secundaria. Son constituidas como rutas alternas.

Ruta departamental

Interconecta cabeceras departamentales con las municipales además de las rutas centroamericanas.

Camino rural

Son utilizados para comunicar a las comunidades rurales de los municipios correspondientes.

3.2.11. Planta de tratamiento

Las plantas de tratamiento se dividen dependiendo del tipo de tratamiento que realicen. En Guatemala, la gran mayoría son de tratamiento primario. El tratamiento primario consiste en la purificación del agua que solamente posee desechos sólidos flotantes o sedimentables además de restos orgánicos poco significativos que alteren la parte química del agua.

El proceso de tratamiento se realiza por medio físicos y usualmente por químicos también. Por lo tanto, éstas constan de los siguientes componentes:

1. Reja: Impide el paso de los sólidos y lo retira media vez se encuentre en la superficie.
2. Desarenador: Impide el paso de sólidos en suspensión.
3. Floculadores: Añaden productos químicos que decantan materiales finos y sustancias coloides en suspensión.
4. Decantadores y filtros: Mejor conocidos como sedimentadores, apartan una parte de material fino. Los filtros retienen los materiales finos en suspensión.
5. Dispositivos de desinfección: Son componentes extras que permiten remover restos finos de varios sólidos incluyendo materia orgánica.

3.3. Levantamientos de información

3.3.1. Geomática

La geomática es un término reciente denominado para la topografía. Un nuevo cambio en el alcance y la manera en que se realizan las prácticas topográficas, debido a los recientes avances tecnológicos que le son proporcionados a los topógrafos tales como las nuevas herramientas de medición y recopilación de información además del cálculo, presentación y difusión que conlleva el realizar este tipo de trabajo. [13]

El moderno conjunto de herramientas incluye instrumentos electrónicos que miden automáticamente distancias y ángulos, sistemas de levantamientos satelitales cuya finalidad es obtener rápidamente las posiciones precisas de puntos muy espaciados, así como fotografías aéreas y sistemas de procesamiento para mapeo y recolección de otras formas de datos; son las que caracterizan a la geomática. [12]

Los objetivos de la geomática se asocian a la determinación del tamaño y la forma de la tierra, como también la evaluación necesaria de los datos que establecen las características como del relieve, por ende, las características son la altura, posición, forma, localizar objetos en el espacio y el tiempo así como su ubicación. Asimismo, se incluyen la adquisición de información espacial para su posterior uso, así como la automatización de los procesos; delimitación de zonas y áreas específicas; interpretación e integración de objetos y fenómenos en el espacio por medio de los Software GIS. [13]

La Geomática también se encarga de la recopilación de información; estudios del medio ambiente que van de la mano con la biometría; planeación y desarrollo de la propiedad; evaluación del valor y de la administración de la propiedad; medición y administración de obras de construcción; y el diseño que va de la mano con el establecimiento y administración de los sistemas de información geográfica. [13]

El GPS proporciona las posiciones necesarias con mayor exactitud, velocidad y economía, por lo que su aplicación dentro del campo de la geomática proporcionó un gran avance en cuanto a la eficiencia y eficacia de los levantamientos se refiere. Sin embargo, encontramos otros tipos de levantamientos que son más especializados, dichas disciplinas se desglosan como parte de los levantamientos especializados. [13]

Por lo tanto, los tipos de levantamientos especializados se dividen en topográficos, de control, catastrales de terreno y de linderos, hidrográficos, de rutas, de construcción, finales, de minas, solares, ópticos, terrestres, aéreos y por satélite. [13]

3.3.2. Levantamientos topográficos

Su finalidad es determinar la ubicación de las características propias y/o impuestas a las características del terreno, además de elevaciones necesarias para el mapeo y la información desarrollada. [13]

3.3.3. Levantamientos de control

Son los que establecen una red de señalamientos verticales y horizontales utilizados como referencia para otros levantamientos. Actualmente se utiliza el GPS con sus respectivos instrumentos para su desarrollo e implementación. [13]

3.3.4. Levantamientos catastrales

El catastro proporciona un medio de transferencia del título y de los derechos catastrales; linderos permanentemente establecidos con los que se encuentren los lotes; registros oficialmente retenidos que definan la posesión de los derechos catastrales; y una descripción legal oficial de cada lote.[13]

Los levantamientos catastrales se desarrollan en categorías importantes. Los levantamientos originales, que determinan los nuevos vértices de secciones en áreas sin levantamientos; los levantamientos de retrazado, los cuales se utilizan para recuperar líneas limítrofes fijadas anteriormente; levantamientos de subdivisión utilizados para colocar señales y delimitar nuevas parcelas de propiedad; y los levantamientos de condominios que se hacen para dar un registro de tipo legal de propiedad y constituyen cierto tipo de delimitación limítrofe. [13]

Se define en establecer las líneas límite de propiedad con sus respectivos vértices. Es por ello por lo que se utiliza el término catastral al referirse a terrenos privados, estatales y mixtos. [13]

En la actualidad, el método de acotamiento y linderos es el comúnmente utilizado en la preparación de las descripciones legales de la propiedad. Las descripciones por acotamiento y linderos tienen un punto de inicio, asimismo un vértice cercano existente del o punto de salida. Comenzando en este punto, se dan longitudes y sucesivas direcciones de líneas que conducen al punto de partida. [13]

A medida que crecen las áreas urbanas, las parcelas contiguas de tierra se subdividen para crear calles, manzanas y lotes conforme al plan de ordenamiento en específico. Cada nueva parcela subdividida, llamada una subdivisión, se le asigna un nombre y es absorbida por la ciudad. Los lotes individuales dentro de las áreas subdivididas se identifican por números de manzana y de lote, de zona y de lote, o también por el nombre de fraccionamiento y el número de lote. [13]

En cuanto a las tierras, los levantamientos consisten en establecer nuevas parcelas de menor tamaño dentro de zonas previamente levantadas. En estos tipos de levantamientos se crea una o sólo unas cuantas parcelas, en cuyo caso éstas se describen utilizando el sistema de acotamientos y linderos. [13]

Las actividades que comprenden los levantamientos de tierras se clasifican en levantamientos originales para subdividir las tierras públicas aún no levantadas, levantamientos para recuperar y señalar o marcar linderos trazados previamente y levantamientos de subdivisión que determinan nuevos predios más pequeños dentro de tierras ya señaladas. [13]

En caso de que vaya a crearse un solo lote nuevo o efectuarse un levantamiento por manzanas y lotes, en general se corre primero una poligonal alrededor del predio, ocupando todos los vértices. Si los vértices no se ocupan, se debe realizar mediciones auxiliares a ellos, y se calculan sus coordenadas, con las que se calculan las longitudes y rumbos de los lados de la poligonal. [13]

El proceso del levantamiento catastral se conforma de diversas etapas que dependen de cual método se esté utilizando y con ello permiten cambiar de nombre. En general, el proceso consiste en una secuencia que implica la captura de datos en campo, su respectivo procesamiento en gabinete por medio de software, y su validación siguiente con la población. [13]

No obstante, el levantamiento catastral de igual forma implica una secuencia que consiste en la captura de datos de campo, su procesamiento en gabinete mediante programas informáticos, y una validación posterior con la población. [13]

Un atributo importante en la delineación es la precisión que se requiere, para garantizarla en zonas urbanas, se sugieren los siguientes métodos de levantamiento directo: [13]

1. Levantamiento con estación total.
2. Levantamiento con GPS y corrección diferencial.

Para estos procedimientos, es necesario utilizar una ficha técnica, para su respectivo llenado, se aplica siempre la visita en campo predio por predio, recogiendo las características necesarias que determinan su valor y posesión. Además, se requiere el trabajo de digitalización, es decir, contar con las habilidades informáticas necesarias para realizar el mapeo, y apoyarse de labores de campo y el registro de las fichas en el sistema financiero del ente municipal. [14]

Al final del trabajo, es necesario un proceso de control de calidad y validación de información con la población. Para ello se realizan vistas administrativas o exposiciones públicas en las que los habitantes tienen la oportunidad de verificar su información. [14]

En el plan de control y supervisión, la labor del catastro en un proyecto de levantamiento urbano se enfatiza en la supervisión de los procesos de campo y gabinete, garantizando la calidad del producto final en cuanto a precisión, veracidad y tiempo de entrega. El proyecto debe ser ejecutado por la municipalidad directamente o mediante la subcontratación de servicios. [14]

Para el control y supervisión se requiere preparar un plan de control del proyecto para facilitar el proceso de supervisión, que se da a conocer anticipadamente a los ejecutores y a la corporación municipal. El plan conlleva incluir lo siguiente [6]:

1. Cronograma
2. Fechas respectivas para inspección del trabajo de campo.
3. Indicadores o criterios de calidad para valorar el producto.
4. Especificaciones y fechas de pago a los ejecutores.

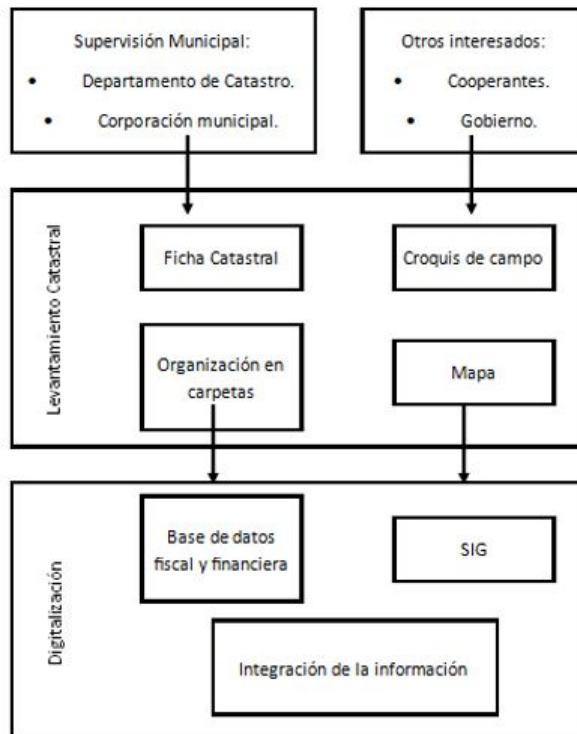


Figura 1: Proceso de levantamiento

[6]

3.3.5. Geodesia

Geodesia procede del griego “geo”, cuyo significado es tierra, y “daio” o dividir. La forma clásica de su definición es “ciencia de medir y cartografiar el área superficial de la tierra”. La geodesia se dedica a estudiar la forma y dimensiones de la tierra, una de sus funciones principales es el control y referencia de los suelos terrestres con la finalidad de establecerles un orden, delimitarlos y dimensionarlos. A partir de esto, se establece un método de referencia para cualquier obra edificable. [16]

El estudio de la forma de la tierra tuvo sus inicios en la época antigua donde los griegos fueron de las primeras civilizaciones en proponer la esfera. Pitágoras fue el primero en postular la idea, sin embargo, fue Eratóstenes quien realizó las primeras mediciones para estimar las dimensiones de la esfera. [16]

Ahora bien, la Tierra posee un radio ecuatorial máximo de 6378 km aproximadamente, además de un radio polar mínimo de 6357 km. La diferencia de 21 km aproximados que existe entre ambos radios equivale a un 0.329 % del radio ecuatorial. En la actualidad existen muchos modelos matemáticos que representen una aproximación de la superficie terrestre, en diversas regiones del mundo se utilizan modelos distintos con la finalidad de obtener una mayor precisión en la zona a cartografiar. [16]

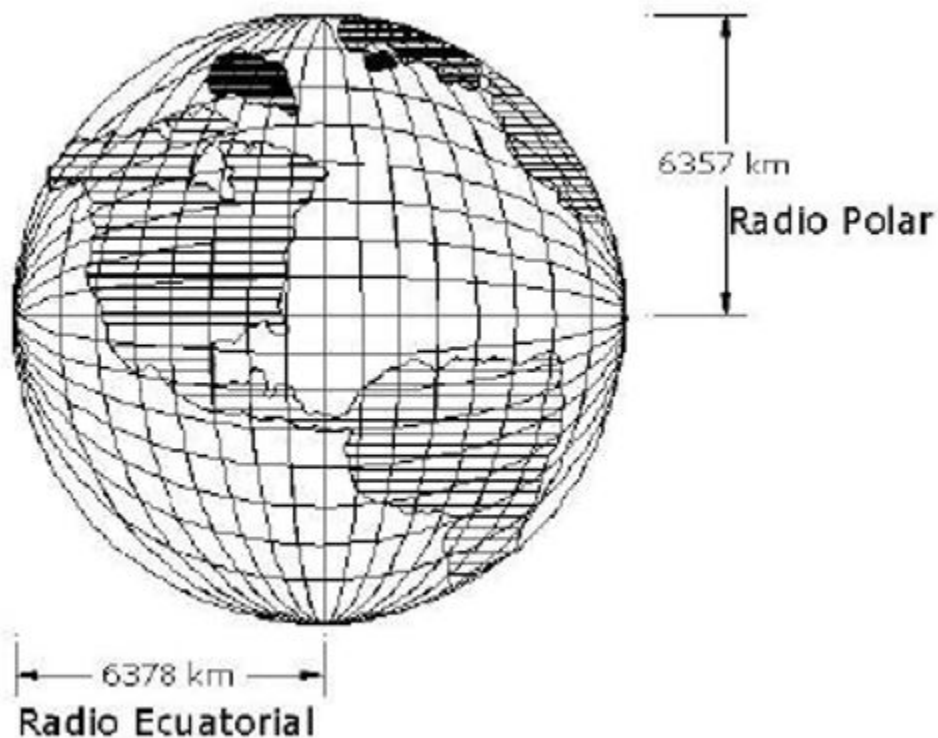


Figura 2: Esfera terrestre [16]

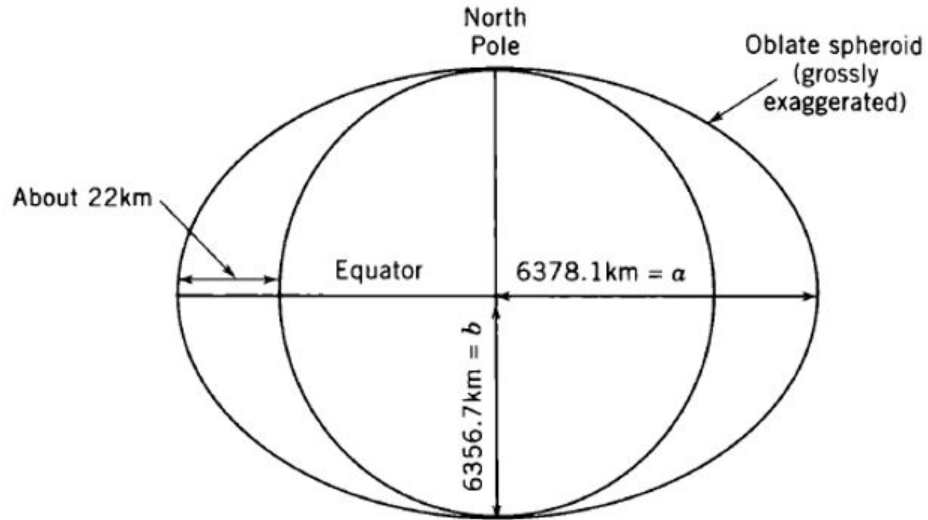


Figura 3: Geoide elipsoide [16]

Geoide y elipsoide

El “Geoide” es uno de los modelos utilizados en la actualidad para representar estas irregularidades. Este aproxima las dimensiones no uniformes de la Tierra a un sistema referencial que implica posicionar cada punto terrestre en una superficie definida matemáticamente. [16]

La superficie del Geoide tampoco es regular, sino que también representa las irregularidades causadas por la composición interior de la tierra considerando los minerales y sus distintas densidades. El resultado es una distancia distinta desde el centro del geoide a cualquier punto de la superficie, por lo tanto existe otro modelo que permite una mayor descripción de las irregularidades en el comportamiento. En efecto, a este modelo se le conoce como “Elipsoide”. [16]

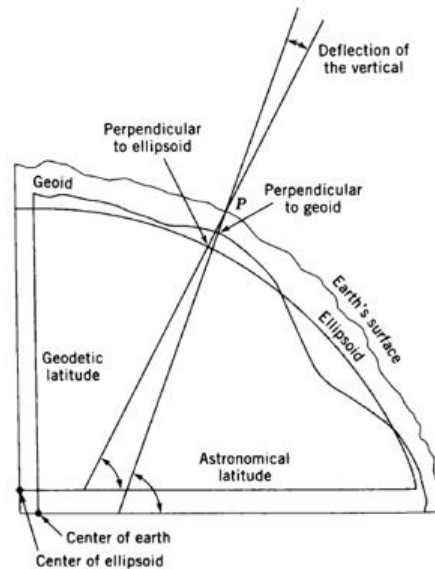


Figura 4: Distancia perpendicular [16]

El Elipsoide es un modelo que representa a la Tierra y es el resultado de la rotación de una elipse sobre su propio eje. El Geoide y el Elipsoide definen la altura geoidal “N” utilizada para calcular la altura ortométrica mejor conocida como altura sobre el nivel del mar para cualquier punto de observación. La altura geoidal permite expresar el valor de la altura del geoide sobre el elipsoide, la cual es de referencia para un equipo GPS. [16]

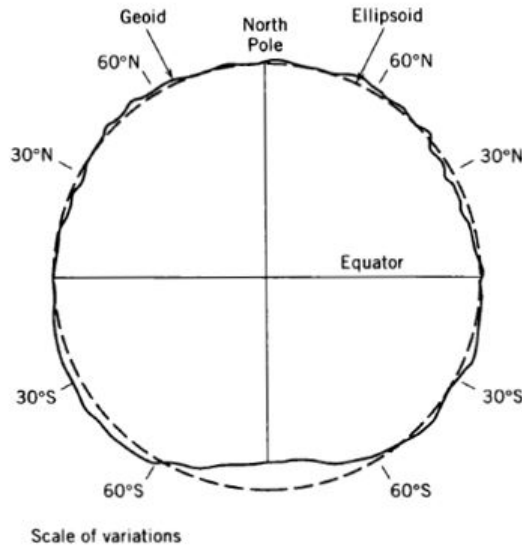


Figura 5: Superficie terrestre [16]

La diferencia de alturas entre la superficie topográfica y el geoide se define como DH a partir de la siguiente expresión [16]:

$$DH = Dh - DN$$

DH equivale a la diferencia de alturas elipsoidales definidas como la diferencia entre la superficie topográfica y el elipsoide. DN es la diferencia de ondulaciones geoidales que definen la diferencia entre el geoide y el elipsoide, la cual es conocida como la altura geoidal. [16]

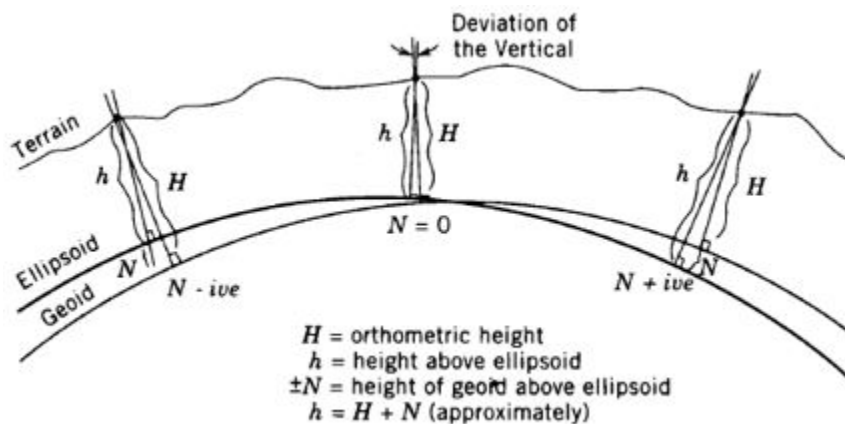


Figura 6: Altura ortogonal [16]

El elipsoide es una definición matemática de la forma superficial de la Tierra en función del radio mayor “a” y radio menor “b”, también considera el aplastamiento “f” del modelo mediante la siguiente expresión [16]:

$$\frac{1}{f} = 1 - \frac{b}{a}$$

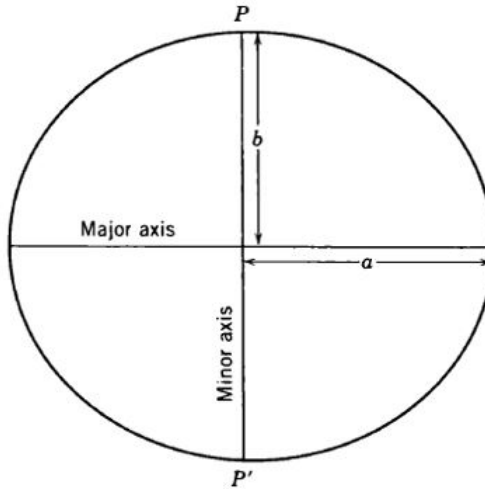


Figura 7: Relación Ejes de Elipse [16]

A partir de la expresión anterior, se define a la altura elipsoidal como la separación entre la superficie terrestre y la superficie del elipsoide. Sin embargo, existe un a gran variedad de modelos elipsoidales utilizados para mejorar matemáticamente la aproximación del geoide con la finalidad de reducir diferencias. [16]

En cada región del mundo se suele utilizar el elipsoide que se adapte mejor a las desviaciones locales del geoide. Las propiedades del elipsoide son las que caracterizan a los parámetros empleados en la referencia de cada región, las cuales se muestran a continuación [16]:

Propiedad	Expresión a partir de los parámetros del elipsoide
Eje mayor	A
Aplastamiento inverso	$\frac{1}{f}$
Aplastamiento	$f = \frac{1}{f}$
Eje menor	$b=a*(1-f)$
Excentricidad	E
Segunda excentricidad	e'

Cuadro 1: Propiedades del elipsoide [16]

Datum

El Datum es la referencia superficial utilizada para calcular y determinar coordenadas. Este se constituye de un punto que coincide con la línea vertical que marca la diferencia entre el geoide y el elipsoide; y una superficie de referencia a partir de una definición geoméricamente exacta. [16]

En Geodesia se utilizan dos tipos de datum, los cuales son el Vertical y el Horizontal. El Datum Vertical se utiliza para el cálculo de alturas por medio de una superficie de referencia en una altura nula que suele encontrarse en el geoide. [16]

El Datum Horizontal determina la longitud y latitud mediante un punto de referencia en el que las superficies del elipsoide y del geoide son tangentes. No obstante, la variedad de elipsoides que existen genera un gran número de datums que difieren en cuanto a su zona de aplicación, punto fundamental y las diferencias de altura o desviaciones. [16]

En Guatemala se utiliza el sistema de referencia WGS (World Geodetic System), como Datum universal. En definitiva, el primer sistema se denominó WGS-74 el cual atravesó por revisiones y actualizaciones que permitieron el desarrollo del sistema vigente conocido como WGS 8.4. El sistema WGS opera mediante una constelación de satélites que permiten la obtención de coordenadas como las cartesianas, en referencia al espacio respecto al centro de masa terrestre (X, Y, Z), o geodésicas (λ , ω , h). [8]

Los ejes del sistema de referencia se distinguen por la dirección e intersecciones con las que se diseñaron. El eje Z es paralelo al polo medio de la tierra; el eje X se encuentra en la intersección del meridiano de Greenwich y el plano del ecuador; y el eje Y es perpendicular a Z y X con el fin de coincidir en el centro de masa terrestre. [8]

Las coordenadas geodésicas son referidas al elipsoide de revolución con las características de un semieje mayor (a) de 6,378,137 m; una inversa de aplanamiento (1/f) de 298.2572; y una velocidad angular de rotación (ω) de $7,292,115 \cdot 10^{-11}$ rad/s.

3.3.6. Fotogrametría

Se define como la ciencia, arte o tecnología dedicada a la obtención de información por medio de fotografías aéreas. La fotogrametría se divide en métrica e interpretativa. [13]

La métrica consiste en el reconocimiento e identificación de objetos mediante un análisis detallado. Esta es más utilizada en procesos de investigación en ámbitos como la arqueología. En efecto, se aplica en la determinación de información espacial incluyendo distancias, elevaciones, áreas, volúmenes, secciones transversales y datos para compilar mapas respecto a mediciones hechas en fotografías. [9]

No obstante, la fotogrametría métrica se lleva a cabo por medio de información cuantitativa mediante imágenes fotográficas según los procesos de medición y localización de puntos de interés a una alta precisión con el fin de generar planos topográficos. [4]

La fotogrametría interpretativa tiene como finalidad el reconocimiento de objetos a partir de sus imágenes fotográficas y la apreciación de sus significados. Las aerofotos se clasifican como verticales si son tomadas estando el eje de la cámara vertical hacia abajo y oblicuas cuando son tomadas estando el eje intencionalmente inclinado en cierto ángulo entre la horizontal y la vertical. [4]

Principios de la fotogrametría

Inicialmente la fotogrametría se desarrollaba desde el suelo utilizando proyecciones horizontales, sin embargo no fue hasta el desarrollo de la aviación con el que la fotogrametría aérea se impulsaría,

evitando de esta forma los inconvenientes presentados en campo por la gran cantidad de zonas ocultas por el relieve o vegetación. [4]

Usualmente la fotogrametría genera planos por medio de proyección ortogonal del terreno o de un objeto. No obstante, la fotografía es una proyección central en condiciones ideales. [4]

La proyección ortogonal consiste en unificar los puntos del terreno original con las posiciones planimétricas de los puntos de una imagen. Sin embargo, la escala no es uniforme en una fotografía debido a la proximidad que se da en ciertos puntos sobre el plano de referencia, lo que incrementa la escala. [4]

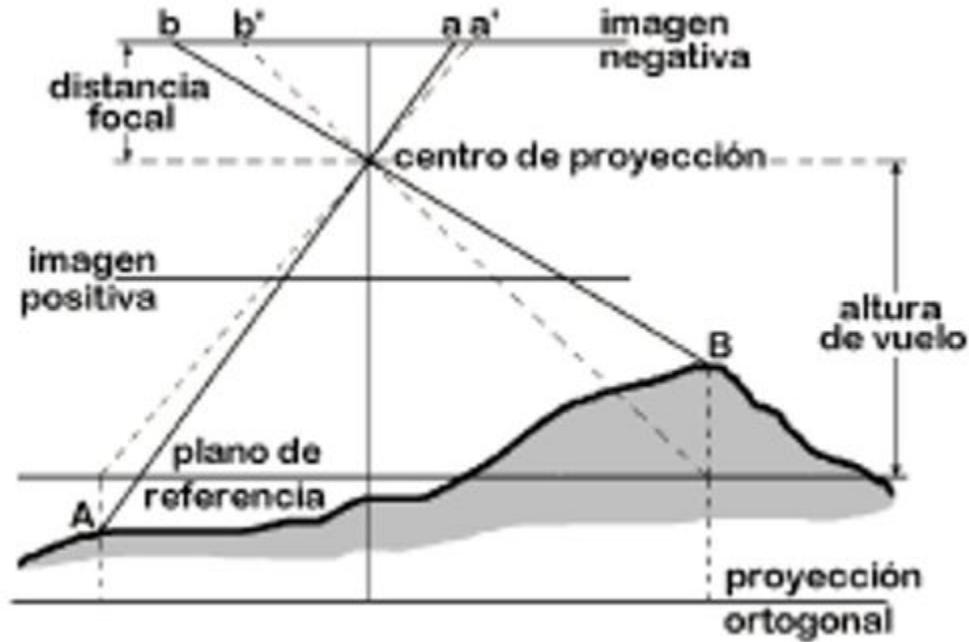


Figura 8: Proyección [11]

La visión estereoscópica es una de las propiedades que determina la posición relativa aproximada de un objeto. Por la misma razón, al observar dos fotografías de una misma zona, pero tomadas desde distintos puntos de referencia, se apreciará una imagen tridimensional de la zona común, pero a las fotografías. La diferencia entre las posiciones de dos puntos homólogos en las dos fotografías se le denomina paralaje. [4]

Levantamientos por fotogrametría aérea con drones

La fotogrametría aérea permite el desarrollo de planos y mapas en cualquier escala. La realización de un vuelo fotogramétrico debe considerar la superficie del terreno y la altura a la que se tomarán las ortofotos. [4]

Para la planificación del vuelo fotogramétrico se debe considerar la escala de las imágenes, el recubrimiento de cada fotograma y la superposición longitudinal entre imágenes y transversal entre pasadas.

La escala de las imágenes es un parámetro que condiciona el detalle que se producirá en los resultados cartográficos. Para ello se considera la siguiente expresión:

$$Escala = \frac{Distancia\ focal}{Altura\ del\ vuelo}$$

La superposición longitudinal entre imágenes y transversal entre pasadas se le denomina traslazo y es representado a continuación:

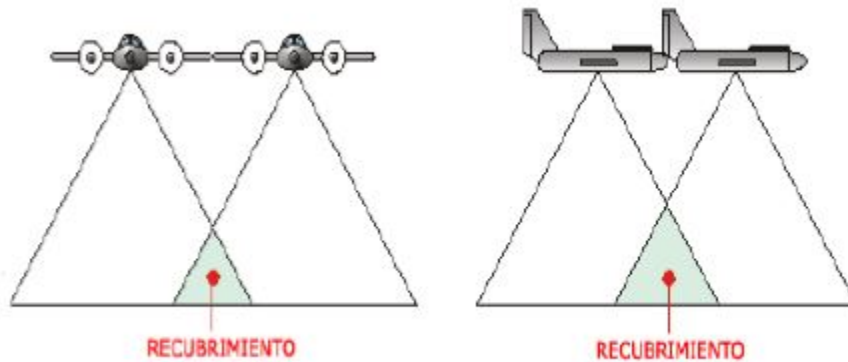


Figura 9: Longitud transversal [2]

Aerotriangulación

Es el proceso que determina indirectamente los parámetros de orientación exterior de un bloque de imágenes fotográficas y a su vez las coordenadas del terreno mediante una serie de puntos medidos previamente sobre las imágenes además de otros puntos medidos en campo.

La técnica implica reducir los requerimientos de apoyo en campo que se asocian al proceso de orientación del conjunto de imágenes. La reducción se acentúa por medio de la incorporación del GPS aerotransportado, cuya capacidad permite directamente generar los parámetros de orientación externa de la cámara en el momento de la toma de fotografías.

Rectificación de imágenes

Es el proceso enfatizado en la obtención de una imagen transformada de manera que resulte paralela al plano principal de la zona en el momento de la toma. La imagen aérea se transforma para llevarla a la situación ideal de la toma vertical.

Software fotogramétrico

La aplicación de nuevas tecnologías como el Dron y GPS, implican la inclusión de softwares especializados en la planificación, recolección y procesamiento de la información del proyecto. Actualmente existen muchas herramientas que permiten la planificación de vuelo y a su vez el procesamiento de imágenes. Los más utilizados son los siguientes:

DJI Terra



Figura 10: DJI Terra Logo
[18]

Software utilizado para la planificación de vuelos aéreos con equipos no tripulados. Permite obtener detalles como el GSD, área de vuelo, tiempo de vuelo y resolución de fotografía según la altura del vuelo. [18]

Pix4D



Figura 11: Pix4D Logo
[18]

Software suizo con gran capacidad de absorción de datos además de su interpretación simultánea que completa un ortomosaico de altísima resolución y modelos digitales de elevaciones.

Agisoft Photoscan



Figura 12: Agisoft Photoscan Logo
[7]

Posee un potente desarrollo para gestión espacial cuyo fin es la elaboración de ortomosaicos con las imágenes aéreas tomadas. Por otra parte, permite la creación de modelos digitales de elevación según los principios de la fotogrametría aérea y restitución. Utiliza distintos sistemas de proyección y también exporta los modelos u ortomosaicos creados a otros sistemas de referencia deseados.

Modelo digital del terreno

Representa una distribución de una variable cuantitativa continua en el espacio. Un claro ejemplo de estos modelos es el Modelo Digital de Elevaciones, cuya variable cuantitativa es la altitud del terreno.

Ortofotos

Consiste en una imagen en proyección ortogonal que representa a escala un territorio. Dicha imagen conlleva una transformación por medio de ortorectificación debido a que las tomas se obtienen en perspectiva cónica.

Drones

Los drones son dispositivos de vuelo no tripulados, que permiten ser controlados desde tierra o volar de forma automática mediante un plan de vuelo georreferenciado con el GPS. Los drones permiten alturas de vuelo bajas y mantienen comunicación con la estación en tiempo real. Su utilización en los levantamientos catastrales para la creación de planos aún sigue en desarrollo, no obstante, se utilizan mediante métodos directos como la topografía o mediante el GNSS geodésico.

En la actualidad existen dos tipos de drones:

- Tipo Avión: Consumen menos energía gracias a su forma aerodinámica, lo cual le permite planear.
- Tipo Cuadricóptero: Son propulsados mediante 4 hélices con la finalidad de moverse en todas las direcciones además de proporcionar estabilidad en el aire.

Componentes principales de los drones

- Hélices, motores y control electrónico de velocidad: Son fundamentales para mantener en el aire al dron. El control permite regular la potencia suministrada a los motores, lo cual permite suspender al dron en el aire.
- Controlador de vuelo: Es el componente electrónico central del dispositivo, por lo tanto todos los componentes están conectados a este. Almacena datos cruciales de cada vuelo y mejora la precisión de este en interiores o en entornos sin señal GPS.
- Mando remoto: Es el dispositivo con el que el usuario dirige el vuelo y demás acciones del dron.
- Radio receptor: Es el componente que recibe los comandos ejercidos desde el mando, transmitiéndolos al controlador de vuelo con el fin de ejecutar la instrucción.
- Baterías: Componentes que proporcionan la energía al dron. Se fabrican en materiales como el polímero de litio, el cual es de bajo peso y alta descarga.

En efecto, para el proyecto se utilizó un dron modelo Phantom 4 Pro.

Phantom 4 Pro



Figura 13: Phantom 4 Pro
[18]

El dispositivo es un DJI Phantom 4 Pro con una cámara aérea integrada a un sistema de detección de obstáculos en 5 direcciones, conformado por sensores de visión y de infrarrojos. La cámara permite grabar videos 4K a un máximo de 60 fotogramas por segundo incluyendo 20 megapíxeles y un sensor CMOS de 1 pulgada. Por otra parte, la batería de 5870 mAh incorpora celdas mejoradas y un sistema avanzado de gestión de energía para ofrecer hasta 30 minutos por vuelo. [18]

Las partes del modelo se desglosan a continuación:



Figura 14: Vista del Phantom 4
[18]

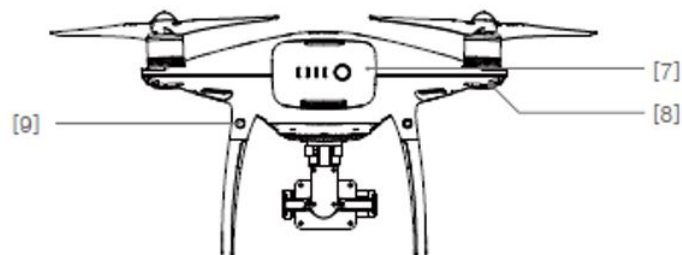


Figura 15: Vista 2 del Phantom 4
[18]

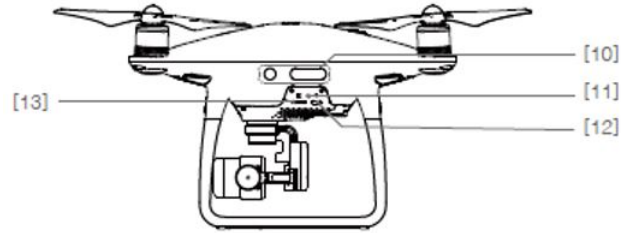


Figura 16: Vista lateral del Phantom 4
[18]

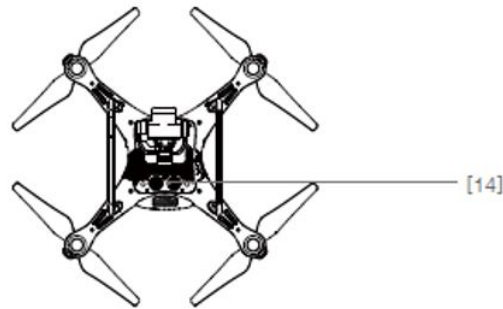


Figura 17: Vista en planta del Phantom 4
[18]

Número	Componente
1	GPS
2	Hélices
3	Motores
4	Indicadores LED delanteros
5	Estabilizador y cámara
6	Sistema de visión frontal
7	Batería de vuelo inteligente
8	Indicador de estado de la aeronave
9	Sistema de visión trasera
10	Sistema de detección por infrarrojo
11	Botón de vinculación e indicador de estado
12	Puerto Micro USB
13	Ranura para tarjeta MicroSD de la cámara
14	Sistema de visión inferior

Cuadro 2: Componentes de la aeronave [18]

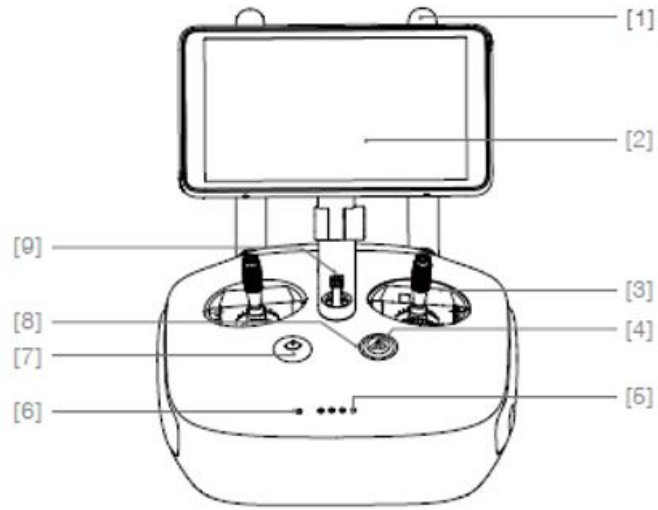


Figura 18: Mando del Phantom 4
[18]

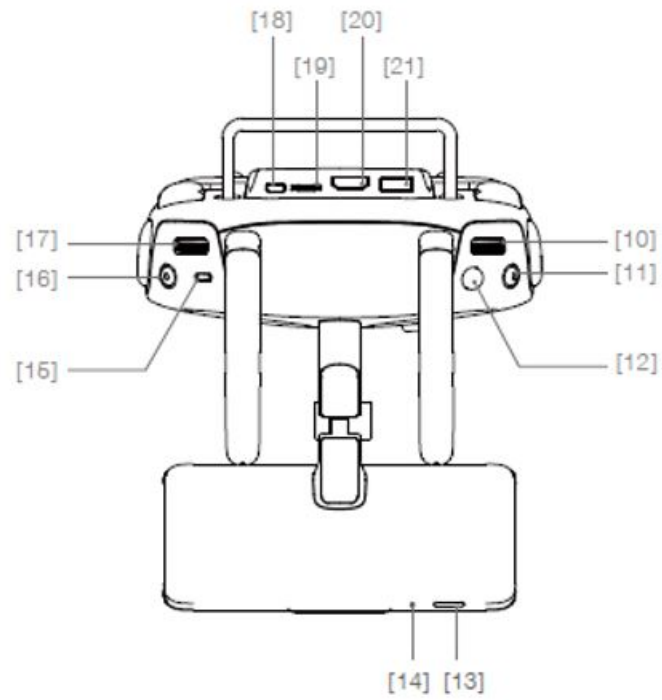


Figura 19: Vista lateral del mando
[18]

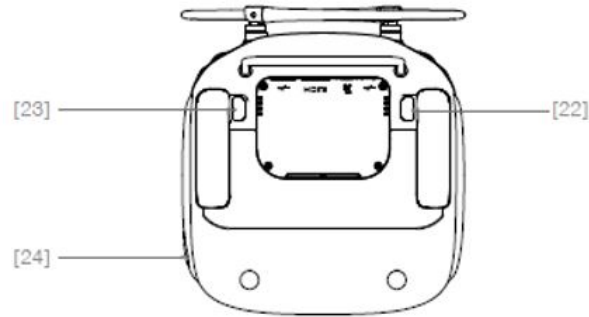


Figura 20: Vista de la parte inferior del mando [18]

Número	Componente
1	Antenas
2	Pantalla de visualización
3	Palanca de control
4	Botón de regreso al punto de origen (RTH)
5	LED de nivel de batería
6	LED de estado
7	Botón de encendido
8	LED de RTH
9	Altavoz
10	Dial de configuración de la cámara
11	Botón de pausa durante vuelo inteligente
12	Botón del obturador
13	Botón de suspensión/reactivación
14	Micrófono
15	Conmutador de modo de vuelo
16	Botón de grabación de video
17	Dial estabilizador
18	Puerto Micro USB
19	Ranura para tarjeta MicroSD
20	Puerto HDMI
21	Puerto USB
22	Botón C1
23	Botón C2
24	Puerto de alimentación

Cuadro 3: Componentes del dispositivo de control [18]

Requisitos del entorno del vuelo

Las limitaciones que conlleva el modelo del dron se enfatizan principalmente en factores como el clima y la altura de vuelo. Sin embargo, los requisitos son los siguientes [18]:

- No utilice la aeronave en condiciones climáticas adversas, como viento a una velocidad superior a 10 m/s, nieve, lluvia y niebla.

- Vuele solo en espacios abiertos. Evitar estructuras grandes, altas y metálicas, debido a que afectan la precisión de la brújula a bordo y del sistema GPS.
- Evite obstáculos, multitudes, líneas de alta tensión, árboles y cuerpos de agua.
- Reduzca al mínimo las interferencias evitando zonas con los altos niveles de electromagnetismo, incluidos repetidores y torres de radiotransmisión.
- El rendimiento de la aeronave y de la batería se sujetan a factores medioambientales, como la densidad del aire y la temperatura. Evitar alturas superiores a 6000 metros sobre el nivel del mar, ya que afecta el rendimiento de la batería y la aeronave.
- Evitar el uso del dispositivo en zonas polares [18]

Especificaciones del dron

Peso (batería y hélices incluidas)	1388g
Velocidad de ascenso máx.	5 m/s
Velocidad de descenso máx.	3 m/s
Velocidad máxima	36 mph
Ángulo de inclinación máximo	25°
Altitud de vuelo máximo por encima del nivel del mar	6000 m
Resistencia máxima al viento	10 m/s
Tiempo de vuelo máximo	30 minutos
Intervalo de temperaturas de funcionamiento	0 a 40 °C
Sistemas de posicionamiento por satélite	GPS/GLONASS
Precisión de vuelo estacionario	Vertical: ± 0.5 m

Cuadro 4: Especificaciones de la aeronave [18]

Estabilización	3 ejes (cabeceo, alabeo, guiñada)
Intervalo controlable	Inclinación: -90° a + 30°
Velocidad angular máxima controlable	Inclinación: 90°/s
Precisión de control angular	$\pm 0.02^\circ$

Cuadro 5: Especificaciones del estabilizador [18]

Intervalo de velocidad	t50 km/h
Intervalo de altitud	0 a 10 m
Intervalo de funcionamiento	0 a 10 m
Rango de detección de obstáculos	0.7 a 30 m
Frecuencia de medición	Frontal/Trasero: 10 Hz; Inferior: 20 Hz
Campo de visión (FOV)	Frontal/Trasero: 60° (horizontal); Inferior: 70°.

Cuadro 6: Especificaciones del sistema de visión [18]

Sensor	CMOS de 1"; pixeles efectivos: 20 M
Objetivo	FOV (campo de visión) 84°
Intervalo de ISO	Video: 100 – 3200 (Auto)
Obturador mecánico	8 - 1/2000 s
Obturador electrónico	8 - 1/8000 s
Tamaño de imagen	Relación de aspecto 16:9 5472x3078
Modos de fotografía:	3/5/7/10/14 fotogramas
Formatos de archivo:	3/5/7/10/14 fotogramas
Intervalo de temperatura:	0 a 40°C

Cuadro 7: Especificaciones de la cámara [18]

Voltaje de cargador	17.5 V
Potencial nominal de cargador	100 W
Capacidad de batería	5870 mAh
Voltaje de batería	15.2 V
Tipo de batería	LiPo 4S
Energía de batería	89.2 Wh
Peso neto de batería	468 g
Temperatura de carga	5 a 40°C
Potencia de carga máxima	100 W

Cuadro 8: Especificaciones de la batería [18]

3.3.7. Red geodésica

La Red Geodésica es una serie de puntos de control distribuidos por toda la superficie de un área respectiva, la cual debe ser un país, departamento o municipio. Por ende, se compone de una malla cuyo trazo depende de la ubicación de dichos puntos y con ello se define un método de triangulación que permite aumentar la precisión de las coordenadas de referencia para cada zona dentro de la red. [2]

Las coordenadas de la Red Geodésica se les denomina vértices geodésicos. Las redes se dividen en redes de control horizontal y redes de control vertical, las redes de control horizontal a su vez se dividen en redes de orden superior y redes de orden inferior y las redes de control vertical se le conocen como redes de nivelación geodésica. Los vértices de las redes de primer orden se encuentran geoposicionados con una mayor precisión que las de orden inferior por lo que los vértices de las redes de primer orden están separados entre sí a una mayor distancia que los vértices de las redes de orden inferior. [2]

En nuestro país existen diecisiete vértices de la red geodésica nacional o de primer orden, ubicados en diferentes puntos de la república. Estos vértices son conocidos como CORS o Continuously Operating Reference Station. Las CORS operan de forma continua y su información está a la disposición del IGN. [2]

Inicialmente, colocar una red geodésica o red de apoyo catastral conlleva la necesidad de cumplir con los requisitos establecidos en el Manual de Normas y Procedimientos catastrales del RIC, especialmente considerando distancias y de precisiones, estas se cumplen con la tecnología de medición satelital que permita el establecimiento de los vértices de la red y su respectivo diseño en trabajo de gabinete. [18]

El diseño de la red demanda cumplir con el requisito de distancia entre vértices, al mismo tiempo se van colocando los vértices sobre una ortofoto reciente con la finalidad de establecer el punto en una ubicación adecuado tomando también en cuenta la accesibilidad al lugar y que quede lo más cercano posible a los lugares poblados. [18]

Luego de llevar a cabo el trabajo de gabinete, se procede a un recorrido de reconocimiento donde se analizan los vértices de la red propuesta y si hubiera necesidad se corrigen los vértices que no cumplan hasta que todos los demás también lo hagan. Después de tener un diseño final de orden inferior, se procede al establecimiento de los vértices cumpliendo con la precisión requerida por el RIC. [18]

3.3.8. Tipos de redes geodésicas

Por lo general, existen dos tipos de levantamientos de control, los cuales son Horizontal y Vertical. En efecto, los levantamientos de control horizontal sobre áreas significativas generalmente se utilizan para definir latitudes y longitudes geodésicas mediante estaciones. Los valores se calculan mediante coordenadas rectangulares planas en un plano estatal o también en un sistema Universal Transversal Mercator, mejor conocido como UTM. [16]

Triangulación, Poligonación de precisión y sus combinaciones, son algunos métodos básicos utilizados en los levantamientos de control Horizontal. Asimismo, existen métodos que aplican fotogrametría con el fin de densificar el control en un área de terminada, de otra manera, existen métodos actuales que incluyen imágenes satelitales y sistemas GPS para los levantamientos de control de mayor precisión. [16]

Los levantamientos de control Vertical realizan elevaciones en una red de señales conocida como bancos de nivel. Los requerimientos de precisión dependen del tipo de levantamiento de control utilizado, entre ellos existen los trigonométricos, barométricos y los de nivelación diferencial. El método de nivelación diferencial es el más preciso para estos levantamientos. [16]

3.3.9. Diseño y clasificación de redes geodésicas

El proceso inicia con la determinación de las coordenadas de los vértices principales de la red. Para ello se realiza un proceso de complejos cálculos generados a partir del punto astronómico fundamental, el cual se obtienen por métodos astronómicos. A partir de los vértices principales, se determina el resto de los puntos visuales que definen una malla triangulada mediante el método de triangulación, no obstante, es necesario realizar mediciones con la mayor precisión posible entre las líneas de cada triángulo y la línea base definida por dos vértices como el eje principal de toda la red. [16]

Con la base ya definida, se determina el resto de las coordenadas tomando en cuenta que la red se encuentra sobre el elipsoide y que cada lado se conformará con las líneas geodésicas. [16]

También es importante conocer la orientación de cada punto geodésico, la dirección Norte-Sur es la intersección del plano horizontal y a su vez tangente al elipsoide en ese punto además del plano del meridiano. La línea de intersección se le denomina “meridiana”. El azimut es el ángulo que forma la meridiana con otra dirección determinada del terreno. [16]

Las redes geodésicas se trabajan con un orden específico para cada punto con el fin de evitar la acumulación de errores en el cálculo de las coordenadas. Los órdenes se organizan por primero, segundo y tercero. El RIC establece los nombres RAC1 para las redes de primer orden, RAC2 para las de segundo orden y RAC3 para las de tercero. [16]

La RAC1 está formada por triángulos de 30 a 80 km para cada lado e incluso existen casos excepcionales con distancias mayores a 200 km. La RAC2 se diseña a partir de la anterior y utiliza triángulos de 10 a 30 km. La RAC3 se apoya en la de segundo orden y se diseña con triángulos de lados de 5 a 10 km. [16]

Los triángulos empleados en la RAC1 y RAC2 son elipsoídicos, refiriéndose a que se calculan sobre el elipsoide con el fin de generar dimensiones aproximadas de la esfericidad terrestre. [16]

Sin embargo, la RAC3 se diseña como un plano en el que la topografía toma una relevancia significativa. La ubicación de las estaciones de la red es independiente de la forma con la que se diseña esta y de la condición de intervisibilidad, es decir las condiciones y rangos de visibilidad que se tienen de una estación a otra. [16]

El Instituto Geográfico Nacional IGN dispone de una red nacional con el que se referencia todas las redes nuevas que se implementan. Tres puntos son el mínimo que se debe tener para referenciar la red diseñada a la red nacional, por lo que al tener una mayor cantidad de puntos referenciados se incrementan las precisiones en los resultados.

Es recomendable elaborar un programa acerca de las observaciones de cada estación y de los criterios utilizados en el desarrollo del proceso de levantamiento. Asimismo la ocupación de un mínimo de tres estaciones simultáneas es recomendable para conectar cada una y sus adyacentes, lo que asegura disponer un número suficiente de observaciones. [16]

3.3.10. Sistema de posicionamiento global GPS

Los GPS son sistemas que obtienen información del posicionamiento y la sincronización precisa de cualquier parte de la Tierra además de tener una alta confiabilidad y un costo muy bajo. El desarrollo de su primera generación comenzó en 1958. Funciona por medio de la información de las señales y del cortometraje. [13]

3.3.11. Red satelital de servicio de GPS

Los satélites son las estaciones de referencia o de control, y los rangos o distancias a estos satélites se utilizan para calcular la posición de los receptores. Este sistema se separa en segmentos, los cuales son espacial, control y del usuario. El segmento espacial consiste en 24 satélites que operan en seis planos orbitales separados por medio de intervalos de 60° alrededor del ecuador. [13]

Por otra parte, se mantienen en reserva cuatro satélites adicionales como alternativas ante fallos o accidentes con los demás satélites. Los planos orbitales se encuentran inclinados a 55° con respecto al ecuador, permitiendo así una configuración que provee una cobertura de satélite de 24 horas entre las latitudes de 80°N y 80°S. [13]

Las órbitas de los satélites son casi circulares y su altura medio es de aproximadamente 20,200 km arriba de la Tierra y un periodo orbital de 12 horas sidéreas. El segmento de control consiste en cinco estaciones de monitoreo, las cuales supervisan las señales y rastrean las posiciones de los satélites a lo largo del tiempo. Por ende, las estaciones de monitoreo iniciales se encuentran en Colorado Springs, Hawaii, Ascensión, Kwajalein y la isla Diego García. [9]

3.3.12. Manejo y gestión de la información

La información que se rastrea en las estaciones es transmitida a la estación maestra de control en el centro consolidado de operaciones espaciales CSOC de Colorado Springs. Ahora bien, el objetivo

de la geomática siempre ha sido el unificar los sistemas de coordenadas en uno solo para toda la tierra. [13]

Asimismo, surge el marco de referencia WGS84. Para los levantamientos GNSS es muy útil comparar las coordenadas de levantamientos anteriores del mismo tipo con la finalidad de verificar si el levantamiento se realizó de forma precisa sobre el marco de referencia. El marco de referencia es la principal herramienta que permite georreferenciar la información que se trabaja en los GIS. [13]

Cuando los satélites GPS se encuentran en la órbita, cada uno transmite de forma continua una señal singular en dos frecuencias portadoras. Los portadores, que se transmiten se identifican con L1 y L2 dependiendo de la banda de frecuencias de radio de microondas transmitida. [13]

En efecto, existen tres diferentes sistemas de coordenadas que permiten el posicionamiento de puntos sobre la Tierra, a partir de observaciones de satélite. El portador L1 transmite una frecuencia de radio de microondas de 1575.42 MHz y el L2 una frecuencia de 1227.60 MHz mediante una modulación de fase. [13]

Inicialmente las posiciones de un satélite en la observación se especifican en sistemas de coordenadas de referencia del satélite, las cuales van relacionadas con el espacio. Estos son sistemas rectangulares tridimensionales que se definen por las órbitas en las que se encuentre el satélite. [13]

Cuando se conoce la órbita del satélite, la posición es transformada a un sistema coordenado geocéntrico rectangular tridimensional que de forma física se relaciona con la Tierra. Así pues, se determinan las posiciones de los nuevos puntos en la Tierra y finalmente, las coordenadas geocéntricas se transforman al sistema coordenado geodésico de orientación local que es el más utilizado. [13]

El sistema de coordenadas de referencia para el satélite inicia su operación luego cuando se encuentra estable dentro de la órbita. Después de que se lanza a su órbita, su movimiento a partir de ese momento es la fuerza gravitacional que lo gobierna principalmente; aun así, existen factores de menor importancia como las fuerzas gravitacionales ejercidas por el Sol y la Luna, así como fuerzas ocasionadas por la radiación solar. [13]

El sistema coordenado geocéntrico sirve como marco de referencia terrestre que permite relacionar los puntos de manera física con la Tierra. Funciona a través de un elipsoide de referencia, el cual es un sistema coordenado rectangular tridimensional cuyo origen es el centro de masa de la Tierra y su eje X pasa por el meridiano de Greenwich en el plano del ecuador y su eje Z coincide con el polo terrestre convencional. [13]

3.3.13. Levantamientos con GPS

El sistema coordenado geodésico es adecuado para utilizarse con topógrafos e ingenieros en geomática. Esto se debe al origen en el centro de la Tierra, las coordenadas geocéntricas suelen ser muy grandes; y con el plano XY en plano del ecuador, los ejes no se relacionan con las direcciones de norte, sur, este y oeste sobre la superficie terrestre. [13]

En la práctica, los procedimientos que se emplean en los levantamientos con GPS dependen de las capacidades de los receptores con los que se trabaja y el tipo de levantamiento. Algunos procedimientos de campo en específico son actualmente utilizados con los métodos estático, estático rápido, pseudocinemático, cinemático y cinemático en tiempo real. [13]

Cada método consiste en mediciones de fases de la onda portadora en las que se utilizan técnicas de posicionamiento relativo, es decir, que dos o más receptores ubicados en estaciones diferentes, hacen observaciones simultáneamente de varios satélites. Para obtener la máxima precisión, los procedimientos GPS estáticos son lo que se emplean. Se utilizan dos o más receptores y el proceso empieza con un receptor situado en una estación de control existente, mientras que el resto de los

receptores ocupa estaciones que operan con coordenadas desconocidas. [13]

Por causa de que el objetivo de los levantamientos por satélite se enfatiza en localizar puntos sobre la superficie terrestre, se necesita un marco de referencia sobre esta superficie, la cual permita relacionar los puntos físicamente en la Tierra. El sistema rectangular tridimensional tiene su origen en el centro de masa de la tierra. [13]

El sistema rectangular tridimensional utiliza un eje X que pasa por el meridiano de Greenwich respecto al plano del ecuador, y su eje Z que coincide con el polo terrestre convencional CTP. Para realizar la conversión del sistema de coordenadas de referencia del satélite al sistema geocéntrico, es necesario tener cuatro parámetros angulares que definen la relación entre el sistema de coordenadas orbitales del satélite y los planos además de las líneas de referencia sobre la tierra. [13]

Los parámetros fundamentales para la conversión son: El ángulo de inclinación entre el plano de la órbita y el plano del ecuador terrestre; el argumento del perigeo cuyo valor es el ángulo medido en el plano orbital desde el ecuador hasta la línea de los ápsides; la ascensión recta del nodo ascendente cuyo valor es el ángulo medido en el plano del ecuador desde el equinoccio vernal hasta la línea de intersección entre los planos orbital y ecuatorial; y por último el ángulo horario de Greenwich del equinoccio vernal GHA. [13]

3.3.14. Teledetección

La teledetección es una técnica de adquisición de información de la superficie terrestre para su posterior tratamiento. Los datos se captan mediante sensores instalados en plataformas espaciales. Un sistema de teledetección se compone de un sensor, película fotográfica y un flujo energético; por ejemplo, un objeto observado funciona como película fotográfica mientras que el ojo humano es un sensor que capta las emisiones de energía provenientes de la reflexión de luz solar o también reflejadas por el objeto. [11]

Las características de los datos que se adquieren por este método se definen por el parámetro de resolución establecido por el sensor. Existen cuatro tipos de resolución utilizados en la teledetección según las bandas en las que la radiación electromagnética se manifiesta de forma similar. Los tipos de resolución son: espectral, espacial, temporal y radiométrica. [11]

La resolución espectral es el número de bandas y su respectiva anchura, las cuales el sensor detecta. La resolución espacial es la medida del objeto de menor dimensión que recoge un sensor o el área de cada píxel adquirido en la imagen. La resolución temporal equivale al tiempo en el que el sensor recoge una imagen de un área determinada. La resolución radiométrica se refiere a los posibles valores que toma cada dato recolectado. [11]

Por otra parte, existen diversas áreas de aplicación de la teledetección, entre ellas se destacan la meteorología; agricultura y bosques; cartografía y planeamiento urbanístico; geología; recursos hidrográficos; oceanografía y recursos marítimos; y estudios de medioambiente. [5]

3.3.15. Fundamentos de la observación remota

Existen tres formas de adquirir información mediante un sensor remoto, la primera es la más importante debido a que utiliza la luz solar reflejada por medio de un flujo energético. El flujo es recogido por el sensor y luego lo transmite a las estaciones receptoras. Entre la superficie y el sensor se encuentra la atmósfera, la cual dispersa y absorbe parte de la señal originalmente emitida. Asimismo, la observación remota permite la captación de la energía emitida por las propias cubiertas sobre las que actúa la luz solar. [5]

El flujo energético entre la capa terrestre y el sensor constituye una de las formas de radiación electromagnética, para ello se llevan a cabo la transferencia de energía por medio de radiación. Esta constituye la base de los sistemas de teledetección, por lo que la explicación de sus propiedades es fundamental para el desarrollo de la teledetección. [5]

En efecto, un sistema de teledetección se compone de los siguientes elementos:

- Fuente de energía: Es la que provee la energía detectada por el sensor, por lo general es un actor externo con el que el proceso se denomina teledetección pasiva. En cambio, cuando la energía es emitida por el sensor, se denomina teledetección activa. [17]
- Cubierta terrestre: Se le denomina a la capa conformada por el suelo, cuerpos de agua, vegetación, obras civiles, entre otros. Es la parte que refleja sobre sí, la energía generada por la fuente según sus características propias. [17]
- Sensor: Se compone del mismo sensor y de la plataforma que lo conforma. Capta la energía procedente de la cubierta terrestre para ser enviada a un centro de recepción. [17]
- Sistema de recepción: Recibe la información captada por el sensor para después grabarlo en un formato adaptado a las características exigidas en la metodología del proyecto. [17]
- Intérprete: Analiza la información y genera una clave temática para el desarrollo de los resultados. [17]
- Usuario: Es el que recibe y analiza el documento resultante del intérprete. [17]

3.3.16. Espectro electromagnético

El espectro electromagnético es el resultado del comportamiento de la luz según la teoría ondulatoria. La energía electromagnética se transfiere de un lugar a otro mediante un modelo armónico y continuo, a la velocidad propia de la luz y conteniendo dos campos de fuerzas ortogonales entre sí como el eléctrico y el magnético. Las características del flujo energético se describen mediante la longitud de onda y la frecuencia. [5]

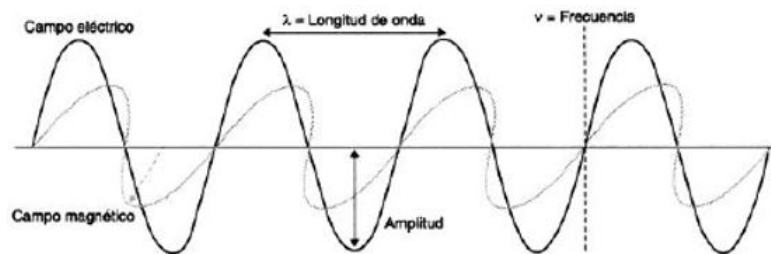


Figura 21: Diagrama de onda [5]

La longitud de onda representa la distancia entre los dos puntos con amplitud máxima mientras que la frecuencia representa el número de ciclos en los que la onda se transmite en un punto determinado. La teoría postula que la velocidad de la luz (c) equivale al producto de la longitud de onda (λ) y la frecuencia (ν). De esta manera surge la siguiente expresión [5]:

$$c = \lambda \cdot \nu$$

Según la teoría cuántica, la cantidad de energía transportada por un fotón se determina al conocer su frecuencia, por tanto la energía radiante (Q) de un fotón (en Jules) se determina a partir de la frecuencia (ν) y la constante de Planck (h) mediante la siguiente [5]:

$$Q = h \cdot \nu$$

En efecto, el incremento de la longitud de onda o menor frecuencia reduce el contenido energético en cada fotón. Por otra parte, a partir de las expresiones anteriores se determina que la sucesión de valores de longitud de onda es continua y suelen establecerse en una serie de bandas en las que la radiación electromagnética muestra comportamientos similares. Estas bandas se organizan en longitudes de onda o frecuencia denominadas como espectro electromagnético. [5]

El espectro comprende longitudes de onda cortas, como los rayos gamma y rayos X, hasta las de longitud larga, como las telecomunicaciones. La teledetección utiliza una serie de bandas espectrales frecuentemente utilizadas con la tecnología que permite generar imágenes satelitales. [5]

La terminología de las longitudes de onda para las series de bandas espectrales en la teledetección son las siguientes [5]:

- Espectro visible: Parte de este espectro debe ser detectable por medio de películas con una alta dotación de emulsiones especiales. Su rango es de 0.7 a 1.3 μm . También es conocido como infrarrojo próximo.
- Infrarrojo medio: Se encuentran en el rango de 1.3 a 8 μm . Son el tipo de ondas que mezclan los procesos de reflexión de luz solar y de emisión de la superficie terrestre. La humedad y las zonas de vegetación se estiman por medio de la onda corta de infrarrojo que se sitúan en el rango de 1.3 a 5 μm . Otra banda importante es de rango 3 a 5 μm , y se le denomina más propiamente como infrarrojo medio que permite definir las zonas de alta temperatura como zonas en incendio o volcanes en actividad.
- Infrarrojo lejano o térmico: Es la región caracterizada por su rango de 8 a 14 μm , que incluye la porción emisiva del espectro terrestre, en el cual se determina el calor proveniente de la mayoría de las cubiertas terrestres.
- Micro ondas: Son de un rango mayor a 1 mm.

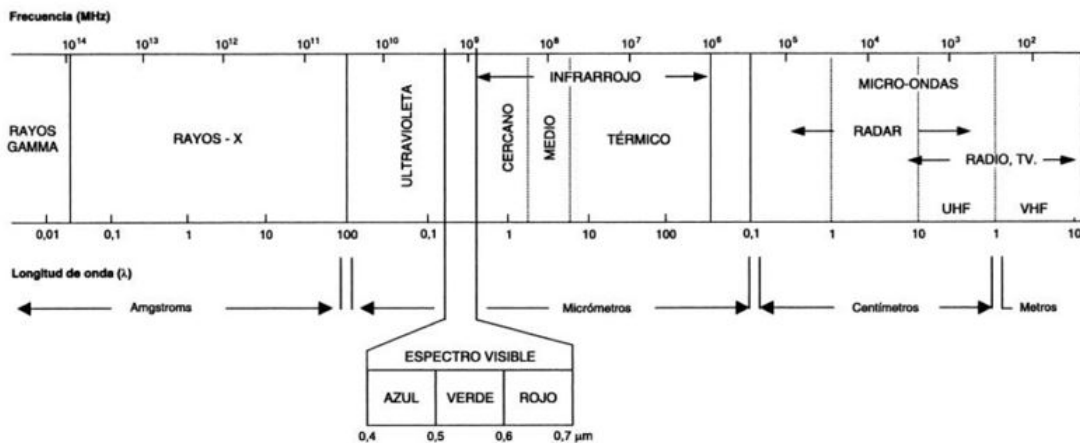


Figura 22: Diagrama de frecuencia longitudinal [5]

3.3.17. Reflectancia de las superficies terrestres

La reflectancia es un espectro característico de las superficies de la Tierra, la cual es fundamental para el proceso de teledetección. Es la proporción energética incidente, la cual es reflejada por medio de una superficie. Esta variable se utiliza de forma adimensional y toma valores entre 0 y 1 o también como porcentajes. [11]

Se denomina curva de reflectancia espectral al gráfico de dicha variable versus la longitud de onda. La curva se configura para extraer las características espectrales de una superficie, lo cual influye sobre la elección de la región sobre la cual se adquieren los datos mediante el proceso de teledetección. [11]

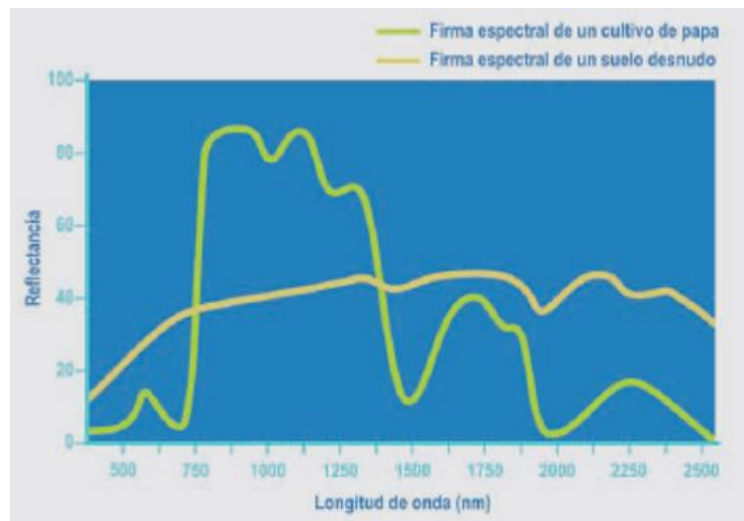


Figura 23: Longitud de reflexión [11]

La vegetación es un factor importante en el establecimiento de zonas, no obstante, se tiene que la clorofila absorbe energía fuertemente en las bandas ubicadas en el rango de 0.45 a 0.67λ . Debido a esto, el ojo humano percibe la vegetación con el color verde y cuando la presencia de la clorofila disminuye, se percibe un tono amarillo o rojo. [11]

Los suelos no presentan cambios significativos en la reflectancia a lo largo de todo el espectro electromagnético. Los factores de influencia son la humedad, textura, presencia de óxidos de hierro, rugosidad y materia orgánica. Cuando la humedad se presenta, la reflectancia disminuye al mismo tiempo que la presencia de óxidos, materia orgánica y rugosidad también disminuyen. [11]

La reflexión de un objeto o de una superficie depende de los siguientes factores:

- Iluminación solar: La cual depende de la latitud del lugar y la fecha en la que se está trabajando.
- Ángulo geométrico: Es el resultante entre el sol con el objeto y la superficie con el satélite.
- Cambios en la superficie reflectora: Ocurre en casos especiales como los levantamientos en la costa o dentro del mar. El agua cuando se encuentra en calma actúa como espejo frente a casos de fuerte oleaje. Una nube también actúa como superficie reflectora en diversas situaciones, no obstante, aquellas que presente formaciones por gotas de un tamaño mayor presentarán un incremento en su reflectividad.

- Fases de las nubes: Los cambios que se experimentan las nubes dependen de la época, lugar y temperaturas presentes. Las gotas de agua poseen una mayor capacidad de reflexión que los cristales de hielo incluso en condiciones similares. Asimismo, la nieve fresca presenta mayores capacidades de reflexión que la nieve formada en un tiempo significativo.

3.3.18. Interpretación de imágenes satelitales

La interpretación de las imágenes satelitales se enfatiza en los objetivos del proyecto y de los recursos con los que se cuenta para el desarrollo de este. De esta manera, los objetivos de un proyecto definen la escala, tiempo, metodología y nivel de detalle para la respectiva interpretación.

Es importante considerar que el método de investigación mediante imágenes satelitales se limita a las posibilidades brindadas por la imagen. Sin embargo, la tecnología ha permitido incrementar el rango de posibilidades y a su vez la confiabilidad de los resultados.

3.3.19. Programa espacial ERST-Landsat

Es administrado por la NASA (National Aeronautics and Space Administration); la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration); y la USGS (United States Geological Survey). En 1962 inició sus operaciones bajo investigaciones experimentales acerca de los recursos naturales terrestres. Asimismo, la agencia federal ERTS (Earth Resource Technology Satellite) también contribuyó al programa.

Los satélites del programa se concentran en dos generaciones distintas, la generación ERTS fue lanzada en 1972 y continuó operaciones hasta 1982. Por su parte, la segunda generación inició en 1982 con el Landsat 4 utilizando mapeadores temáticos que evolucionaron a los explorados multiespectrales gracias a su incremento en resolución.

4.1. Decreto 1786. Ley reglamentaria para los trabajos de agrimensura.

La ley se promulgó el 14 de febrero de 1936 en la casa de gobierno de la nación y entró en vigor 10 días después de su publicación en el Diario Oficial denominado Diario de Centro América actualmente. Los artículos destacados son:

Artículo 11. En toda operación de agrimensura, se practicará primeramente la inspección ocular del terreno y luego el enlace topográfico de los mojones y linderos.

Artículo 17. Para los efectos de las reservas nacionales establecidas por la ley en las playas marítimas y en los márgenes de lagos y ríos navegables, el ingeniero deberá tomar los datos topográficos necesarios para segregarse el área general la que corresponda a la nación, demarcando debidamente los límites del terreno.

Artículo 18. Cuando un río sirva de límite a las propiedades, se considerará constituido del lindero por la línea media del río, salvo que exprese otra cosa en los títulos.

Artículo 27. El ingeniero llevará dos libretas; una para anotar lo relativo a los datos de los títulos que se consulten, todo lo que se observe y se convenga al efectuar el reconocimiento de los mojones y linderos y lo demás que sea pertinente para ilustrar el informe; la otra será para constar todos los datos numéricos y detalles de las operaciones practicadas.

Artículo 47. Todos los trabajos de agrimensura que practiquen los ingenieros por encargo oficial deben ser revisados, como requisito previo a su aprobación. Además las operaciones de revisión se regularán por lo que al respecto determina la Ley Agraria.

Artículo 60. El amojonamiento es la operación complementaria de todo trabajo de agrimensura y consiste en la fijación legal de los mojones esquineros, de una manera estable, clara y precisa.

Artículo 61. Se entiende por esquineros de un terreno, los puntos o vértices donde termina una colindancia y principia otra, aunque los terrenos limítrofes pertenezcan al mismo dueño.

4.2. Decreto 1427. Ley de parcelamientos urbanos.

Los principales artículos son el marco jurídico para los parcelamientos urbanos, en definitiva se destacan los siguientes:

Artículo 1. El parcelamiento urbano es la división de una o varias fincas, con el fin de formar otras de áreas menores. Tal operación debe ajustarse a las leyes y reglamentos de urbanismo y a los planos reguladores que cada municipalidad rija.

Artículo 2. Toda persona individual o colectiva que directa o indirectamente se dedique con ánimo de lucro a efectuar operaciones de las conceptuadas en el artículo anterior, queda obligada a registrarse en la municipalidad a cuya jurisdicción corresponda el inmueble que se va a parcelar.

Artículo 4. Las personas comprendidas en el artículo 2 de esta ley deberán solicitar autorización a la municipalidad jurisdiccional, donde se encuentre el o los inmuebles destinados a ser parcelados. No obstante, a toda solicitud de autorización, se debe acompañar lo siguiente:

- Certificación de fecha reciente expedida por el Registro General de la Propiedad Inmueble correspondiente.
- Testimonio de la escritura pública que establezca la personería con que actúa el solicitante.
- Promesa formal acerca de garantizar la construcción o el pago de las obras de urbanización demás que establezcan los reglamentos o disposiciones de la municipalidad respectiva.
- Planos de parcelamiento urbano que contenga la distribución de los lotes, vías públicas y áreas de uso común además de servicios públicos. Cada uno acotado debidamente y en curvas de nivel, así como localización del parcelamiento en relación con la cabecera municipal. Asimismo, marcar las vías de acceso y su ajuste a los planos reguladores. Los planos que se presenten deberán ceñirse a las condiciones y requisitos que establezcan los reglamentos o disposiciones de la municipalidad.

4.3. Resolución normativa IGN 01-99

La resolución normativa IGN 01-99 adopta una proyección local a partir de las siguientes especificaciones técnicas relacionadas con la geodesia:

- Proyección: Transversa de Mercator (Gauss Kruger) para una única zona local.
- Elipsoide: WGS84 basado en ITRF94.
- Longitud de origen: 90°30' (meridiano central de proyección).
- Latitud de origen: 0° (ecuador).
- Sistema de medidas: métrico decimal.
- Falso norte: 0 metros.
- Falso este: 500,000 metros en el meridiano central.
- Factor de escala en el meridiano central: 0.9998.
- Numeración de las zonas: no existe dentro de la numeración de zonas UTM, por lo tanto se le denomina Zona 15.5.

- Semieje mayor del elipsoide: 6378137.0 metros.
- Semieje menor del elipsoide: 6356752.3142.
- Achatamiento del elipsoide: $1/298.257223563$.

La zona geográfica del país está cubierta sobre 400 km del este al oeste y de 400 km de norte a sur. Por otra parte, el elipsoide utilizado se referencia a las nuevas actualizaciones en el GPS y GIS.

4.4. Decreto 12-2002. Código Municipal

El código actual incluye dentro de su normativa jurídica el ámbito de agrimensura refiriéndose a actividades de construcción y ordenamiento territorial. En definitiva, se destacan los siguientes artículos:

Artículo 4. Las entidades locales territoriales son el municipio y sus respectivas divisiones de ámbito territorial, de esta manera se incluyen aldea, caserío, paraje, cantón, barrio, zona, colonia, lotificación, parcelamiento urbano o agrario, microrregión y finca, por otra parte se incluye el distrito metropolitano y mancomunidades de municipios.

Artículo 22. División territorial. Cuando convenga a los intereses del desarrollo y administración municipal, o a solicitud de los vecinos, el Concejo Municipal podrá dividir el municipio en distintas formas de ordenamiento territorial internas, observando, en todo caso, las normas de urbanismo y desarrollo urbano y rural establecidas en el municipio, así como los principios de desconcentración y descentralización local.

Artículo 142. La municipalidad está obligada a formular y ejecutar planes de ordenamiento territorial y de desarrollo integral de su municipio en los términos que establecen las leyes. Las lotificaciones, parcelamientos, urbanizaciones y cualquier otra forma de desarrollo urbano o rural que pretenda realizar el Estado o sus instituciones autónomas y descentralizadas.

Artículo 147. La municipalidad debe obligar a formular y efectuar planes de ordenamiento territorial y de desarrollo integral de su municipio, en los términos establecidos por las leyes. Las lotificaciones, parcelamientos, urbanizaciones y cualquier otra forma de desarrollo urbano o rural que se vaya a llevar a cabo.

4.5. Decreto 41-2005. Ley de registro de información catastral

La ley del RIC es la de mayor importancia para la agrimensura, por lo que se destacan los siguientes artículos:

Artículo 2. El Registro de Información Catastral es el competente para el establecimiento, mantenimiento y actualización del catastro nacional.

Artículo 23. Los efectos de esta ley incluyen las siguientes definiciones:

- Acta de verificación de mojones y linderos: Es el documento suscrito por el propietario del inmueble durante la fase de levantamiento catastral.
- Área: Es la extensión de un predio sobre una proyección horizontal expresada en el sistema métrico decimal.

- Catastro nacional: Inventario técnico para el desarrollo y mantenimiento de la información territorial y legal, la cual se representa de forma gráfica y descriptiva.
- Catastro focalizado: Consiste en el levantamiento de información predial y registral realizado en zonas declaradas como “no catastradas” o que se encuentran en proceso catastral. El proceso se centra en la investigación al predio o el conjunto de éstos que se pretendan identificar, además incluye a los predios colindantes y su respectiva información registral con el fin de establecer una relación catastral y jurídica entre ellos.
- Certificación catastral: Consiste en el documento expedido por el RIC, el cual contiene la información catastral de un predio.
- Código de clasificación catastral: Se le denomina al dato integrado por números representados por su orden, departamento municipio, polígono catastral y el predio. El código se asigna a cada predio del territorio nacional durante el proceso de establecimiento del registro.
- Derrotero: Consiste en la descripción alfanumérica de las distancias de cada lindero sus ángulos de orientación según la geometría del predio.
- Levantamiento catastral: Es una fase técnica del establecimiento del catastro, la cual se enfoca en obtener datos físicos y descriptivos de los predios durante el trabajo de campo.
- Mantenimiento registro-catastral: Conjunto de actividades técnicas, administrativas y jurídicas necesarias para inscribir el predio en el Registro de Información Catastral además del Registro de la Propiedad.
- Mojón: Representación física de un vértice perteneciente a un polígono catastral.
- Polígono catastral: Figura obtenida por una línea poligonal cerrada, cuyos vértices se ligan a la red geodésica nacional con el fin de facilitar el levantamiento catastral.
- Predio: Es el polígono utilizado como unidad territorial del proceso catastral, identificado mediante un código de clasificación.
- Predio catastrado: Predio en el que se ha desarrollado la operación técnica del análisis catastral y jurídico.
- Red geodésica: Serie de alineaciones referenciadas entre sí mediante puntos de referencia ubicados tanto en el marco local del proceso y en el marco global. El IGN es el competente en la conservación y densificación de la red geodésica nacional.
- Terreno baldío: Predio no perteneciente a la propiedad privada o hacia algún propietario durante la realización del levantamiento del catastro.
- Tierras comunales: Predios pertenecientes a comunidades campesinas o indígenas como entes colectivos. También incluye aquellas registradas por el Estado o por las municipalidades.
- Titular catastral: Propietario del predio.
- Tracto sucesivo registral: Encadenamiento entre las inscripciones registrales del dominio según el conocimiento de la sucesión de propietarios. Es decir es el registro de propiedades del predio desde el nacimiento de la finca hasta el momento de su estudio.
- Zona catastrada: Es el territorio donde el proceso de establecimiento del catastro ha concluido de forma oficial. Según el RIC, se tiene información incorporada de estas zonas.
- Zona en proceso catastral: Es el territorio declarado así por el órgano competente con el fin de establecer el catastro.

Artículo 24. El catastro es un instrumento técnico de desarrollo por medio de información disponible para fines múltiples. El registro consiste en una descripción gráfica y detallada de tipo predial.

Artículo 25. Los elementos que integran el archivo básico del RIC son los siguientes:

1. Diagnóstico de la propiedad.
2. Fichas de recopilación de información de campo y de registro.
3. Material cartográfico y fotográfico con información catastral.
4. Actas de verificación de linderos y mojones.
5. Planos topográficos autorizados por profesionales competentes.
6. Planos de los predios para el RIC.
7. Listado de coordenadas de cada vértice o esquinero de cada predio respecto al sistema de referencia nacional.
8. Derroteros.
9. Informes circunstanciados por predio de análisis catastral.
10. Declaraciones de predio catastrado regular e irregular.
11. Memorias de cálculo.
12. Índice alfanumérico.
13. Constancia de posicionamiento de puntos para cada vértice o esquinero.
14. Formulario de dudas a campo o a registro y sus resoluciones respectivas.
15. Expedientes con presentación de solicitud de revisión técnica.
16. Código de clasificación catastral.
17. Documentos gráficos y descriptivos de importancia anexados para el RIC.

Artículo 26. El establecimiento del catastro consiste en el proceso técnico, administrativo y jurídico, desarrollado con el fin de obtener información física y descriptiva de todos los predios que se encuentran dentro de la zona establecida y su relación con los titulares catastrales y registrales.

Artículo 33. El proceso de establecimiento del catastro debe ser el siguiente:

1. Los técnicos del RIC presentarán los predios de acuerdo con la planificación establecida, requiriendo a los titulares catastrales la información que se describe en la ficha de investigación de campo y la concerniente a vértices o mojones, linderos y áreas del predio que ha de identificarse en el material fotográfico o de cualquier otro tipo. En definitiva, la ficha de investigación de campo debe incluir lo siguiente:
 - a) Nombre del propietario y sus datos de identificación personal.
 - b) Dirección del predio o residencia.
 - c) Datos registrales de la finca en caso de estar inscrita en el Registro de la Propiedad.
 - d) Nombre del predio, si lo tuviere.
 - e) Circunscripción local, municipal y departamental.
 - f) Identificación y descripción de los mojones, linderos y área.

- g)* Tiempo de la tenencia del predio.
 - h)* Información acerca de trámites legales para el reconocimiento de la posesión.
 - i)* Nombre de la persona y dirección de quien se obtuvo la propiedad además de su justificación.
 - j)* Datos principales del documento que ampara la propiedad.
 - k)* Nombre de los colindantes actuales.
 - l)* Situación jurídica y cargas que soportadas en el predio.
 - m)* Información histórica que aporte a los registros del predio.
 - n)* Observaciones.
2. El análisis de información catastral se efectúa en un estudio comparativo acerca de los datos de investigación registral con los obtenidos en el levantamiento de información catastral, a efecto de evaluar la coincidencia entre ambos resultados. El analista catastral debe elaborar un informe por predio en el que remita los antecedentes a la unidad de análisis jurídico competente.
 3. Análisis e investigación jurídica acerca de la situación del inmueble y su relación con el propietario.
 4. Durante el levantamiento catastral se debe especificar si el predio se encuentra dentro de algún área protegida. En esos casos se acude al Registro de la Propiedad por medio de un acta levantada, a su vez se debe coordinar con el CONAP o la entidad administrativa de la zona.

4.6. Manual de normas técnicas y procedimientos catastrales del RIC

De acuerdo con el contenido de la Ley del RIC Decreto Legislativo 41-2005, así como a las experiencias desarrolladas tanto en gabinete como en el campo, el proceso de operación técnica del Registro de Información Catastral de Guatemala está compuesto por tres fases:

4.6.1. Fase de investigación registral y actividades previas

De manera general, esta investigación se organiza para satisfacer las necesidades de información registral para los diferentes usos que de ella se hacen en el establecimiento catastral y en general en las diferentes actividades organizadas para el cumplimiento de las funciones asignadas al RIC por disposición legal.

4.6.2. Subfase de levantamiento de información catastral

Recopilar toda la información gráfica existente sobre la zona a catastrar, así mismo establecer con autoridades municipales la sectorización del municipio, considerando la planificación de ordenamiento territorial que se tenga.

Recopilar toda la información gráfica existente sobre la zona a catastrar que servirá para el estudio respectivo y establecer en coordinación con autoridades municipales la sectorización urbana o rural, para adecuar la poligonación catastral a las necesidades municipales.

Los productos cartográficos básicos que se deben incluir en los proyectos catastrales son:

1. Hojas cartográficas y mapas existentes.
2. Fotos contacto o imágenes digitales.
3. Ortofotos.
4. Imágenes satelitales.
5. Sectorización municipal.

Asimismo el proceso debe considerar lo siguiente:

Límites municipales

En relación con el procedimiento de los límites municipales se deberá tomar en cuenta las hojas cartográficas, información del diccionario geográfico, disposiciones gubernamentales y municipales, información que el Instituto Nacional de Estadística proporcione y toda la información que el Instituto Geográfico Nacional tenga por valedera.

En el caso que sea factible, además de la información documental de referencia, será conveniente hacer el levantamiento de los límites en campo con la participación para cada tramo de representante autorizado de la municipalidad colindante.

Diseño de la red de apoyo catastral RAC

Actividad que se realiza en gabinete para proponer la distribución geométrica que determina la ubicación de los puntos o vértices de la RAC a ser utilizada como referencia de los trabajos catastrales.

Primero se diseña en la cartografía básica, de forma tal que se cumpla con los requisitos geométricos de distribución, que permitan contar con una red uniforme y que llene los requisitos normativos de acuerdo con los tres niveles de las RAC:

1. RAC1: Redes de Apoyo Catastral de Primer Orden establecidas por el Registro de Información Catastral y referenciadas a la Red Geodésica Nacional. Las mismas tendrán una distancia entre sí de 7 a 15 kilómetros y una precisión de 5 mm. + 1 ppm.
2. RAC2: Redes de Apoyo Catastral de Segundo Orden establecidas por el Registro de Información Catastral y referenciadas a la RAC1. Las mismas tendrán una distancia entre sí de 0.5 a 7 kilómetros y una precisión de 10 mm. + 2 ppm.
3. RAC3: Redes de Apoyo Catastral de Tercer Orden y referenciadas a la RAC2, materializadas en el campo como poligonales de apoyo para el levantamiento de áreas urbanas y centros poblados. La tolerancia de cierre está en relación con la longitud, y por lo tanto los valores estarán definidos por esa misma longitud.

Codificación de la red de apoyo catastral 1 y 2

Los códigos de identificación para la Redes de Apoyo Catastral serán definidos según su orden, el lugar donde se ubican y el número correlativo que les corresponda, quedando el código definido de esta manera:



Figura 24: Codificación de la red [13]

1. En este espacio se especifica el orden de la red a la que pertenece el punto, en este caso es 1 o 2.
2. Espacios que especifican el código del departamento donde se ubica el punto y será asignado según la codificación aprobada por el RIC.
3. Espacios especificados para el código del municipio donde se ubica el punto y será asignado según la codificación aprobada por el RIC.
4. Espacio donde se coloca el correlativo correspondiente al punto dentro del departamento y municipio. Los espacios deben llenarse con ceros si las cifras de la numeración correspondiente al punto son menores a la cantidad de espacios.

En efecto, los códigos del municipio de Nueva Santa Rosa y San Miguel Petapa son los siguientes:

Nombre del municipio	Código departamento	Código municipio
Nueva Santa Rosa	06	14
San Miguel Petapa	01	17

Cuadro 9: Códigos Municipales

Geoposicionamiento de la RAC

Método por el cual se determinan las coordenadas geográficas, planas y/o cartesianas de un punto, producidas por un receptor con sistema de posicionamiento global (GPS) en modo individual y su procesamiento, ajuste e incorporación a las bases de datos catastrales.

El Geoposicionamiento de la RAC contempla las actividades de campo para determinar las coordenadas GTM (Guatemala Transversa de Mercator) de las mismas, su procesamiento, ajuste e incorporación a las bases de datos catastrales. Los parámetros de observación serán definidos en los documentos normativos de conformidad al tipo de red de que se trate: RAC1, RAC2 o RAC3.

Poligonación catastral

Una vez que se ha declarado una zona en proceso catastral se deberán determinar en gabinete los polígonos catastrales dentro de la zona para realizar el levantamiento de información catastral. Una vez concluido el levantamiento catastral ésta poligonación se tendrá por fija.

La poligonación catastral es la acción de subdividir la zona en proceso catastral en sectores, los cuales formarán grupos de predios, con el objeto de facilitar la planificación, las actividades de levantamiento predial, y el análisis catastral y jurídico en su momento y hacer posible el manejo de datos de un municipio.

Los criterios para la selección de estos polígonos son: la utilización de elementos culturales o topográficos que faciliten al técnico catastral determinar los límites de la zona de trabajo, de ser posible debe tomarse en cuenta para este propósito que en el polígono catastral queden comunidades

enteras y simultáneamente considerar la densidad predial para determinar la superficie de estos en bloques homogéneos para densidades prediales similares.

Estrategia de comunicación social

Esta actividad consiste en asegurar el cumplimiento de las funciones que la ley del RIC determina y una mayor participación, colaboración y apoyo de la población, al proceso catastral.

La estrategia de comunicación se basa en información del grupo objetivo al que será dirigido el mensaje, así como de una investigación de los medios más adecuados para hacer llegar el mismo, respetando aspectos culturales y antropológicos de las comunidades de la zona en proceso catastral.

Dibujo del croquis de levantamiento

Con el fin de documentar el acto legal del levantamiento catastral, como parte del proceso y según los acuerdos logrados entre los propietarios catastrales, se elabora el croquis del predio catastrado, que consiste en un dibujo de baja precisión que se realiza al momento del levantamiento de información catastral, en el cual se representa la forma, orientación del predio con respecto al norte y otros elementos dominantes (límites, calles, construcciones, etc.), identificadores de estaciones y puntos de referencia utilizados que faciliten el trabajo posterior de representación de los predios.

Metodología

Se denomina metodología al estudio del método o de los métodos, y abarca la justificación y la discusión de su lógica interior, el análisis de los diversos procedimientos concretos que se emplean en las investigaciones y la discusión acerca de sus características, cualidades y debilidades.

Sin embargo, se suele utilizar la palabra metodología en sentidos diferentes, opuestos a veces al anterior: se habla así de "metodología de la investigación" para hacer referencia a los pasos y procedimientos que se han seguido en una indagación determinada, para designar los modelos concretos de trabajo que se aplican en una determinada disciplina o especialidad.

Variables

Se pueden definir como todo aquello que vamos a medir, controlar y estudiar en una investigación o estudio. Por lo tanto, es importante, antes de iniciar una investigación, que sepamos cuáles son las variables que vamos a medir y la manera en que lo haremos. Es decir, las variables deben ser susceptibles de medición. Variable es todo aquello que puede asumir diferentes valores, desde el punto de vista cuantitativo o cualitativo. Las variables pueden ser definidas conceptual y operacionalmente.

Indicadores

El proceso de medición de los indicadores consiste en general en establecer cuántas veces una unidad o patrón de medida cabe en el objeto medido. Para el caso del diagnóstico de propiedad, existen variables físicas, como por ejemplo el área de que está compuesta una finca, que puede ser medida estableciendo de cuántas hectáreas, áreas y centiáreas está conformada.

También existen variables que no son físicas pero cuyo proceso de medición será similar al de las físicas, con la dificultad que las variables de este tipo no pueden medirse con escalas tan sencillas

como las lineales y en que, por otra parte, no existen para su comparación patrones de medida universalmente definidos y aceptado.

Población

Por población vamos a entender “el conjunto formado por todas las unidades objeto de un estudio estadístico. Colección de todos los elementos que se están estudiando y sobre los cuales intentamos llegar a conclusiones.

Datos

Los datos son colecciones de cualquier cantidad de observaciones relacionadas sobre una o más variables. Los datos que se recabarán para la elaboración de los diagnósticos consisten en la información de todas las fincas inscritas en el Registro de la Propiedad, del municipio objeto del Diagnóstico de Propiedad, o bien por una muestra estadística de las fincas inscritas.

Red de apoyo catastral RAC1

La red geodésica del Instituto Geográfico Nacional, ahora disponible, será el marco nacional de referencia al que deberán vincularse todas las Redes de Apoyo Catastral 1. Un mínimo de dos estaciones de referencia, convenientemente seleccionadas en cuanto a su ubicación, deben ser incluidas en todo nuevo proyecto.

La cantidad de puntos de la Red de Apoyo Catastral 1 quedaría sometida a las necesidades del proyecto. De tal manera que la densificación de la RAC1 podría estar constituida de modo tal que los vectores que conectan los puntos tengan una longitud comprendida entre los 5 y 15 km.

Diseño de la RAC1

El diseño simplemente conlleva el estudio de puntos geodésicos existentes en el lugar; planificación y diseño sobre cartografía análoga o digital; y la selección de los sitios.

Selección del sitio

Una vez diseñado el proyecto se inicia el reconocimiento de la red. La primera etapa será la verificación de la existencia y de las condiciones de los vértices de la red geodésica a emplear en el proyecto. Las nuevas estaciones deberán reunir tres condiciones principales: Estabilidad, Visibilidad (al horizonte) y Facilidad de acceso, además de otras características tales como:

1. Cielo despejado sobre los 10° desde el horizonte.
2. Evitar la existencia de superficies reflejantes a menos de 50 metros de la estación tales como espejos de agua, techos planos metálicos o cubiertos de materiales reflejantes, etc.
3. Evitar estructuras metálicas, líneas de transmisión de energía o antenas de equipos de comunicación.
4. El suelo donde se materialice el punto debe ser estable, libre de erosión y deslizamientos de manera que garantice la permanencia del monumento.

5. No deberá estar en cruce de vías o lugares de intenso tráfico automotor.
6. Libre de vegetación que dificulte encontrar el punto a los usuarios.
7. De preferencia que sean lugares públicos y seguros.
8. Evitar puntos en edificios, tanques de agua, puentes, etc.
9. Al finalizar esta etapa se deberá elaborar un croquis de ubicación del punto, indicando las obstrucciones si en caso las hubiere.

Monumentación de la RAC1

Los monumentos de la RAC1 implican un diseño con una fundición de concreto correspondiente a una proporción de una parte de cemento por dos de arena y dos de piedrín (1:2:2), con el fin de obtener una resistencia de 217 kg/cm^2 ; y una ficha de bronce de 7 cm de diámetro con pin de 10 cm. de longitud, que contenga la siguiente información: Código del punto, fecha del geoposicionamiento, y nombre del RIC. Además, se debe especificar el punto por medio de un croquis.

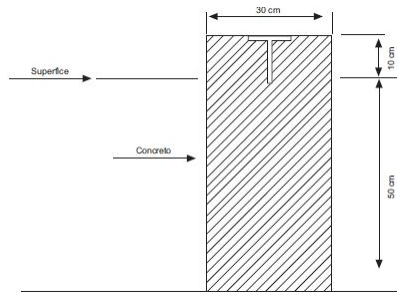


Figura 25: Monumentación de la RAC1

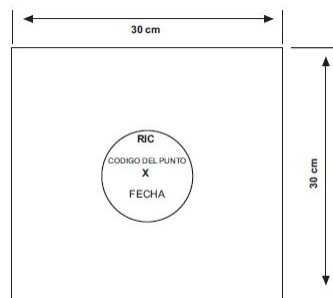


Figura 26: Monumentación de la RAC1

Red de apoyo catastral RAC2

Para el establecimiento de la RAC2 el marco de referencia tiene que ser la RAC1 por lo tanto al igual que en el diseño de cualquier red geodésica se tienen que definir como mínimo dos puntos con coordenadas conocidas de una red de orden superior. Según la densificación de la RAC1 podemos dar una estimación que la RAC2 tendría que estar constituida con vectores entre los 0.25 y 10 km.

Diseño de la RAC2

El diseño conlleva el estudio de puntos de la RAC1 y la red geodésica del IGN existentes en el lugar; planificación y diseño sobre cartografía análoga o digital; y planificación de puntos de partida para la poligonal de apoyo catastral RAC3.

Selección del sitio para la RAC2

La elección de sitios en donde se establecerán los puntos para esta red dependerá de la necesidad de densificación del proyecto. Se deben tomar en cuenta lo siguiente:

1. Cielo despejado sobre los 10° desde el horizonte.
2. Evitar la existencia de superficies reflejantes a menos de 50 metros de la estación tales como espejos de agua, techos planos metálicos o cubiertos de materiales reflejantes, etc.
3. El suelo donde se materialice el punto debe ser estable, libre de erosión y deslizamientos de manera que garantice la permanencia del monumento.
4. No deberá estar en cruce de vías o lugares de intenso tráfico automotor.
5. Libre de vegetación que dificulte encontrar el punto a los usuarios.
6. De preferencia que sean lugares públicos y seguros.
7. Evitar puntos en edificios, tanques de agua, puentes, etc.
8. Al finalizar esta etapa se deberá elaborar un croquis de ubicación del punto, indicando las obstrucciones si en caso las hubiere.
9. La intervisibilidad debe ser entre por lo menos dos puntos de esta red.

Monumentación de la RAC2:

Los criterios de diseño de estos monumentos son muy similares a la de los pertenecientes a la RAC1, la diferencia radica únicamente en las dimensiones.

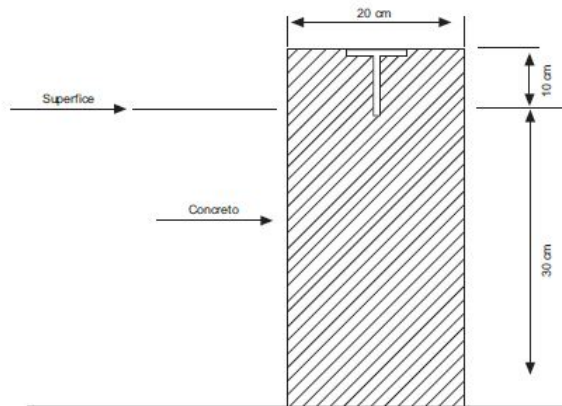


Figura 27: Monumentación RAC2

Los puntos de la RAC2 deben incluir un croquis de la ubicación del punto que incluye un formato con las especificaciones técnicas.

Geoposicionamiento de la RAC2

La red de Apoyo Catastral de Segundo Orden deberá tener una precisión de igual o mejor que:

$$\pm 10\text{mm} + 2\text{ppm (partes por millón)}.$$

Los parámetros del geoposicionamiento son los siguientes:

1. Receptores: Se pueden utilizar receptores de doble frecuencia y de una frecuencia.
2. Método de levantamiento: Para la medición de la RAC2 se utilizará el método de levantamiento Estático Rápido.
3. Duración de la sesión: La misma tendrá una duración de por lo menos 45 minutos.
4. Altura de la antena: Se deberán anotar dos alturas de antena al principio de la medición y deberá especificarse en la boleta de GPS a que parte de la antena fue tomada, asimismo se tomarán dos alturas al término de la sesión y sacar el promedio de ellas.
5. Máscara de elevación: No deberá sobrepasar los 15° de elevación para no afectar el PDOP por la geometría de los satélites, ni deberá estar por debajo de los 10° para evitar el multipath (retraso de la señal por desvío en superficies reflejantes).
6. Intervalo de observación: El intervalo época deberá ser de 15 segundos.
7. Boleta GPS: Se deberá llenar una boleta por punto y por sesión donde se llenarán todos los datos que en ella se piden (ver boleta GPS).

En el post-proceso se deberá emplear un Software que permita realizar la corrección diferencial y ajuste de redes, con ello se logrará alcanzar las precisiones establecidas para la red. Al final, se debe incluir una boleta de control de observaciones GPS, la cual se incluye en anexos.

Red de apoyo catastral RAC3

El diseño de la poligonal de la RAC3 implica el estudio de los puntos existentes de la RAC2 y la planificación mediante fotografía aérea o planos en forma análoga o digital.

Selección de los sitios para la red de apoyo catastral

Una vez diseñada la poligonal se inicia el reconocimiento y materialización de esta. La primera etapa será la verificación de la existencia y de las condiciones de los puntos de la red de orden superior a emplear en el proyecto. El suelo donde se materialice el punto debe ser estable, libre de erosión y deslizamientos de manera que garantice la rigidez del punto.

No deberá estar en cruce de vías o lugares de intenso tráfico automotor, libre de vegetación que dificulte encontrar el punto a los usuarios, que sean lugares públicos y se podrán establecer en superficies rígidas como banquetas.

Monumentación de la red de apoyo catastral RAC3

El criterio para la materialización de los puntos de la RAC3 deberá ser la inamovilidad y perdurabilidad de los puntos, así como la visibilidad entre puntos.

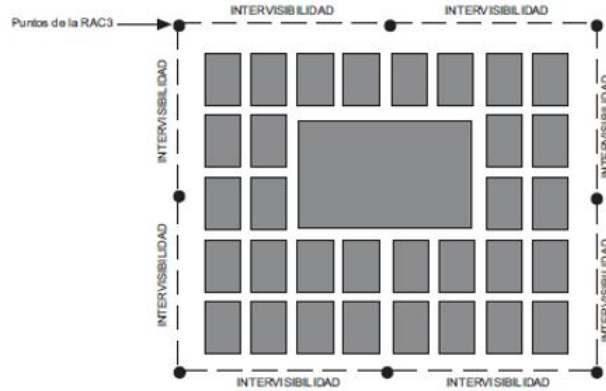


Figura 28: Monumentación RAC3

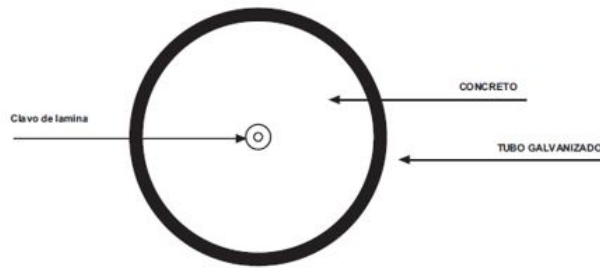


Figura 29: Ficha en planta RAC3

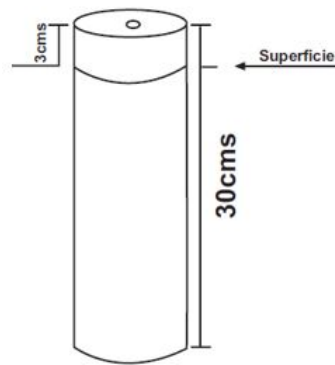


Figura 30: Ficha RAC3

Se deberán materializar los puntos de la poligonal con una varilla de hierro de $\frac{1}{4}$ " y con longitud mínima de 0.20 m de longitud con una marca en el centro, cuando el lugar sea una superficie sólida (adoquín, entre el sisado de planchas de concreto, etc.) Por otra parte, se deberá materializar la poligonal con clavo de lámina galvanizado o tornillo de cruz resistente a la corrosión de 3", cuando sean banquetas o superficies de concreto.

Levantamiento de la red de apoyo catastral RAC3

La poligonal de apoyo catastral debe cumplir con las tolerancias de poligonal cerrada y poligonal amarrada. Asimismo, se debe utilizar el equipo adecuado para el levantamiento y un croquis de poligonal según la normativa del RIC.

En una poligonal cerrada, las líneas regresan al punto de partida, formándose así un polígono geométrico y analíticamente cerrado.

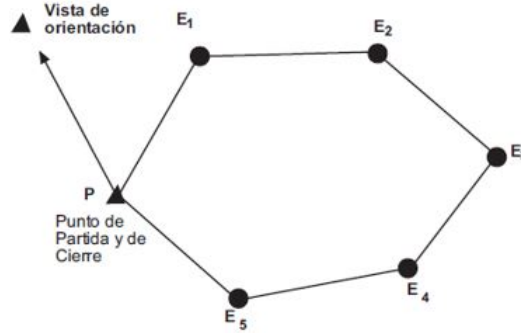


Figura 31: Poligonal RAC3

La tolerancia angular “Ta” se define a partir de la siguiente expresión:

$$Ta = \sqrt{400 * n}$$

Figura 32: Poligonal Angular

Donde: n = Número de lados de poligonal

La tolerancia planimétrica en distancia “Tpd” se define por la expresión:

$$Tpd(cm) = \sqrt{(9 * n) + (300 * L)}$$

Figura 33: Tolerancia Planimétrica

Donde: n = Número de lados de la poligonal L = longitud de la poligonal

La poligonal amarrada es el tipo que parte de los puntos conocidos y termina en otro punto de la red de amarre.

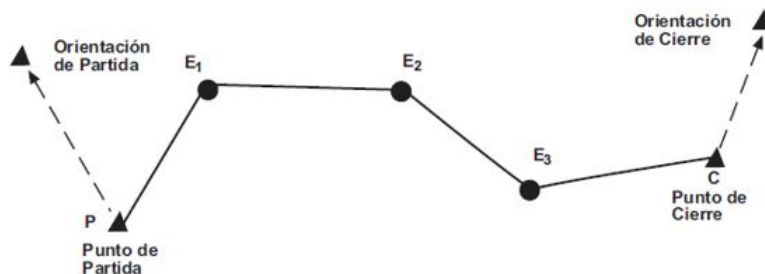


Figura 34: Poligonal Amarrada RAC3

La tolerancia angular (Ta) en segundos se define a partir de la siguiente expresión:

$$Ta = \sqrt{6000 + 400 * (n + 1)}$$

Figura 35: Tolerancia angular

Donde: n = Número de lados de poligonal

La tolerancia planimétrica en distancia “ Tpd ” se define por la expresión:

$$Tpd(cm) = \sqrt{100 + 9 * x + 300 * L}$$

Figura 36: Tolerancia planimétrica

Donde: n = Número de lados de la poligonal L = longitud de la poligonal

Equipos para el levantamiento de la RAC3

Los equipos utilizados para la medición de la poligonal deberán tener una precisión angular de 5” o mejor y para la medición de distancias la precisión de medida deberá ser de 5 mm. + 2 ppm o mejor.

Guía para el control de observaciones GPS

1. Seleccionar un punto de la RAC1 u otro de orden superior tomando en cuenta la longitud de la línea base y distancia a que se encuentran los predios a geoposicionar. De ser necesario utilizarse 2 puntos.
2. Colocar un receptor sobre el o los puntos de la RAC1 seleccionados, los cuales serán las bases fijas que servirán para el proceso y corrección diferencial.
3. En el lugar donde se va a geoposicionar los predios, el operador creará en el receptor GPS el archivo donde salvará la información.
4. Verificará que el receptor se encuentre configurado de acuerdo con los parámetros internacionalmente aceptados (máscara de elevación, número mínimo de satélites, intervalo de grabación del punto).
5. Seguidamente, se nivelará, centrará y procederá a la toma de datos sobre cada uno de los mojones o linderos mostrados por el Titular Catastral del predio.
6. La recepción de las señales del GPS debe ser por lo menos de 20 minutos continuos.
7. Transcurrido el tiempo, se apagará el receptor GPS, habiendo representado los mojones y linderos en el croquis a través de la simbología establecida en la Norma Técnica Catastral.

Plano y mapa catastral digital

El mapa catastral se entiende como un producto a nivel detallado con la escala de representación suficiente para mostrar adecuadamente los predios en una zona determinada y con la claridad que los datos que dan origen cumplen con las normas de precisión del levantamiento. Toda posición en el

marco del mapa y/o plano catastral será expresada hasta el centímetro y se entiende enmarcada en los límites de tolerancia según si se trata de predios de tipo rural o urbano y zonas con alta densidad predial.

La información básica obligatoria es la relativa al predio y su delimitación, sin embargo, no se prohíbe la incorporación de otra información de utilidad tanto para la orientación de las personas como para la aplicación de otras leyes relativas a la tierra y los recursos naturales, aun cuando no afecten las características de los predios. De tal forma que formaran parte del mapa catastral los cuerpos de agua, los caminos y carreteras y otros objetos que resulte conveniente, al catastro, su representación.

El contenido mínimo para el procesamiento de la información gráfica es el siguiente:

Capa o Layer	Descripción
Puntos de esquineros de predios	Coordenadas de puntos donde concurren mojones o esquineros de planos de predios individuales. Tiene un identificador único.
Linderos de predios	Líneas que definen las colindancias entre dos o más propiedades individuales.
Predios	Define las propiedades individuales.
Linderos de polígonos	Líneas de colindancias entre sectores o subzonas del municipio.
Polígonos	Define sectores o subzonas dentro del municipio.
Linderos del municipio	Líneas de colindancias del municipio.
Municipio	Polígono de delimitación del municipio.
Linderos del departamento	Líneas de colindancia del departamento.
Red geodésica	Conjunto sistemático de puntos que forman un entramado de coordenadas con posiciones geodésicas exactas. Tienen un identificador único.
Base cartográfica	Define los diferentes elementos geográficos que se utilizan para referencia de la base catastral. Pueden ser sustituidos por imagen en formato ráster.

Cuadro 10: Contenido para procesamiento de información gráfica [13]

Distribución de archivos tipo shape temáticos para la base cartográfica

Los archivos gráficos deben generarse en formato shape (.shp) para ser editados de la siguiente manera:

1. Red de carreteras RCA: Los atributos de la base digital gráfica deberán regirse a las especificaciones técnicas cartográficas del IGN. Deberá llevar como nombre las letras iniciales RCA seguido del número de código del departamento.
2. Hidrografía lineal: Se le denomina al área de la hidrología dedicada al estudio de ríos. De esta manera, los atributos de la base digital gráfica deberán regirse con las especificaciones técnicas cartográficas del IGN. Deberá llevar como nombre las letras iniciales RIOS seguido del número de código del departamento.

Métodos de levantamiento

El proceso catastral reconoce la posibilidad de aplicación de los métodos de geoposicionamiento fotogramétrico o de campo, tradicionalmente en Guatemala denominados métodos indirectos o directos.

En efecto, los levantamientos en terrenos urbanos que aplican métodos fotogramétricos, es preferible utilizar el mapa de línea o levantamiento vectorial. Al realizar el levantamiento utilizando métodos de campo convencional deberá asegurarse que, con la suficiente antelación, existan puntos de control como mínimo de la RAC3 a efecto de garantizar además de la forma, la orientación y el debido geoposicionamiento de los predios.

1. Fase de establecimiento catastral: En esta segunda fase se desarrollan todas las actividades de tipo jurídico-técnico y administrativo, organizadas de manera coherente para la obtención de la información física y descriptiva de todos los predios del territorio nacional y su relación con los titulares catastrales y registrales.
2. Fase de mantenimiento y actualización: El Mantenimiento catastral es el conjunto de actividades Jurídicas, Técnicas y Administrativas permanentes y necesarias para inscribir, tanto en el Registro de información Catastral como en el Registro General de la Propiedad, los cambios relativos al predio y al titular catastral, respectivamente.

La fase de mantenimiento catastral se implementa en las zonas declaradas catastradas, y cualquier actividad inherente al traslado de derecho real o de posesión de los predios o fracciones de estos deberán contar con la participación del Registro de Información Catastral.

5.1. Antecedentes históricos

5.1.1. Historia de Nueva Santa Rosa

Nueva Santa Rosa es un municipio ubicado en el norte del departamento de Santa Rosa. Los antecedentes históricos relacionados a su origen se mantienen gracias a la tradición oral que se maneja en las comunidades, las cuales abordan historias muy relacionadas con la comunidad indígena Xinka de la región.

El origen de las primeras comunidades del departamento de Santa Rosa se remonta a los habitantes Xincas, quienes se encargaron de ocupar el territorio durante la época Colonial en Guatemala. No existe un registro histórico que señale la cantidad de viviendas y el número de habitantes de aquella zona, sin embargo, Santa Rosa de Lima fue una de las primeras comunidades que se formaron dentro de la región.

Al oriente de esta comunidad se formaron las primeras viviendas de Nueva Santa Rosa por medio de los habitantes que asentaron sus viviendas en una zona separada de aquella comunidad, dicha zona se encuentra al otro lado del río Los Esclavos cuyo nombre proviene de las acciones que realizaban los conquistadores españoles durante el siglo XVI, para fortalecer sus ejércitos. La comunidad formada en aquella época se ubicó en una zona de mayor elevación con la finalidad de escuchar mejor a los bandos y comunicados de las autoridades de aquella época.

Durante los años de 1,850 a 1,900, Nueva Santa Rosa era una aldea con una población muy limitada que pertenecía Santa Rosa de Lima, cuya denominación era departamento, y también a Jumaytepeque, considerado como municipio durante la época. El nombre de la aldea era “Los Bordes de Oriente” y su población creció gracias a los migrantes procedentes de distintas zonas del sur oriente de Santa Rosa.

El 22 de mayo 1,917, Nueva Santa Rosa se constituye como municipio y se suprime la aldea “Los Bordes de Oriente” como parte del acuerdo gubernativo del gobierno de Manuel Estrada Cabrera.

Por otra parte, ese año se funda la iglesia católica con Teófilo Solares como padre. Nueva Santa Rosa se separó de Santa Rosa de Lima, convirtiéndose esta última también en municipio. Alberto Acebedo Pinto y Adolfo Solares Blanco fueron los primeros alcaldes municipales de quienes se

tiene registro gracias a las actas de sesiones las cuales se almacenaron y cuidaron por parte de las municipalidades de la zona.

El 25 de mayo de 1,921 se llevó a cabo el acuerdo gubernativo que relacionó con el arreglo de los límites entre los municipios de Nueva Santa Rosa y Jumaytepeque. Sin embargo, las propiedades fue un tema del que no se tuvo registro hasta 1,925 cuando el Registro de la Propiedad Inmueble mediante el Acuerdo Gubernativo del 16 de enero, facultó a las autoridades del municipio a otorgar Títulos de Propiedad para cada dueño. Los alcaldes y el secretario Bernardino Jesús Álvarez, eran quienes firmaban los Títulos.

Durante la época se impulsó la urbanización del nuevo casco urbano mediante la división de terrenos y la implementación de cercas de Piñiguana, la cual es una planta de muchos espinos que produce un fruto llamado Piñuela. La escasez del alambre espigado fue uno de los factores que permitió la implementación de la Piñiguana. La división de los municipios de Nueva Santa Rosa y Jumaytepeque se llevó a cabo el 2 de octubre de 1,935, mediante el acuerdo gubernativo que se adoptó y que permitió la anexión de dicho municipio a Nueva Santa Rosa.

5.2. Descripción del Municipio

5.2.1. Ubicación y extensión territorial

El municipio de Nueva Santa Rosa se localiza en la latitud 14°22'50" y longitud 90°17'10", en el norte del departamento de Santa Rosa. El municipio limita en el norte con Mataquescuintla; al este con San Rafael Las Flores y Casillas; al oeste con Santa Rosa de Lima y Santa Cruz Naranjo; y en el sur con Cuilapa y con Barberena. Según el Instituto Geográfico Nacional, el municipio posee una extensión territorial de 67 km².

5.2.2. División político administrativa

El municipio de Nueva Santa Rosa, según el acuerdo municipal, cuenta con 44 comunidades distribuidas mediante uno casco urbano que se divide en 5 barrios, 21 aldeas, 21 caseríos y 1 paraje. Nueva Santa Rosa se organiza por microrregiones de acuerdo a variables que inducen en el gasto público para su eficiencia.

Las microrregiones se organizan según la cercanía entre los mismo (2 km de radio promedio); población con promedio de 2000 habitantes; y zonas con vías de acceso en común además de las problemáticas similares.

5.2.3. Demografía

Nueva Santa Rosa cuenta con una población de 36,454 habitantes según el Instituto Nacional de Estadística para el 2,018. La densidad de población equivale a 515.52 habitantes por cada km², la cual es una de las mayores del departamento de Santa Rosa.

Las microrregiones con mayor densidad del municipio se dividen entre el casco urbano con sus respectivos alrededores y su población de mayoría ladina; Chapas que cuenta con ciertos servicios para la población; y Jumaytepeque con la mayor cantidad de población Xinca de Santa Rosa. Según el INE, en el año 2002 la población ladina equivale al 87%, mientras que la comunidad indígena y la comunidad Xinca abarcan el 13%.

5.2.4. Vulnerabilidad ante desastres

Los antecedentes principales sobre desastres naturales para Nueva Santa Rosa son los terremotos de 1,913 con magnitud de 6.4, el cual azotó a todo el departamento de Santa Rosa. El terremoto y las réplicas destruyeron gran parte de la infraestructura se tenía para las viviendas, escuelas e incluso la catedral.

Las principales razones de estos daños se deben al método constructivo de la época el cual es la mampostería de adobe. Por lo tanto, el desastre también afectó al sistema de agua de la época, causando daños en los acueductos y permitiendo que el agua circulara a flor de tierra sin control alguno, muchos pobladores se enfrentaron al deber de hacer pozos con la finalidad de detener el agua y almacenarla para su uso posterior.

En efecto, el terremoto de 1,976 fue otro desastre que afectó al municipio de forma similar a muchas zonas de la región. No obstante, los daños fueron similares a los del terremoto de 1,913, lo que permitió la introducción de la mampostería de block o ladrillo a partir de los siguientes años.

5.2.5. Sistema de salud pública

La infraestructura del sistema de salud de Nueva Santa Rosa consiste en un centro de salud tipo B con categoría funcional para la atención médica permanente además de servicios de maternidad; tres puestos de salud ubicados en Jumaytepeque, Chapas y Estanzuelas; 2 puestos de salud convencionales en Cacalotepeque y Ojo de Agua; 6 centros de convergencia ubicados en Zachuapa, El Chupadero, San Antonio Buena Vista, Concepción, Los Izotes, Guadalupe y Espitia Real. También es importante señalar la ausencia de servicios del IGSS, que en efecto, obliga a los habitantes afiliados el tener que acudir a la cabecera departamental o a la ciudad capital del país.

5.2.6. Sistema de educación pública

Los servicios educativos se han incrementado en los últimos años, principalmente en el nivel de educación preprimario y primario. Existen establecimientos educativos en casi todas las comunidades del municipio, sin embargo, es necesario mejorar la infraestructura de muchas de las aulas en escuelas ubicadas en las microrregiones.

La educación del nivel básico es muy limitada en el área rural y posee muchas deficiencias en cuanto al mobiliario o también a la necesidad de nuevas infraestructuras, debido a que la mayoría de las instituciones de educación básica operan en instalaciones de escuelas de nivel primario.

La infraestructura de la cobertura educativa se desglosa en 31 escuelas de nivel preprimario de tipo oficial y 2 de tipo privado; 35 escuelas de nivel primario de tipo oficial y 3 de tipo privado; 3 institutos de nivel básico de tipo oficial además de 4 por cooperativa y 5 de tipo privado; 1 instituto para diversificado por cooperativa y 8 de tipo privado.

La mayoría de las instalaciones del municipio necesita alumbrado eléctrico, techo nuevo y ventanas para los edificios. También es importante señalar la necesidad de construir nuevas aulas y escuelas en muchas de las microrregiones por causa del incremento en la demanda educativa.

La educación superior es una gran deficiencia de Nueva Santa Rosa. No existen instituciones de este nivel de educación por lo que todos los graduandos de nivel medio realizan sus estudios en Cuilapa, Barberena y Casillas. La poca demanda en el municipio es la principal causa de la ausencia del nivel superior, considerando la poca cantidad anual de graduandos de nivel medio.

5.2.7. Servicios básicos y vivienda

Servicio de agua potable

Según Segeplan, el municipio de Nueva Santa Rosa posee un 17.9% de viviendas que no cuentan con fuentes mejoradas para el abastecerse de agua potable. La mayoría de las viviendas del casco urbano cuentan con servicio de agua potable, el cual solo funciona por intervalos de tiempo determinados en horarios no definidos. (Consejo Municipal de Desarrollo, 2010).

El control del agua potable es un problema que ha afectado al municipio, no sólo por la calidad del agua en tiempo lluvioso, sino también la cantidad dosificada para cada vivienda; el municipio no cuenta con un control de abastecimiento, por lo que es común que muchas viviendas no tengan la cantidad específica de agua que pagan. La ausencia de contadores permite que se generen las problemáticas de mayores e ineficientes consumos en ciertas viviendas o áreas comerciales y menos para otras. (Consejo Municipal de Desarrollo, 2010).

Servicio Sanitario

El 90% de las viviendas cuentan con servicio sanitario de algún tipo, mientras que solo el 29.1% tiene acceso a mejores servicios de saneamiento, quienes en su mayoría se ubican dentro del casco urbano. (Consejo Municipal de Desarrollo, 2010).

Los sistemas de saneamiento consisten en conexiones a la red de drenajes o acceso a una fosa séptica; mientras que el servicio sanitario no incluye estas opciones, lo que ha generado deficiencias en el manejo de los desechos sólidos en las microrregiones alejadas al casco urbano. Sin embargo, la red de drenaje del casco urbano desemboca todos sus desechos de manera directa al río Los Esclavos, por lo que no existe un manejo adecuado de las aguas negras. (Consejo Municipal de Desarrollo, 2010).

No obstante, en los últimos 2 años, la municipalidad ha desarrollado la construcción de una planta de tratamiento primario cuya función es separar los desechos sólidos grandes y medianos para después desembocar el agua al Río Los Esclavos; la planta se conectará de forma directa al sistema de drenajes, permitiendo una mejora mínima en la apariencia del agua y un mejor control de los desechos que se drenan.

5.2.8. Red eléctrica

Nueva Santa Rosa posee en su totalidad 5,918 viviendas, de las cuales el 87% tiene acceso al servicio eléctrico; la mayoría de las viviendas que no poseen el servicio se encuentran fuera del casco urbano. (Consejo Municipal de Desarrollo, 2010).

Ante la demanda de electricidad para la población del municipio, la empresa eléctrica que provee el servicio muchas veces lo suspende sin haber realizado el comunicado a la población. El objetivo de los cortes en el servicio consiste en darle mantenimiento a la red de distribución y mejorar la eficiencia de este. (Consejo Municipal de Desarrollo, 2010).

5.2.9. Condiciones de vivienda

El municipio de Nueva Santa Rosa cuenta con 5,805 viviendas durante el 2010 según Segeplan. El 99% de las viviendas se constituyen formales y como un inmueble propio para los habitantes. Dentro del casco urbano, el número aproximado de personas por vivienda equivale 4; mientras que

en las demás microrregiones es indefinido por el motivo de ser área rural. (Consejo Municipal de Desarrollo, 2010).

Es importante considerar que las remesas procedentes de Estados Unidos han contribuido con la mejora de muchas viviendas dentro del municipio, sin embargo, comunidades como Jumaytepeque y Joya Grande aún tienen carencias para cumplir con la demanda de vivienda. (Consejo Municipal de Desarrollo, 2010).

5.2.10. Fisiografía, hidrografía y zonas de vida

El relieve del municipio se divide entre los principales accidentes geográficos de los cuales se destacan las montañas de Monte Verde, Santa Lucía, El Picacho, Los Paneles; mientras que en volcanes se encuentra solamente el Jumaytepeque. (Consejo Municipal de Desarrollo, 2010).

5.3. Aspectos metodológicos

Esta sección define los elementos considerados en las etapas de levantamiento, para su posterior registro y uso en los resultados.

5.3.1. Información y recopilación

El proceso de recolección de información conlleva clasificar y definir los campos que rigen el registro de los datos. Cada campo se enfatiza en una variable en específico para un elemento en concreto presente en el municipio.

Los elementos que determinan el proceso de recopilación se desglosan en: manzanas, lotificaciones, zonas, red de tuberías de agua potable, red de drenajes, pozos municipales, tragantes, plantas de tratamiento, escuelas, centros de salud, estaciones de bomberos, comisarías de policía, calles, monumentos y edificaciones gubernamentales. Para cada elemento existe una metodología en específico que permite recolectar información.

La metodología para cada elemento se especifica con los criterios necesarios para desarrollar un análisis completo y que permita generar un concepto real de las condiciones del municipio. Por ello, algunos elementos detallan criterios establecidos por el Registro Información Catastral (RIC). No obstante, es importante señalar que toda la información recopilada se gestionará y depurará mediante el software QGIS.

Cuadras/manzanas

La presencia de estos elementos es fundamental para el análisis del municipio. Éstos elementos permiten generar una mancha urbana cuyo fin es demostrar el crecimiento de las zonas además del incremento de la densidad de población conforme el tiempo transcurre. Fuente: “Elaboración Propia”.

Para estos elementos, la información que se recolecta se enfatiza en los puntos o esquinas de cada una. El fin es delimitar cada elemento para definir las lotificaciones presentes en cada zona del municipio.

El software QGIS permite delimitar cada elemento mediante polígonos que definen el área y perímetro en específico. Por otra parte, el RIC exige que para cada cuadra se genere un polígono por separado sobre las banquetas y defina las áreas y perímetros específicos de los conjuntos de

lotificaciones presentes en cada una de ellas. En efecto, para estos elementos se utilizará el software QGIS.

Lotificación

Los polígonos creados en QGIS sobre cuadras/manzanas serán la base para el desarrollo de los polígonos de lotes. En efecto, cada cuadra será dividida en los lotes correspondientes a cada propiedad del municipio. La información requerida para este proceso es conocer las esquinas y divisiones de cada propiedad, de manera que se desarrolle una delimitación específica para cada uno de estos elementos.

Las esquinas que delimitan a cada lote se pueden obtener mediante dispositivos GPS o conociendo cada propiedad y mediante ortofotos dividir las cuadras utilizando software QGIS. Los lotes son utilizados para definir densidades de población y cobertura de servicios, estos factores definen el valor de la propiedad. Sin embargo, encontrar el valor económico de cada lote no forma parte de los alcances del proyecto, por lo que no se tomará en cuenta otros factores como plusvalía o valor de la construcción en la propiedad.

La metodología consiste en identificar los lotes presentes en cada cuadra y mediante software QGIS se realizarán las divisiones conocidas entre propiedades, sin embargo, para aquellas sobre las que no se conozca una división clara, se utilizará un dispositivo GPS y una ficha técnica con los siguientes campos: coordenada GTM X, coordenada GTM Y, Latitud, Longitud y un croquis en el que se especifican las ubicaciones sobre las que se realizaron las mediciones con el dispositivo GPS.

Por otra parte, cada lote manejará información sobre las características principales para las que es utilizado. Se utilizarán los campos: tipo de propiedad, población aproximada que reside en el lote, uso de suelo (mixto, residencial, comercial, industrial, agrícola, zona pública, área verde o monumento).

Red de tuberías de agua potable

Para este tipo de elementos se maneja una ficha técnica de cada tramo en el que se indica el tipo de material; el cual suele ser PVC, hierro o algún tipo de material plástico; detalles acerca de su estado con el que se define si se encuentra operando o fuera de servicio; ubicación o dirección de cada tramo, la cual se recolectará de la información que posee la municipalidad mediante archivos shape de líneas; y también la carpeta de rodadura que se encuentra sobre cada tramo de la red, ésta se indicará si es de asfalto, concreto, adoquín, entre otros.

Polígono de zonas

Las zonas son parte fundamental de los procesos de análisis sobre el crecimiento urbano. Cada zona se delimita utilizando QGIS por medio de las divisiones que la municipalidad ya tiene establecidas.

Red de drenajes

Los tramos de cada drenaje se identificarán con el material que se utilizó para su construcción, puede ser ladrillo, concreto, entre otros. Otros datos que se recopilarán son la ubicación que se refiere si el drenaje se encuentra en el centro de la calle o a la orilla debajo de la banqueta. Se identificará

si cada tramo se encuentra operando o fuera de servicio. Además, los tramos se trabajan en shape de líneas. Fuente: “Elaboración Propia”.

Por otra parte se incluye dentro de los campos, la presencia de pozos de visita dentro del tramo de la red de drenaje. En ellos se indica la profundidad, carpeta de rodadura con su espesor, material del pozo, ubicación, diámetros mayores y menores. La información de los pozos se trabaja mediante un shape de puntos.

Pozos municipales de agua potable

Para estos elementos, se identifican el nombre bajo un código establecido por la municipalidad, tipo de pozo (mecánico o artesanal), profundidad, dirección o ubicación, material de la tubería, estado (operando o fuera de servicio), tipo de bomba utilizada (hidrófuga o sumergible), detalles sobre si se cuenta con tanques de distribución con su respectiva capacidad.

Tragantes

Se sabe que son componentes de la red de drenaje, cada uno de ellos indicará el material del que fueron construidos, estado (operando fuera de servicio) y la ubicación en la que se encuentran. Se utiliza un archivo shape de puntos para su gestión.

Planta de tratamiento

Mediante un archivo shape de puntos se indican los materiales con que se construyó, zona en la que se ubica además del río en el que desemboca y el tipo de tratamiento que realiza (primario, secundario o ambos).

Escuelas y centros de salud

Las escuelas son instituciones cuya información se identifica el nombre, niveles que imparten, dirección, tipo (oficial, privada). Por otra parte, los centros de salud se identifican por el nombre, tipo (centro de salud, puesto de salud, hospital o centro de convergencia) y su dirección respectiva.

Estaciones de bomberos y comisarías de policía

Estos se identifican con su dirección respectiva, nombre y en el caso de los bomberos, se incluye su tipo (voluntarios o municipales).

Red vial

El casco urbano del municipio se divide en avenidas y calles, las cuales poseen una enumeración que debe actualizarse, por lo tanto es de suma importancia conocer la nomenclatura que se había utilizado y desarrollar una metodología para la actualización de las calles, lo que a su vez conlleva una actualización de las direcciones de las lotificaciones.

La información se maneja en archivos shape de líneas, los cuales identifican cada tramo del casco urbano e incluyen los campos con la nomenclatura actualizada y la distancia de este.

Monumentos y edificaciones históricas

Los monumentos y edificaciones de gran valor cultural se identifican con archivos shape de puntos, los cuales identifican a cada uno por su nombre y año en el que fue construido aproximadamente.

5.3.2. Análisis de información recopilada

El levantamiento de información geográfica conlleva revisar los datos recolectados y determinar

La información recopilada permite conocer la calidad de los registros que posee la municipalidad, sin embargo, es necesario actualizarla y utilizarla para el desarrollo de nuevos proyectos. La información trabajada se obtuvo de diversas fuentes, principalmente de la municipalidad y de sitios web especializados en información geográfica.

5.4. Condiciones del Municipio

La sección explica empíricamente las condiciones del municipio y a su vez indica la actualidad de los registros que maneja la municipalidad. Finalmente, se describe el método de evaluación de información.

5.4.1. Detalles del casco urbano

Nueva Santa Rosa se desarrollo desde hace más de un siglo, sin embargo, la falta de planificación y el crecimiento informal de las zonas ha permitido que exista un desorden en la geometría del trazo de las manzanas. En efecto, existen zonas dentro del casco urbano donde aún se utilizan calles de terracería, lo cual ha percatado en el tráfico de las avenidas y calles principales del casco urbano.

En Guatemala, la gran mayoría de cabeceras municipales se han desarrollado a lo largo de carreteras y rutas nacionales. Empíricamente se observa que en Nueva Santa Rosa la tendencia ha sido similar a lo largo de los años. En efecto, existe una tendencia de crecimiento ante las rutas que conducen a San Rafael Las Flores y Nueva Santa Rosa de Lima.

La municipalidad le ha dado poca importancia a la delimitación e identificación de las lotificaciones dentro del casco urbano. El sistema de nomenclatura cuyo uso empezó a mediados del siglo XX, se le ha dado poca actualización y se han perdido los criterios de la metodología establecida en aquella época.

Hasta la fecha, la municipalidad no ha generado un registro en el que se declare el inmueble y se detallen las características propias como la ubicación, dimensiones, valor monetario o los propietarios que ha tenido.

Por otra parte, la cobertura de los servicios básicos dentro del casco no es la mejor y posee muchas carencias, entre ellas destaca la carencia de contadores de agua potable para la dotación de la comunidad. No obstante, se tiene un registro de las tuberías, la cual incluye información como la longitud de los tramos y el diámetro empleado en los mismos.

La red de tuberías de agua potable cubre casi todo el casco urbano, sin embargo, el servicio solo funciona a ciertas horas del día por lo que es necesario que cada lotificación posea su propio sistema de almacenamiento.

Ahora bien, el sistema de drenajes del casco solo se desarrolla en la parte oeste de la comunidad y la avenida principal. A su vez, el drenaje es de uso mixto debido a que no se tiene un control para el aprovechamiento del agua pluvial.

5.4.2. Información digitalizada de la municipalidad

En la actualidad no existe un registro actualizado o digitalizado de la información catastral de Nueva Santa Rosa. Debido a ello, se impartió una asesoría a personal de la Dirección Municipal de Planificación, en la cual se explicó cada elemento necesario para considerar en el proceso de levantamiento (red de agua potable, red de drenajes, polígono de manzanas, etc); los campos que debe incluir cada elemento; formas de realizar mediciones; y la proyección utilizada para georreferenciar toda la información (UTM WGS84).

Posteriormente, la municipalidad se centró en la identificación de las calles y avenidas además de la delimitación de las manzanas. Asimismo, estableció los límites del casco urbano e incluyó las dos zonas con las que cuenta actualmente. La municipalidad realizó un levantamiento de las redes de tuberías y drenajes por medio de un dispositivo GPS para generar las coordenadas de las intersecciones entre tramos, pozos de visita, y el pozo de extracción del agua utilizada en el casco urbano.

La municipalidad levantó las manzanas utilizando las coordenadas de las esquinas generadas mediante GPS y se cargó como puntos en QGIS, después se creó un shapefile de polígono delimitado por los puntos generados. La red vial del casco urbano se generó únicamente por QGIS utilizando una ortofoto del 2006 que se les proporcionó de apoyo para el proceso.

Sin embargo, la información generada por la municipalidad cumplió parcialmente con los requisitos previamente establecidos durante la asesoría. Por ello, se incluye una evaluación de lo levantado en cada elemento con el fin de incluir esta parte en la metodología para los casos en donde la municipalidad posee una unidad de catastro con bases de datos levantadas.

En efecto, para la evaluación de cada registro impartido por la municipalidad, se establecen cuatro criterios que definen las condiciones necesarias que deben considerarse en el levantamiento de información.

Los registros de tuberías de agua potable se identifican por su diámetro y la longitud de los tramos. No obstante, para los drenajes solamente se tienen las longitudes de los tramos y la ubicación.

En efecto, para evaluar las condiciones de la información se establece una metodología según cuatro criterios, los cuales definen la calidad que se les puede dar a los datos recopilados.

Evaluación	El archivo cuenta con todos sus campos definidos y georreferenciado de forma adecuada	El archivo cuenta con todos sus campos definidos pero no está georreferenciado	El archivo se encuentra georreferenciado, pero no tiene campos definidos	El archivo no se encuentra georreferenciado ni con sus campos definidos
A	X			
B		X		
C			X	
F				X

Cuadro 11: Criterios de evaluación de información.
Fuente: Elaboración propia.

Las calificaciones de la información para cada elemento recopilado se encuentran en el capítulo de Resultados junto con los metadatos y una breve descripción de lo que representa cada archivo.

6.1. Metodología de levantamiento en zona urbana

El desarrollo de los procesos de levantamiento de información conllevan la aplicación de una metodología que permita considerar cada detalle importante que formará parte de los registros resultantes.

La metodología principalmente depende del tipo de zona de levantamiento, el cual puede ser rural o urbano. Por otra parte, este debe incluir varias etapas que regidas por una secuencia para la captura de datos en campo, procesamiento en gabinete y su validación posterior con la comunidad.

El desarrollo de los procesos de levantamiento es dependiente del área de estudio y del tiempo en el que se permita llevar a cabo el proceso. Es por ello, que la metodología se rige a una zona delimitada acorde a las exigencias y el tiempo establecido por el ente encargado.

6.1.1. Establecimiento del área de estudio

La fase previa de la metodología consiste en definir una zona delimitada para su estudio y posterior levantamiento. Se establecen los límites de la zona con su respectivo perímetro y el área resultante. A su vez, el estudio de la zona implica un reconocimiento general que determine las ubicaciones convenientes para el inicio de la fase de levantamiento directo.

Un municipio se puede conocer mejor cuando éste se visita. En efecto, se logran identificar características que en la mayoría de los casos no se encuentra registro alguno en internet o por parte de las entidades. Es útil realizar un croquis en el que se marquen los principales puntos de interés sobre los cuales se aplicará la referencia geográfica de la información a levantar.

En la gran mayoría de los municipios del interior del país, existen datos y registros pobres que se han mantenido por medio del lenguaje popular. Cuando se realiza el acercamiento se puede platicar estos asuntos, en los cuales se pueden incluir antecedentes y ubicaciones de zonas y ciertos puntos de interés.



Figura 37: Ubicación del municipio
[14]

6.1.2. Etapa previa de reconocimiento de la zona

Se prosigue con el acercamiento hacia las autoridades competentes de la zona de levantamiento, cuyo fin es dar a conocer el proyecto y los objetivos que a cumplir. Es importante realizar una reunión o charla con el personal debido de la municipalidad para aclarar los alcances y la metodología a desarrollar en el proyecto.

El personal de la municipalidad establecido para el acercamiento abarca los principales rangos como el alcalde y los concejales. No obstante, es importante incluir a los encargados de la dirección municipal de planificación, dirección de catastro y el síndico municipal; quienes son los encargados de gestionar la información de los proyectos y la creación de las bases de datos que registran las características de cada elemento considerado en el levantamiento (calles, pozos, redes de tuberías, redes de drenajes, manzanas, entre otros).

A su vez, el acercamiento permite hacer de conocimiento sobre el proyecto a la población o personas involucradas dentro de la zona de levantamiento. El hacer público el proyecto es importante para el desarrollo de los levantamientos metodológicos que implican generar información de propiedades privadas.

El proceso inició con la selección del municipio de Nueva Santa Rosa, ubicado en el departamento de Santa Rosa. En efecto, se realizó un acercamiento con los encargados de la municipalidad y se realizó una reunión en la que se especificaron los objetivos del proyecto y de cómo éste se aplicaría en la zona del casco urbano del municipio.



Figura 38: Acercamiento 1 con el municipio.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 39: Acercamiento 2 con el municipio.
Fuente: Elaboración propia.

6.2. Levantamiento indirecto de información gráfica

Esta sección describe los pasos utilizados para recopilar información inicial en sitios de internet e instituciones nacionales. Luego establece que información de cada elemento se debe tener registrada por medio de campos en las bases de datos; y finalmente describe el levantamiento de la información que puede faltar y que es necesaria para la etapa de procesamiento, mediante QGIS.

6.2.1. Recopilación de información en línea

Se realiza una investigación para la recopilar información que establezca un registro inicial de las características de la zona. La investigación comienza utilizando las fuentes en línea con registros confiables y completos con los que se genera la parte inicial del levantamiento.

Es importante tener muchas referencias de confianza, debido a que la mayoría de la información y registros del interior del país se generó por instituciones nacionales como el IGN, Insivumeh, Anacafé, Segeplan, entre otros.

Sin embargo, existen instituciones extranjeras que se han encargado de generar información muy útil para complementar los procesos de levantamiento y estudio de zonas. Por ejemplo, el Servicio Geológico de Estados Unidos USGS, se ha encargado de obtener imágenes satelitales Landsat a lo largo de varias décadas.

A su vez, la información en línea es más confiable cuando proviene de fuentes relacionadas con entes gubernamentales o empresas del sector privado que comercializan información gráfica o registros levantados por ellos. No obstante, para evaluar la calidad de la información en línea es importante revisar los registros que mantienen y verificar que lo obtenido posea la información necesaria para la continuación del proceso.

Asimismo, se debe identificar los datos primarios de los secundarios mediante la organización de la información y el valor operacional que esta tendrá en el desarrollo del proyecto. Esta relación optimiza el diseño físico de la base de datos de acuerdo a esta interrelación operacional de consulta, análisis y producción.

En efecto, existen muchas páginas en línea para la recolección de información, sin embargo, es útil tener una base inicial de búsqueda. Debido a ello se muestran continuación fuentes confiables para recopilar información en línea:

Nombre del sitio	Links	Tipo de información
USGS Glovis	https://glovis.usgs.gov/	Imágenes Satelitales Landsat
Geoportal Segeplan	http://ideg.segeplan.gob.gt/geoportal/ http://ideg.segeplan.gob.gt/geoserver/web/wicket/bookmarkable/org.geoserver.web.demo.MapPreviewPage?0	Geoservicios
Geoportal IGN	http://www.ign.gob.gt/geoserver/web/?jsessionId=8BBB8810194EF6947B7C51D4BAACD7C3?wicket:bookmarkablePage=:org.geoserver.web.demo.MapPreviewPage	Modelos Ráster
Geoportal CONAP	http://www.bchguatemala.gob.gt:8081/geoserver/web/?wicket:bookmarkablePage=:org.geoserver.web.demo.MapPreviewPage	Modelos Ráster
OpenStreetMaps	https://www.openstreetmap.org o también mediante el plugin OpenLayer para QGIS	Shapefiles
Global Forest Watch	http://gis-treecover.wri.org/arcgis/services/ForestCover_lossyear/ImageServer/WMSServer?request=GetCapabilities&service=WMS	Dinámica forestal
GeoSeer	https://www.geoseer.net/s.php?q=guatemala	Geoservicios
Geoeduca	http://www.geoeduca.org/proyectogt/	Imágenes

Cuadro 12: Sitios de información espacial en línea.

Fuente: Elaboración propia.

Cada uno de los sitios anteriores recopila información actualizada de manera que puede ser utilizada para comparar o complementar las bases de datos generadas a partir de la información inicial. Cada uno de los sitios permite descargar archivos en los que se puede extraer data ya depurada o se debe trabajar en ellos para generar información adicional dependiendo del trabajo a realizar.

USGS GLovis

El sitio es gestionado por el sistema geológico de Estados Unidos, el cual se ha encargado de recolectar imágenes Landsat a lo largo de varios años. La página imparte un registro de todas las características que provee. Para acceder al sitio se debe crear una cuenta, sin embargo, las descargas son gratuitas dependiendo de la resolución que se emplee.

Geoportal Segeplan

El Geoportal de Segeplan permite descargar archivos ráster generados y con una fecha específica. A su vez, la gran variedad de archivos ráster que se pueden obtener abarcan información de

registros como índices de desnutrición, deslaves, e inundaciones hasta índices pobreza, entre otros. Es importante considerar la exactitud de los resultados que se esperan del proceso, debido a que en este sitio se encuentran muchas imágenes de baja resolución.

La baja resolución abarca grandes áreas de los mapas, por lo tanto si se buscan resultados más precisos, se recomienda generar la información por medio de matrices de datos con archivos ráster y también de tipo shape.

Geoportal IGN

El IGN ofrece gran variedad de información a pesar de no encontrarse totalmente actualizada. Existen muchos registros con archivos vacíos, los cuales es recomendable revisar para definir los datos que se utilizarán y los que se van a depurar.

La información que maneja el IGN es muy amplia y abarca desde la geografía del terreno que considera el relieve, curvas de nivel y pendientes. Asimismo se deben revisar la fecha de los archivos que se descargan ya que muchos de ellos llevan más de 10 años de haberse generado, por lo que es muy útil considerarla como resultados antecesores a los que se manejan actualmente.

Open Street Maps

Open Street Maps maneja una base de datos actualizada y con una mayor cantidad de detalles que muchos archivos que se pueden encontrar en el IGN. El sitio en línea ofrece detalles acerca de los procesos y avances que se logran con la recopilación de información. No obstante, se debe crear una cuenta para acceder al más detalles.

Sin embargo, el software de QGIS permite la descarga de un plugin llamado OpenLayerPlugin, el cual permite descargar de una forma más rápida la información que se tiene de una zona en específico.

Global Forest Watch

Es un sitio de World Resources Institute, encargado de monitorear la dinámica de los bosques. Se pueden encontrar registros acerca del crecimiento, deterioro e información acerca de los efectos de acciones como incendios forestales.

GeoSeer

Es un buscador que permite descargar información espacial relacionada con estudios no lucrativos y e investigaciones con fines educativos. También ofrece información sobre artículos científicos relacionados con la metadata espacial y a su vez analiza una cantidad significativa de sitios en línea de los cuales se puede seguir buscando información.

6.2.2. Recopilación de información en instituciones

La municipalidad es el ente principal que registra información de un municipio y de cada una de las comunidades que se encuentran en este. Por ende, estos lugares marcan el punto de partida para la investigación no digital de información. No obstante, existen otras entidades que registran información tales como IGN, Insivumeh y Segeplan.

Cuando se trabaja con un ente responsable como una municipalidad, es importante revisar los registros que mantienen y definir un punto de partida para la implementación del levantamiento. Debido a que en Guatemala la mayoría de las municipalidades carecen de registros físicos o digitales de las zonas del municipio, es importante continuar la búsqueda en línea en páginas confiables para la obtención de la información necesaria para el proceso. Cuando esto sucede, también se puede acudir a instituciones encargadas de recopilar información de un ámbito en específico.

En efecto, gran parte de la información que se maneja en las municipalidades es de acceso público, lo que evita complicaciones mayores en la recopilación de la misma. Es importante hablar con los encargados de la unidad que gestionan la información y en algunos casos explicar el fin que se le dará a esta.

Dentro de la municipalidad existen unidades encargadas de registrar las obras civiles que se realizan cada año y otras que generan archivos de información espacial con dichos registros. La Dirección Municipal de Planificación (DMP), y la Dirección de Catastro son algunas de las principales encargadas de generar registros de cada obra y a su vez especificar las características propias de la misma.

La DMP se encarga de generar expedientes acerca de los estudios previos, diseño, presupuesto y demás características de las obras que se construyen dentro del municipio. En efecto, estudios que consideran características como caudales de diseño, capacidad del suelo, tipo de suelo, coeficientes considerados en los diseños, entre otros; son detallados en los expedientes de cada proyecto gestionado por dicho ente.

La Dirección de Catastro se encarga del levantamiento y procesamiento de la información gráfica del municipio, sin embargo, este departamento no se encuentra presente en gran mayoría de las municipalidades a nivel nacional debido a las deficiencias producidas por la falta de interés en la actualización de las bases de datos y la falta de personal capacitado para esta área.

Es importante revisar la fecha de creación de los datos recopilados e incluso revisar la coherencia de los mismos debido a que en la mayoría de los casos los estudios no se realizaron de forma correcta. No obstante, es de suma importancia especificar la información exigida incluyendo los campos de la base de datos contenida en los archivos de información gráfica.

En efecto, la municipalidad debe tener como mínimo información de los siguientes elementos:

- Red de tuberías de agua potable
- Red de tuberías de drenaje y pozos de visita
- Red vial de calles y avenidas
- Registro de manzanas y lotes
- Plantas de tratamiento
- Pozos de agua potable
- Casco urbano delimitado
- Zonas delimitadas

Según la información que se tenga en la municipalidad, se debe complementar con lo necesario para el desarrollo del proyecto a partir de un levantamiento con una metodología establecida.

La municipalidad de Nueva Santa Rosa carece archivos gráficos levantados y procesados de cada uno de los archivos mencionados en la lista. Por lo tanto, se buscó información en la sede del IGN y

se solicitó una ortofoto referenciada en UTM WGS84 Zona 15 y un modelo de elevaciones de toda la república.

Los archivos obtenidos se utilizaron para realizar una asesoría de cómo levantar manzanas y generar predios mediante el software de QGIS al personal responsable de la municipalidad. Ahora bien, este proceso se explica en la fase de levantamiento directo.

Antes de empezar la recolección de la información, es importante generar una base de datos con los campos necesarios para desarrollar el proyecto. Es necesario establecer los campos de mayor prioridad e identificar la información que será necesario levantar. Dependiendo del elemento levantado, se debe revisar que los campos creados sean los mínimos que se exigen para el mismo. Debido a ello se establecen los siguientes para cada elemento en específico:

- Punto geodésico:
 - Nomenclatura de identificación: Código asignado a cada punto por medio de un prefijo seguido del guion y del número de identificación. Se nombran con el prefijo BR, además se especifican como aquellos que han sido levantados directamente con receptores geodésicos y se les ha generado fichas técnicas.
 - Coordenada X: Ubicación en el eje X dentro del sistema de referencia UTM WGS84 Zona 15.
 - Coordenada Y: Ubicación en el eje Y dentro del sistema de referencia UTM WGS84 Zona 15.
- Punto complementario:
 - Nomenclatura de identificación: Código asignado a cada punto por medio del prefijo PC seguido del guion y del número de identificación. Son aquellos que han sido generados como puntos de apoyo dentro del software GIS con el fin de complementar el diseño de la red geodésica. Sin embargo, estos puntos aún deben ser levantados.
 - Coordenada X: Ubicación en el eje X dentro del sistema de referencia UTM WGS84 Zona 15.
 - Coordenada Y: Ubicación en el eje Y dentro del sistema de referencia UTM WGS84 Zona 15.
- Polígono Catastral:
 - Id: Número asignado al polígono cuyo fin es para codificar cada zona de la red y generar el código catastral de cada predio.
- Líneas de diseño de la red geodésica:
 - Id: Número asignado a cada arista generada.
 - Long M: Longitud de la línea en metros.
 - Red: Red compuesta por el conjunto de líneas mediante los puntos geodésicos. Puede ser RAC3 o RAC2.
- Polígono de cuadras: Es importante señalar que cuadras es el término popular para referirse a las manzanas de una zona.
 - Id: Valor asignado según el orden de enumeración asignado para cada zona.
 - Pol Cuadra: Codificación asignada a cada manzana según la zona en la que se ubique. Para zona 1 se utiliza A, B para zona 2, C para zona 3 y D para zona 4.
 - Área M2: Área de la manzana en metros cuadrados.

- Perim M: Perímetro de la manzana en metros.
- Polígono de lotificaciones: Es importante señalar que lotes es otra forma de referirse a un predio identificado.
 - No Lote: Número del predio identificado. Se asigna desde el valor 1 en adelante.
 - Área M2: Área del predio en metros cuadrados.
 - Perim M: Perímetro del predio en metros.
 - Dirección: Nomenclatura generada por medio de la metodología de identificación de los predios.
 - Polígono: Polígono catastral dentro del cual se ubica el predio.
 - Id Catastral: Código generado según la metodología establecida en el RIC e indicada en el marco legal.
- Mancha urbana:
 - Year: Año de creación de la ortofoto con el que se generó la mancha urbana por medio de teledetección.
 - Área M2: Área de la mancha urbana en metros cuadrados.
 - Perim M: Perímetro de la mancha urbana en metros.
 - Área KM2: Área de la mancha urbana en kilómetros cuadrados.
 - Perim KM: Perímetro de la mancha urbana en kilómetros.
- Límite municipal:
 - Id: Número asignado a partir de 1.
 - Perim M: Longitud del límite generado en metros.
- Centros de salud:
 - Id: Valor asignado según la enumeración de 1 en adelante. Identifica la cantidad de lugares de este tipo existentes en la zona delimitada.
 - Codigo: Codificación asignada por el IGN.
 - Nombre: Identificación ya definida por el ministerio de salud. Por ejemplo: Centro de Salud de Nueva Santa Rosa.
- Centros educativos:
 - Id: Valor asignado según la enumeración de 1 en adelante. Identifica la cantidad de lugares de este tipo existentes en la zona delimitada.
 - Nombre: Identificación del centro educativo.
 - Nivel: Nivel educativo que imparte.
 - Tipo: Identifica si es privado, oficial o por cooperativa.
 - Zona: Identifica la zona en la que se ubica según la propuesta generada.
- Tragantes:
 - Id: Valor asignado según la enumeración de 1 en adelante. Identifica la cantidad de elementos existentes en la zona delimitada.
 - Profund: Profundidad del elemento en metros.
 - Mat Tragante: Material utilizado en el diseño del elemento.
- Red Agua Potable:

- Id: Valor asignado según la enumeración de 1 en adelante. Identifica la cantidad de tramos existentes dentro de la red.
- Diam Tub: Diámetro de la tubería del tramo en pulgadas.
- Largo M: Longitud del tramo en metros.
- Red Vial:
 - Nombre: Nombre asignado según la nomenclatura de la red dentro de la zona.
 - Tipo: Identifica si el tramo es calle, avenida o diagonal.
 - Zona: Ubicación según la propuesta establecida.
- Drenajes:
 - Id: Valor asignado según la enumeración de 1 en adelante. Identifica la cantidad de tramos existentes dentro de la red.
 - Long M: Longitud del tramo en metros.
 - Diam Canal: Diámetro del canal del tramo en pulgadas.
- Zonas:
 - Id Zona: Nomenclatura asignada a la zona según la enumeración de 1 en adelante.
 - Área M2: Área de la zona en metros cuadrados.
 - Perim M: Perímetro de la zona en metros.
- Elevaciones:
 - Tipo: Rango de establecido de elevaciones.
 - Área M2: Área de la zona con la misma elevación en metros cuadrados.
 - Perim M: Perímetro de la zona con la misma elevación en metros.
- Pendientes:
 - Tipo: Rango de establecido de pendientes.
 - Área M2: Área de la zona con el mismo grado de pendientes en metros cuadrados.
 - Perim M: Perímetro de la zona con el mismo grado de pendientes en metros.
- Zonas de desarrollo:
 - Área M2: Área de la zona establecida, en metros cuadrados.
 - Perim M: Perímetro de la zona establecida, en metros.

6.2.3. Resumen de información recopilada

Se utilizó el sitio de USGS para la descarga de imágenes Landsat de cuatro años distintos y a su vez información sobre las características de cada una de ellas. Las landsat se obtuvieron para el 2006, 2009, 2013 y 2018. Los formatos de las imágenes descargadas son TIFF y JPG.

Open Street Maps se utilizó para obtener archivos shape de ubicaciones importantes del municipio de Nueva Santa Rosa, los centros de salud y centros educativos son producto de sus bases de datos.

El sitio del IGN se utilizó para obtener archivos shape de tramos carreteros externos a la red vial del casco urbano. No obstante, toda la información recopilada se depuró y se revisó que los campos existentes sean los necesarios para el desarrollo del proyecto.

La información recopilada en línea fue la siguiente:

1. Imagen landsat del 2006
2. Imagen landsat del 2009
3. Imagen landsat del 2013
4. Imagen landsat del 2018

Las únicas fuentes gubernamentales utilizadas para recopilar información son el IGN y la municipalidad de Nueva Santa Rosa. En efecto, la información recopilada en ambas es la siguiente:

1. Ortofoto del casco urbano de Nueva Santa Rosa del 2006.
2. Archivo ráster del modelo de elevaciones digitales de Guatemala.
3. Shapefile de polígono del municipio.
4. Shapefile de polígono sobre la cuenca del río Los Esclavos.
5. Shapefile de línea de la red vial del municipio.
6. Shapefile de puntos acerca de los centros de salud
7. Shapefile de puntos acerca de los centros educativos.
8. Shapefile de línea sobre los ríos del municipio.

Los proyectos que involucran información geográfica conllevan la generación de bases de datos acerca de cada objeto localizado en un área determinada de la superficie de la tierra. Una base de datos geográfica necesita de un conjunto de procedimientos que permitan la aplicación de mantenimiento de su documentación y de su administración.

La base de datos de un SIG representa la parte operacional de los resultados gráficos. El proceso mecánico considera todos los aspectos directivos de implementación del estudio de diseño.

6.2.4. Levantamiento de shapefiles mediante QGIS

Se impartió una asesoría a la municipalidad con las personas encargadas de generar los elementos básicos (manzanas, predios, red de tuberías de agua potable, etc), debidamente considerados para un registro mínimo de información espacial. Para cada elemento se especificó sus características y se enseñó los campos establecidos para cada uno de ellos.

La asesoría consistió en la realización de una reunión con el encargado de la Dirección Municipal de Planificación al que se le impartió un documento con cada uno de los elementos espaciales y una lista que explica los campos necesarios a registrar además de mencionar en qué consiste cada uno de éstos.

6.3. Levantamiento directo

La fase consiste en la creación de información por medio de equipo especializado. La información se genera directamente en área de estudio y para cada tipo de información se lleva a cabo un proceso diferente.

La generación de información implica el registro del proceso en fichas técnicas que especifiquen ordenadamente los resultados obtenidos y bajo que criterios que valores iniciales se trabajó con el

equipo. A su vez, el RIC exige que para el levantamiento directo específico de ciertos elementos, se tomen en cuenta ciertos datos con el fin de generar mayor fundamento en los registros.

Existen elementos para los cuales no existe una ficha técnica en específico, debido a la reciente implementación de ciertos equipos especializados o también por la poca importancia que se le da a estos. Para ello, se genera una ficha técnica de cada proceso directo realizado.

6.3.1. Puntos de referencia y red geodésica

Etapa de levantamiento en campo

Esta etapa inicia con el establecimiento de los puntos de interés sobre los que se generará la red geodésica. Se recomienda utilizar el croquis generado para identificar el sitio sobre el que se colocará el punto.

Los puntos se deben distribuir estratégicamente sobre la zona a levantar con el fin de referenciar toda el área y a su vez se deben colocar en zonas despejadas de construcciones, torres, postes o cualquier elemento que interfiera con la señal GPS existente en el sitio.

Es recomendable realizar un levantamiento con GPS y corrección diferencial para generar las coordenadas del punto.

La municipalidad de Nueva Santa Rosa levantó 6 puntos a lo largo del casco urbano mediante un sistema Trimble R4 GNSS con su respectiva monumentación. Para cada punto se generó una ficha técnica en la que se especifican las coordenadas en sistema UTM WGS84 además de la latitud y longitud respectivas.

Desde un punto base se coloca el receptor permanente y en los puntos secundarios se colocan los receptores auxiliares. Para la adquisición de valores, el dispositivo se debe dejar en un tiempo mínimo de 1 hora y establecer un valor de referencia vertical además de la altura elipsoidal del punto. La finalidad es obtener la elevación geoidal, para lo cual se realizan las lecturas que registra el receptor geodésico de la estación de rastreo permanente.

Por otra parte, la monumentación se debe realizar en el momento preciso en el que se terminan de realizar las lecturas. Debido a ello, se debe manejar cautelosamente el equipo y realizar una perforación sobre la que se debe fundir una ficha de bronce con un código especificado para el tipo de red en el que se utilizará.

Se recomienda realizar una revisión de cada punto por medio de un GPS portátil y registrar los datos para después compararlos con los resultados de las fichas para evitar inconvenientes en las proyecciones o los valores obtenidos.



Figura 40: Revisión de puntos en la zona norte del casco urbano
Fuente: Elaboración propia.



Figura 41: Revisión de puntos en la zona sur del casco urbano
Fuente: Elaboración propia.



Figura 42: Uso del GPS Garmin.
Fuente: Elaboración propia.

6.3.2. Generación de ortofotos mediante dron Phantom 4 Pro

Etapa de planificación

El primer paso es delimitar la zona de interés. La superficie de levantamiento es el casco urbano de Nueva Santa Rosa. No obstante, el uso del dron es factible para delimitar las lotificaciones de toda el área levantada por las características de la cámara y la capacidad de vuelo del dispositivo.

Mediante el software de DJI Terra se realizó el diseño de los tramos de vuelo sobre las zonas del casco urbano que se levantó. El software calculó el tiempo aproximado de cada vuelo; la distancia total del recorrido; la dimensión del área de cada vuelo; y la cantidad de fotografías que se captaron en cada vuelo.

Se prosigue con elegir el GSD cuya función es definir la resolución de las fotografías captadas. Cuando este valor se eleva, menor resolución se obtendrá en las imágenes y viceversa. El GSD impone la altura del vuelo en el cual se deben considerar los obstáculos que se puedan presentar como torres o antenas.

El RIC y el IGN rigen un GSD específico para catastro con la resolución de 0.3 (30 cm por cada píxel) como mínimo. Sin embargo, el dron permite utilizar resoluciones en el rango de 0.02 y 0.08 en levantamientos altamente precisos.

Los detalles establecidos en la planificación del vuelo se muestran en las fichas técnicas de Anexos. Asimismo, los días anteriores al levantamiento se verificó tener listo el equipo con sus baterías cargadas para la cantidad de vuelos que se realizó y todos los complementos necesarios para estar preparados en el día del levantamiento.

Etapa de levantamiento

Se generó una ficha técnica del día de levantamiento con todas las observaciones que se consideraron dentro de la planificación y los imprevistos. Luego se estableció la estación base sobre la que se realizó cada vuelo con sus respectivas características.

Mediante el software de Pix4D se importó los tramos de los vuelos planificados y en efecto, se configuraron para que el dron realizara cada uno de ellos durante el tiempo establecido en el municipio.

Al terminar cada vuelo se revisó el equipo con sus respectivos ajustes como los cambios de batería y el estado de las hélices. Es importante manejar cautelosamente el dron debido a que los sensores que posee pueden dañarse con el polvo o con la humedad.

La planificación conlleva definir un punto de despegue. Este debe ser un lugar despejado y elevado que permita tener el mayor tiempo de contacto visual con el dron de los tramos del vuelo planificado.

6.3.3. Depuración

Organización de la información

Los archivos con información gráfica se almacenan y se deben manejar a partir del software SIG. Dependiendo del tipo de archivo y de la información que contiene, se recomienda almacenar la información en carpetas de la siguiente manera:

- Input: archivos de entrada
 1. Dron: Imágenes capturadas en el levantamiento.
 2. Archivos GPS: Resultados del levantamiento directo con los receptores geodésicos.
 3. Shapefiles obtenidos en línea: Clasificados por el nombre del sitio en el que se descargó, por ejemplo:
 - a) IGN
 - b) Segeplan
 - c) GeoSeer
 - d) Entre otros
 4. Imágenes Satelitales: Clasificadas por el año en que se generó, por ejemplo.
 - a) 2006
 - b) 2013
 5. Información investigada: Carpetas clasificadas de todos los archivos impartidos por las entidades.
 - a) IGN
 - b) Insivumeh
 - c) Conred
- Output: archivos de salida
 1. Dron: Ortofoto generada
 2. Fichas técnicas: De cada elemento del que se generó.
 3. Imágenes satelitales procesadas: Landasts recortadas al área de estudio.
 4. Mapas PDF: Resultados de todos los procesos.

5. Archivos ráster: Modelo de elevaciones procesado.
 6. Red geodésica: Shapefiles y bases de datos de los puntos base y puntos complementarios.
 7. Resultados Envi: Archivos de cada proceso generado.
 - a) Parallelepiped Classification
 - b) Majority Classification
 - c) Maximun Likelihood Classification
 - d) Classification to Vector
 - e) Shapefile generado
 - f) Confusion Matrix
 - g) ROI generados.
- Archivo GIS: ubicación del documento

Recorte de archivos ráster

Generalmente los modelos de elevación digital recopilados en línea suelen ser de áreas muy extensas que abarcan países o departamentos. Debido a esto se delimitan los ráster utilizando la herramienta Clipper de QGIS de manera que el modelo utilizado sea sólo del área del municipio.

Depuración de archivos shape

Los shapefiles se depuran mediante la eliminación de los campos que no se encuentran establecidos en la metodología. A su vez, se añade la información recopilada por medio de campos nuevos y se utiliza la herramienta de nodos para ordenar gráficamente los shapefiles para generar una mejor apariencia dentro de los mapas.

Segmentación y clasificación de las imágenes Landsat con Envi

Para el proceso se utilizan las imágenes landsat, las cuales poseen una resolución no muy definida para objetos espaciales pequeños. Las imágenes satelitales no siempre poseen una resolución suficiente que permita identificar elementos como casas, cuadras e incluso una delimitación definida de las zonas urbanas.

Es importante indicar que la metodología aplicada es para cualquier tipo de imagen multiespectral; porque actualmente existen diversos tipos de imágenes satelitales con bandas distintas dentro del espectro. Debido a ello, la metodología se resume en los procesos más importantes para la extracción de información de una imagen satelital.

Se recomienda recortar la imagen satelitales mediante software GIS para delimitar la zona de estudio, en este caso se delimitó el casco urbano de Nueva Santa Rosa con el que se determinará el crecimiento que ha tenido a lo largo de los años.

Sin embargo, Envi permite segmentar las imágenes en objetos simples con los que se puede generar un proceso de extracción a mayor escala. Debido a esto, el software se utilizará para un estudio del crecimiento de la mancha urbana del casco urbano por medio de segmentaciones a simple vista de los píxeles que se encuentren dentro de la misma combinación de bandas.

En la interfaz gráfica de Envi, utilizamos la herramienta de input raster con la que cargamos el archivo. Luego se revisan las bandas utilizando custom bands se aplica la opción "normalize difference."^{el} cual nos permite generar un índice normalizado de los objetos simples que estamos generando.

En el momento en que se realiza una selección de las bandas, visualmente se genera un intercambio en los colores de la imagen, por lo que se debe generar una segmentación de mejor definición con la que se delimiten adecuadamente las zonas urbana, agrícola y cuerpos de agua.

Después utilizamos la herramienta "region of interest (ROI) tool" para la segmentación en formato vectorial. En efecto, se crea lo que denominamos como ROIs; y se utilizan para generar una clasificación base de las áreas de la imagen. La clasificación de los ROIs se debe generar a criterio dependiendo de la calidad de la imagen y de las bandas que se representen en la misma.

Ahora bien, para el proceso definimos la siguiente clasificación:

1. Casco Urbano en color Gris
2. Zonas agrícolas y áreas verdes en color verde
3. Cuerpos de agua en color azul.

Los ROIs recién creados definen mis parámetros de clasificación inicial. Ahora bien, para cada uno se selecciona el área con los píxeles que muestran las zonas en baja resolución.

Es decir, para el ROI de cuerpo de agua seleccionamos tramos pequeños de los ríos y lagos que se encuentren dentro de la zona de estudio. Para el ROI de zonas agrícolas seleccionamos las zonas de cultivo que puedan apreciarse dentro de la landsat.

A su vez, se selecciona la parte gris de la landsat con la que se representará el casco urbano mediante el ROI de un color similar para identificar de una mejor manera los resultados del proceso.

Al final resultarán objetos espaciales que abarcan áreas mínimas de cada una de las zonas definidas, ya que Envi realiza una clasificación de toda la imagen en la que clasifica todos los píxeles que se asemejen a los seleccionados dentro de cada ROI por medio del método del píxel más cercano. Es importante indicar que los ROI clasifican cada píxel seleccionado en formato vectorial.

Con los ROIs ya generados, proseguimos a generar una clasificación con la herramienta "parallelepiped classification". Esta permite clasificar toda la imagen con la interpretación definida, lo que resulta en una imagen llena de colores.

La imagen no es precisa en la clasificación de los píxeles, por lo tanto utilizamos la herramienta de "maximum likelihood distance classification". La herramienta es un algoritmo de Envi que permite diferenciar valores múltiples por medio de la selección de una clasificación y recalculando los valores aproximados para cada tipo de banda un píxel en específico.

La herramienta analiza todos los píxeles de la imagen landsat y genera un resultado más preciso de los ROIs.

6.4. Procesamiento de información

La fase consiste en procesar los archivos generados, unir los shapefiles levantados con los creados y depurados en QGIS; para el posterior análisis y generación de los resultados

6.4.1. Generación de manchas urbanas utilizando imágenes landsat con software ENVI

Los resultados de "maximum likelihood distance classification" en la mayoría de los casos encuentran píxeles con bandas distintas a las de los píxeles clasificados con los ROIs. En efecto, la clasificación

también debe aplicarse para estos elementos.

Por lo tanto utilizamos la herramienta de "Combine Parameters", la cual permite generar una combinación a partir de los píxeles no clasificados y un ROI en específico. Se recomienda revisar que píxeles son los que en su mayoría no se clasificaron ya que en los resultados anteriores se pueden encontrar que ROIs se clasificaron alrededor de éstos y con ello aplicarlos en la misma combinación.

Es importante indicar que las combinaciones se deben realizar según su conveniencia con el fin de evitar combinar dos categorías clasificadas en ROIs distintos, esto generará un registro de cada píxel encontrado dentro de la landsat.

Se prosigue con la herramienta "Majority/minority analysis" la cual se utiliza para combinar todos los píxeles de una zona en específico dentro de un mismo ROI. Se resume como un algoritmo que genera una clasificación más estricta de los ROIs y en la asignación de una clasificación más acorde a la ubicación del píxel.

Este procedimiento conduce a sobre estimar la exactitud de la clasificación, sin embargo, es necesario recurrir a la evaluación de la exactitud sobre la clasificación por medio de una matriz de confusión también denominada como matriz de error o de contingencia.

Dicha matriz señala las relaciones entre dos series clasificadas en el área de estudio. Las series corresponden a los datos de referencia que se adquieren en las observaciones de campo y a la categorización realizada con los ROIs.

Por medio de la matriz de confusión se pueden deducir varios índices relativos a la exactitud de la clasificación. En efecto, para generar la matriz de confusión de los resultados utilizamos la herramienta Confusion Matrix Parameters con la generamos las bases de datos de los píxeles clasificados dentro de cada serie y cada ROI.

Asimismo, Envi genera un porcentaje de concordancia de los resultados sobre toda la imagen landsat. Con ello se establece el valor de la exactitud del proceso.

En fin, el resultado es una imagen landsat con una clasificación específica de cada píxel y una serie definida para una zona en específico.

Convertir resultados a archivo shape

Con los resultados ya generados, se prosigue con la herramienta de "Classification to vector", la cual genera un archivo de formato EVF con el que se genera la conversión vectorial de la clasificación resultante.

El archivo EVF generado se carga en la herramienta Classic EVF to Shapefile se realiza la respectiva conversión del archivo para después poder utilizarlo en el software de QGIS.

No obstante, se recomienda almacenar los resultados de cada archivo en carpetas distintas en las que se especifique el nombre del proceso y el año en el que se generó la imagen satelital.

6.4.2. Procesamiento utilizando QGIS

Digitalización de manzanas y lotes

La ortofoto permite generar shapefiles para cada elemento que puede observarse en el mismo. Ahora bien, para la digitalización de las manzanas y lotes, se utilizó AutoCAD por medio de la extensión de archivos de archivos con formato DXF en QGIS.

Se generó los predios y manzanas dibujando el contorno de cada una de ellas por medio de la ortofoto. Se utilizó AutoCAD para generar los elementos con una mayor precisión y a su vez la ortofoto también se cargó.

Sin embargo, es importante señalar que la ortofoto generada muchas veces no genera la referencia correcta. Debido a ello se recomienda dibujar inicialmente las manzanas en QGIS y después apoyarse con AutoCAD para generar las esquinas de cada elemento de forma precisa.

En efecto, con los shapefiles creados se procede a codificar cada elemento, para ello utilicé una letra inicial para cada cuadra a partir de la zona en la que se encuentra. Se tomó "A" para zona 1; "B" para zona 2; "C" para zona 3; y "D" para zona 4.

Cada letra va seguida de un número empezando desde 1 hasta contar el último elemento, el cual indica el orden en el que se enumeran por zona.

Análisis de terreno con QGIS

Prosiguiendo, se realizó un análisis de terreno sobre el modelo de elevaciones digitales del IGN. El primer análisis implica la generación de un ráster que clasifica el valor de las pendientes definidas. Para ello generamos una categorización a partir de los valores de pendientes en porcentajes:

- Pendientes menores a 0.05
- Pendientes entre 0.05 y 0.1
- Pendientes entre 0.1 y 0.15
- Pendientes entre 0.15 y 0.18
- Pendientes mayores a 0.18

El análisis prosigue con la generación del ráster de orientación. La finalidad de este archivo es establecer las direcciones que lleva cada pendiente, las cuales van de la mano con el relieve del terreno. Utilizamos la función de "Análisis de terreno/Orientación", cargamos el ráster de pendientes generado.

Ahora bien, se debe realizar un modelo de sombras o "Hillshade", el cual genera elevaciones en cada punto del ráster. Se carga el archivo de orientación y se genera un ráster que refleja los accidentes topográficos por medio de sombras.

Por último se genera un ráster de relieve con el modelo de sombras. Utilizamos "Análisis de terreno/Relieve" para generar el resultado final de la vista topográfica de la zona. El modelo generado se puede cargar en línea y se utiliza para vistas en 3D.

Matriz de elevaciones

El elemento se genera a partir de convertir el modelo de sombras o "Hillshade" a shapefile. En efecto, con el raster ya categorizado el shapefile se genera de la misma forma. Con el shapefile categorizado se deben seleccionar todas las zonas del mismo valor y guardarlas como un archivo separado.

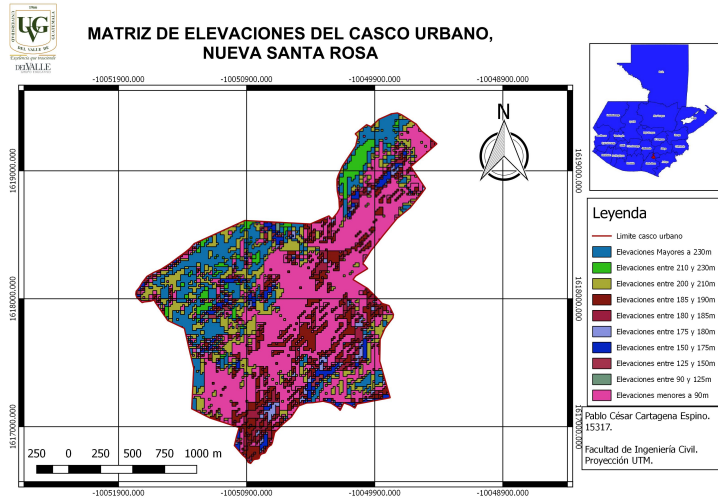


Figura 43: Matriz de elevaciones.
Fuente: Elaboración propia.

El resultado es una matriz de pendientes en formato shapefile con el cual se calculó porcentajes de área de la zona para cada valor en un rango establecido.

Matriz de pendientes

La matriz de pendientes se genera mediante el modelo de Pendientes generado. Las pendientes categorizadas se conservan al convertir el ráster a shapefile y con ello se pueden separar en archivos diferentes. El resultado es una matriz con la que se calculó porcentajes de área de la zona para cada rango categorizado.

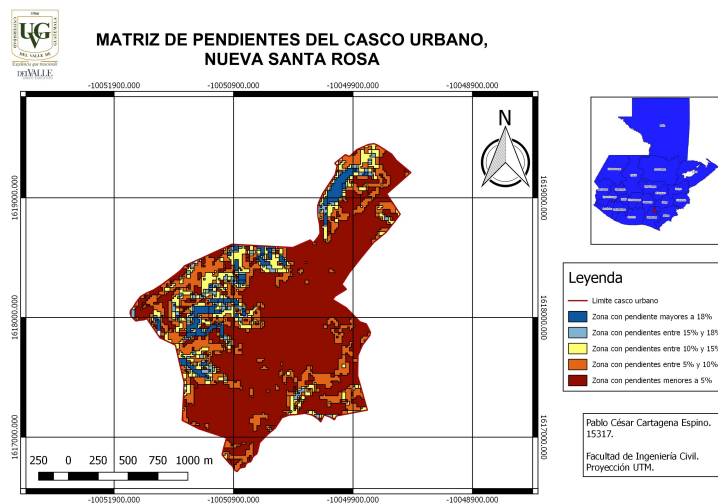


Figura 44: Matriz de pendientes.
Fuente: Elaboración propia.

Curvas de nivel

Se utilizó el modelo de elevaciones digitales del IGN, el cual se recortó a la medida del municipio. Por medio de QGIS y la herramienta "Curvas de Nivel", se extrajo el resultado en un shapefile de línea.

Las curvas que se extrajo se establecieron en dos archivos distintos, uno para curvas a cada 10m y el otro a cada 15m. La finalidad de esto es comparar los resultados con las matriz de pendientes que se generó y asimismo complementar la evaluación de las zonas del casco urbano.

6.4.3. Puntos Geodésicos

Con la información recaudada en cada punto, se prosigue con el procesamiento de la línea base y la depuración de la señal de los satélites mediante el software RINEX.

En fin, se deben generar las fichas técnicas en un resumen con los parámetros de las coordenadas en las que se incluyen los valores asumidos, tales como la elevación elipsoidal del punto y la descripción de la ubicación de referencia en la que se colocó el punto.

Los resultados de las fichas técnicas se utilizan para levantar los puntos en el software de QGIS. Inicialmente se debe establecer en el software la proyección UTM WGS84 utilizada en el proyecto y luego crear un shapefile de puntos por medio de la "herramienta de nodos"; la cual permite generar la posición exacta del punto dentro del software.

6.4.4. Ortofotos

Para la generación de la ortofoto en 2D, se utilizó las fotografías captadas durante el levantamiento con sus respectivas coordenadas en los puntos de fotocontrol y apoyo.

Después se utilizó el software de Agisoft Photoscan para agregar las carpetas con las fotografías. El proceso de resume de la siguiente manera:

1. Se carga el sistema de coordenadas UTM WGS84 de referencia.
2. Importación los puntos de fotocontrol.
3. Aplicación de la orientación de las fotos con la finalidad de generar un mosaico.
4. Se corre el programa y se comienza a colocar los puntos de fotocontrol para cada fotografía.
5. Creación de la nube de puntos
6. Generación el mallado del mosaico.
7. Se crean las texturas de las fotografías.
8. Generación el ortomosaico.

Es importante registrar los parámetros de procesamiento que influyen en el resultado final de la ortofoto. La precisión, calidad, cantidad de puntos, cantidad de imágenes, tiempo de generado de la nube de puntos, entre otros; son algunos de los principales influyentes en el resultado final.

6.4.5. Metodología de zonificación

El casco urbano de Nueva Santa Rosa se delimita por 2 zonas por medio de la 0 avenida conocida como Teófilo Solares. Sin embargo, en los últimos años, el crecimiento ha sido fuertemente influenciado por la creación de nuevas manzanas en las zonas que rodean el casco urbano.

Debido a ello, se propone una nueva zonificación que permite el crecimiento del casco urbano cuyo fin es tener un mejor control de cada espacio y mejorar la cobertura de servicios públicos en cada una de ellas.

La nueva propuesta incluye una nomenclatura de lotificaciones según la zona en la que se ubique y a su vez una nueva nomenclatura de la red vial interna del casco urbano.

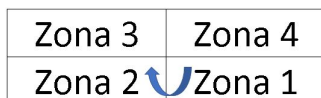


Figura 45: Metodología de zonificación.
Fuente: Elaboración propia.

6.4.6. Metodología de nomenclatura de predios

El código de nomenclatura para las lotificaciones se genera a partir de cuatro partes:

1. El nombre de la avenida o calle donde se ubica el frente del lote se coloca al inicio.
2. El código previo al guión se genera a partir del nombre de la calle o avenida desde donde se realiza la medición para el código post-guión.
3. El código post-guión se genera a partir de la medición realizada desde una calle o avenida definida, hasta la esquina donde comienza el predio. Sin embargo, cuando existen manzanas con una distancia mayor a 100m, se crea un factor de medición que equivale al cociente entre 100 y la longitud total de la cuadra en metros.
4. El nombre de la zona se coloca después del código generado.

Las manzanas de nueva santa rosa se componen de un máximo de 4 lados. En efecto, el código post-guión se coloca en terminación par cuando el lote se ubica en la parte sur u oeste de la manzana; y se coloca en terminación impar cuando el lote se ubica en la parte norte o este de la manzana.

La siguiente imagen ejemplifica un caso típico de las lotificaciones de una manzana. Además cada lote debe tener un perímetro de fachada, lo cual se cumple en el casco urbano del municipio.

	Calle					
	Nomenclatura Par	Nomenclatura Impar	Nomenclatura Impar	Nomenclatura Impar	Nomenclatura Impar	
Avenida	Nomenclatura Par			Nomenclatura Impar		Avenida
	Nomenclatura Par	Nomenclatura Par	Nomenclatura Par	Nomenclatura Par	Nomenclatura Par	
	Calle					

Figura 46: Metodología de zonificación.
Fuente: Elaboración propia.

7.1. Red geodésica

Se generó una red geodésica que abarca la mejor zona de crecimiento para el casco urbano de Nueva Santa Rosa a largo plazo. Se consideró solamente un punto de los ya existentes en el municipio, debido a que éstos no se crearon bajo ninguna metodología o según el diseño de una red ya planificada que cumpla con los requisitos del RIC.

Los puntos complementarios que se utilizaron para generar la red, sin embargo, aún deben levantarse con equipo GPS y generar fichas técnicas de los mismos. Estos puntos se generaron mediante QGIS y se verificó que su ubicación se encuentre en zonas despejadas y de gran visibilidad.

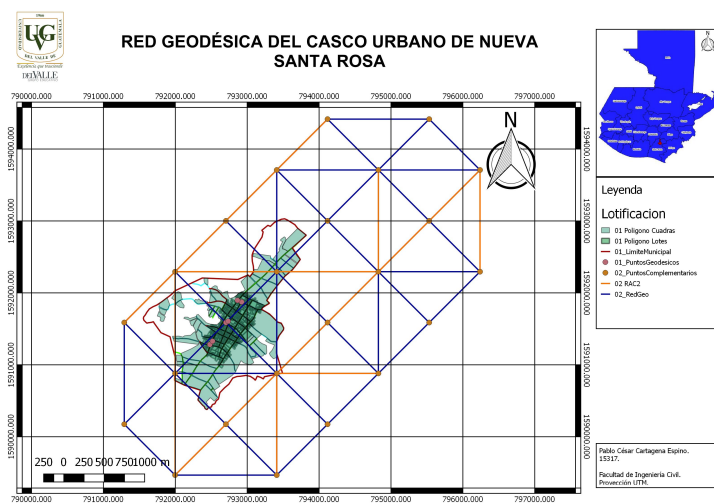


Figura 47: Mapa de red geodésica.
Fuente: Elaboración propia.

En efecto, el diseño de la RAC3 radica en las distancias entre cada punto definido. Dichas distancias, se generó a partir del diseño de la RAC2 utilizando puntos a cada 2 km de distancia.

No obstante, la normativa del RIC rige que para el diseño de la RAC2 se utilicen distancias de mínimo 1 km. Los puntos generados se especifican detalladamente en Anexos, donde se muestran las coordenadas en la proyección UTM WGS84 y en el sistema geográfico mediante latitud y longitud.

La red geodésica se utilizó para poligonizar zonas georreferenciadas y generar un código catastral que identifica a cada uno de los predios ubicados dentro de dicho polígono. Los códigos se muestran en Anexos para cada uno de los predios levantados.

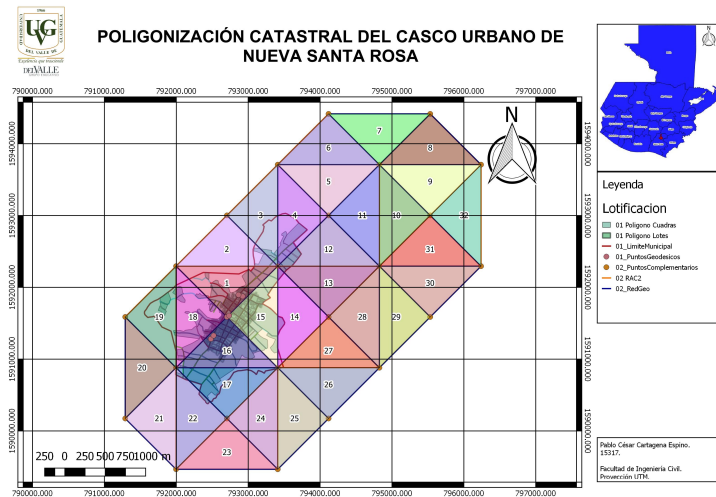


Figura 48: Mapa de poligonización.
Fuente: Elaboración propia.

Inicialmente se utilizó como punto base, uno de los ya monumentados por la municipalidad. Ahora bien, para el diseño de la red se dibujaron los puntos complementarios a una distancia calculada de 1km entre cada uno de ellos.

La estimación de la ubicación de los puntos complementarios se acompañó del modelo de elevaciones generado y de una ortofoto del casco urbano en el 2006 con el fin de diseñar la red cubriendo todas las posibles zonas de desarrollo para evitar inconvenientes con la georreferencia de nuevos proyectos a largo plazo en el crecimiento del municipio; y tomando en cuenta que cada punto se encontrase en una zona no construida y despejada.

En efecto, los puntos generados se utilizaron para dibujar la triangulación de la red en QGIS mediante la herramienta de nodos, la cual permitió ingresar las coordenadas de cada punto geodésico y utilizarlo en la parte inicial y final de cada arista que compone el diseño de la red.

7.2. Manchas urbanas

Nueva Santa Rosa en los últimos años tuvo un incremento en el área del casco urbano, en efecto, cuando se compara con San Miguel Petapa se aprecia un incremento mayor por el motivo de que el caso de este último se ha mantenido de un tamaño similar en los últimos años.

En los resultados se aprecian incongruencias en cuanto al tamaño de la mancha de un año a otro,

esto se debe a que la resolución de las imágenes utilizadas no permite delimitar de forma precisa los píxeles pertenecientes a cada zona. A su vez, envi solo permite clasificar pixel por el color y las bandas del espectro que se mantienen similares entre éstos.

Es importante que en el momento de realizar un estudio del crecimiento del casco urbano se considere un registro ascendente y se utilicen imágenes landsat de mayor resolución a conveniencia del proyecto. Las fuentes de error también radican en la presencia de nubes dentro de las imágenes, las nubes alteran la clasificación y muchas veces el software los clasifica como parte de otro ROI.

Por lo tanto, es necesario añadir una clasificación para las nubes en el momento de utilizar Envi. No obstante, el crecimiento de la mancha urbana para ambos municipios es notorio.

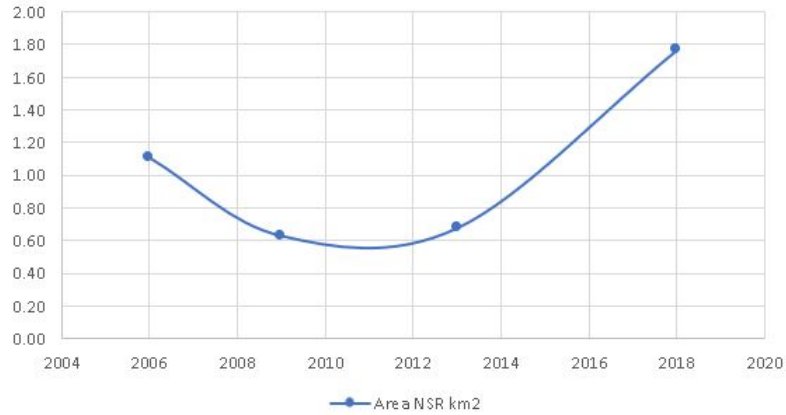


Figura 49: Gráfico del área del casco urbano de Nueva Santa Rosa en km².
Fuente: Elaboración propia.

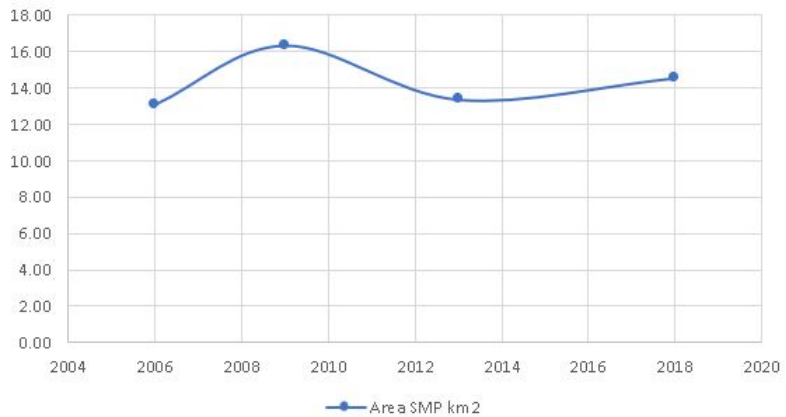


Figura 50: Gráfico del área del casco urbano de San Miguel Petapa en km².
Fuente: Elaboración propia.

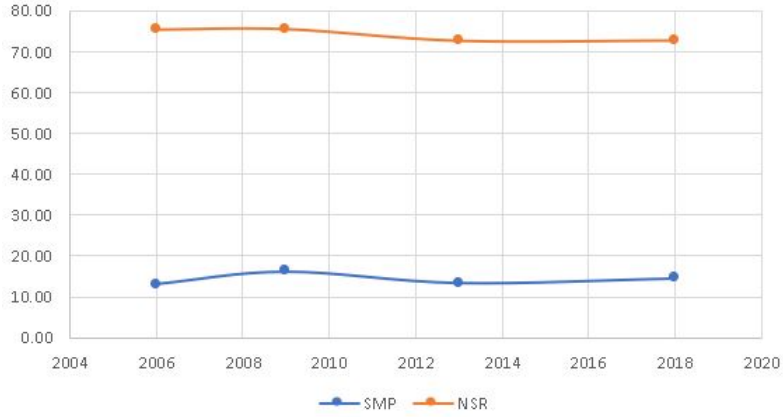


Figura 51: Gráfico del área del casco urbano de San Miguel Petapa en km².
Fuente: Elaboración propia.

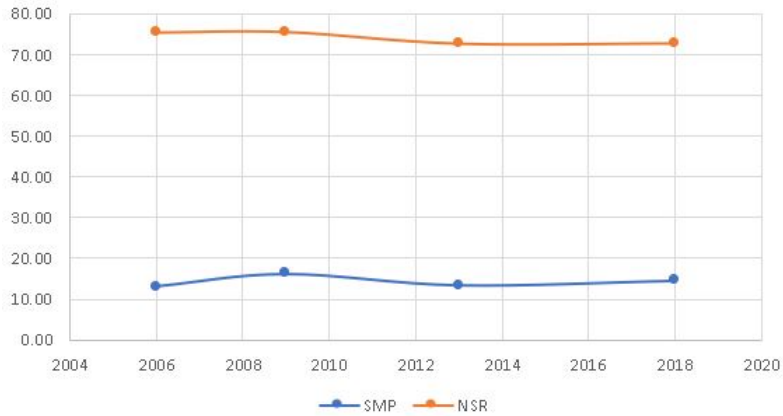


Figura 52: Gráfico de comparación de áreas de cascos urbanos de ambos municipios en km².
Fuente: Elaboración propia.

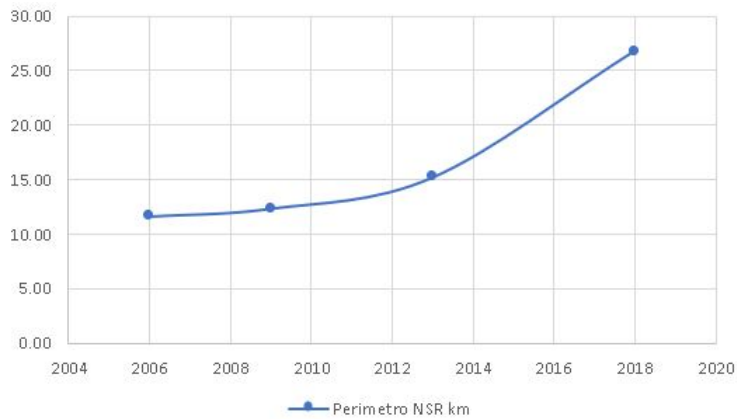


Figura 53: Gráfico del perímetro del casco urbano de Nueva Santa Rosa en Km.
Fuente: Elaboración propia.

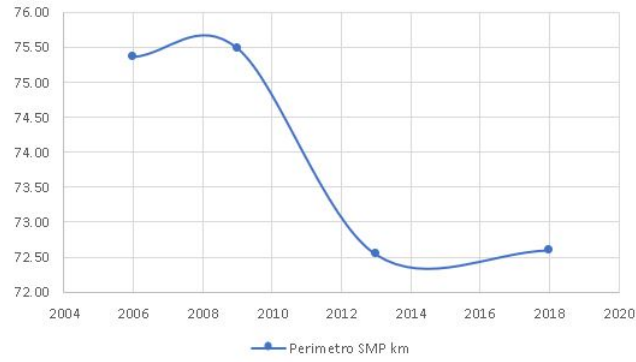


Figura 54: Gráfico del perímetro del casco urbano de San Miguel Petapa en km.
Fuente: Elaboración propia.

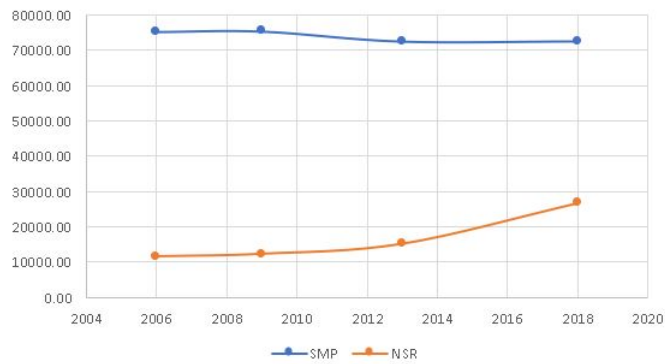


Figura 55: Gráfico de comparación de los perímetros de ambos municipios en Km.
Fuente: Elaboración propia.

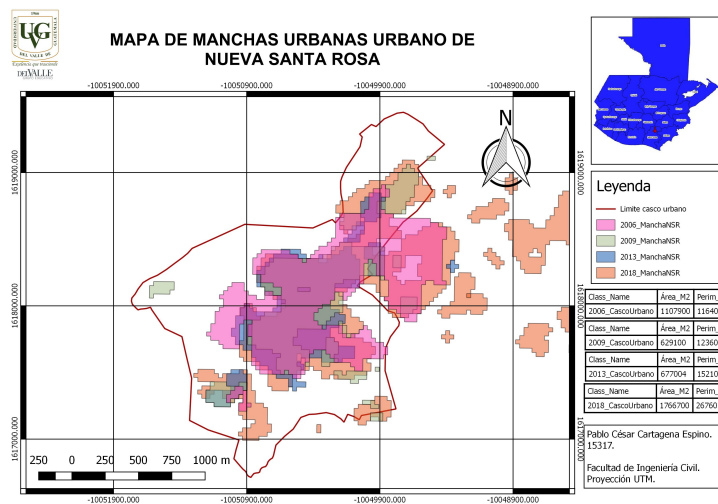


Figura 56: Mapa de manchas urbanas.
Fuente: Elaboración propia.

En los gráficos se aprecia que San Miguel Petapa ha tenido una mayor zona urbana desde hace tiempo; Nueva Santa Rosa, en cambio, presenta un porcentaje de crecimiento mucho mayor. Entre las fuentes de error, se nota que en el primer año de registro, la mancha urbana es mucho mayor que la de los siguientes dos años considerados. Esto se debe a que la imagen satelital utilizada en el 2006 es de una resolución mucho menor y asimismo el área del casco era mucho menor.

En zonas muy pequeñas no se debe utilizar teledetección para generar manchas urbanas, esto debido a que los píxeles abarcan áreas más significativas y la precisión de los resultados cambia significativamente. No obstante, el crecimiento de la cabecera de Nueva Santa Rosa permite generar una tendencia en el aumento del área y perímetro, lo cual influye en los resultados de las manchas 2009, 2013 y 2018.

La metodología exige el uso de Envi debido a sus ventajas sobre otros softwares de teledetección. La siguiente tabla compara el software con el plugin SCP de QGIS, el cual es otra alternativa para generar manchas urbanas pero no óptima para el uso de catastro.

Software	Ventajas	Desventajas	Conclusiones
ENVI	<ul style="list-style-type: none"> - Es un software independiente, diseñado y programado de forma específica para la teledetección. - Es gratuito y los análisis son más estables y concretos en cuanto a la dispersión de los colores clasificados por cada píxel. - Las imágenes utilizadas deben descargarse por aparte, lo que permite tener un registro de la calidad de lo recopilado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Debido a que no inserta imágenes de forma automática, los procesos son menos óptimos en cuanto a tiempo se refiere. 	<p>ENVI genera resultados más precisos que el Plugin de QGIS. Este resulta ser más estable cuando procesa los pixeles, evitando que se produzcan cierres inesperados.</p> <p>2* Por otra parte, para utilizar ENVI se debe realizar una recopilación previa de imágenes satelitales, lo cual permite generar un control de calidad sobre la información.</p>
QGIS Plugin: SCP (Semi-Automatic Classification Plugin)	<ul style="list-style-type: none"> - Permite realizar búsquedas de imágenes satelitales y descargarlas de forma directa. - Agrega de forma automática las imágenes a QGIS. - No ocupa espacio significativo en la memoria interna del dispositivo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se debe crear un usuario en el plugin y asimismo en las páginas donde realiza las búsquedas. - El Plugin busca las imágenes de forma automática, sin distinción en la calidad y resolución de la misma. 	

Cuadro 13: Comparación entre ENVI y QGIS SCP Plugin.
Fuente: Elaboración propia.

7.3. Información del casco urbano

La información levantada se generó mediante la metodología de levantamiento indirecto con la ortofoto generada utilizando el dron. Las fotografías captadas permitieron generar la ubicación precisa de los elementos, de manera que toda la información se georreferenció.

Las asesorías al personal municipal permitió generar información más precisa de las ubicaciones de los elementos, se les impartió una ortofoto comprada en el IGN del 2006 y con ella se levantaron las principales manzanas y calles del casco urbano. Las charlas consistieron en especificar los elementos necesarios a levantar; el procedimiento de QGIS que consiste en dibujar los shapefiles sobre la imagen satelital; y los campos necesarios de los mismos. A pesar de que no todos los campos se generaron,

se añadieron los valores de área y perímetro.

Cada archivo generado por la municipalidad fue revisado con el fin de utilizar la misma proyección UTM en todos los shapefiles y colocarlos en QGIS para luego empezar la etapa de procesamiento.

Por otra parte, las lotificaciones se levantaron mediante AutoCAD y se utilizó la ortofoto actualizada generada del vuelo con el dron. Sin embargo, la georreferenciación de algunas zonas no fue la misma que la de los polígonos de cuadras impartidos por la municipalidad. Por lo tanto, se tuvo que corregir la ubicación de cada punto e incluir banquetas en los resultados. Las siguientes figuras muestran el resultado del montaje de todos los shapefiles generados por medio de QGIS:

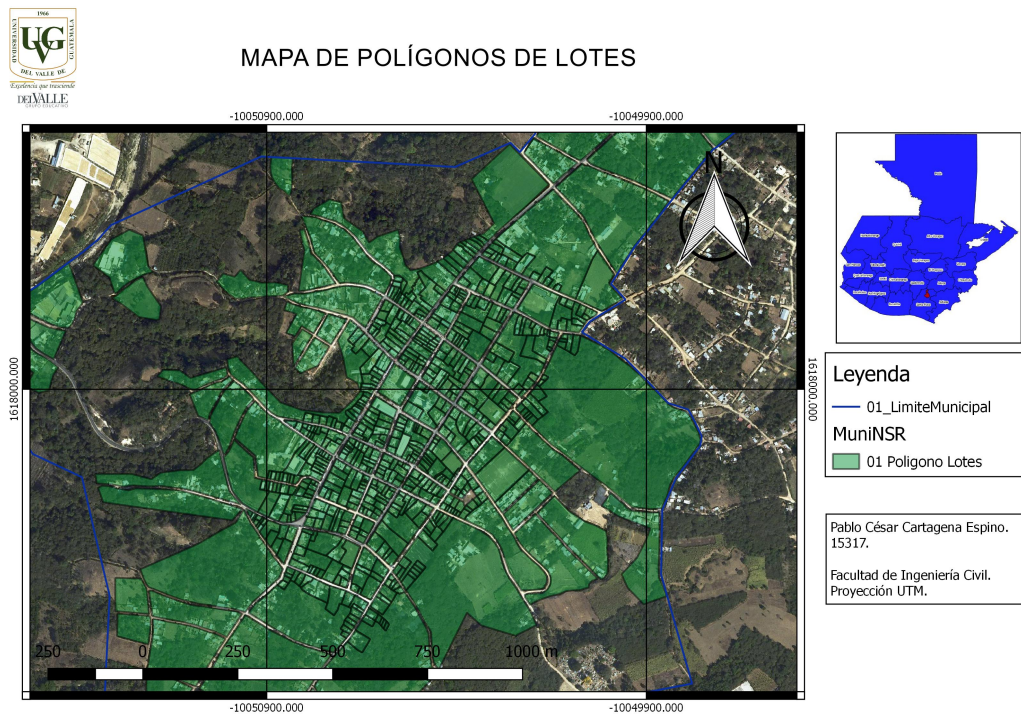


Figura 57: Polígono de lotes.
Fuente: Elaboración propia.

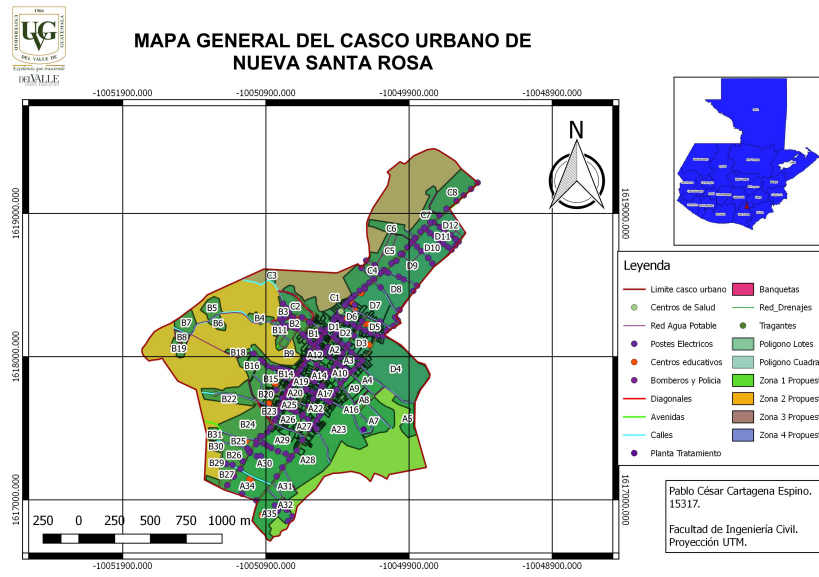


Figura 58: Mapa general del casco urbano.
Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de la información se tuvo que depurar y ordenar por medio de la herramienta de nodos de QGIS. Debido a ello, el proceso se extendió aún mas y se tuvo que generar un registro de los campos establecidos para cada elemento como se habló anteriormente.

7.4. Elevaciones y pendientes

El procedimiento para generar la matriz de elevaciones consiste en convertir el modelo ráster de Hillshades en Shapefile utilizando la herramienta de conversión (raster to shapefile), de QGIS. El archivo generado se le editó el estilo aplicándole una transparencia de 0.75 y se colocó encima del modelo ráster de Hillshades.

En efecto, QGIS generó un shapefile en mallado de todas las zonas anteriormente categorizadas dentro del modelo ráster de Hillshades. No obstante, para separar las zonas del enmallado se seleccionó manualmente uno por uno verificando que coincidieran dentro del mismo color. De esta manera al seleccionar todas las partes del enmallado del shapefile dentro de la misma categoría, se guardó como shapefile por separado y se identificó el rango de los valores que representa el mismo.

De igual forma, el procedimiento para la generación de la matriz de pendientes consiste en generar un shapefile ya enmallado con un modelo ráster, para lo cual se utilizó el archivo ráster de pendientes categorizadas generadas anteriormente. Se selecciona manualmente cada parte dentro de la categoría establecida para valores de pendiente y se guardan como shapefiles separados.

Las matrices generadas poseen una precisión mayor de los valores categorizados para cada zona. Cada shape se generó a partir del modelo de elevaciones digital del IGN y se obtuvieron las áreas para cada uno.

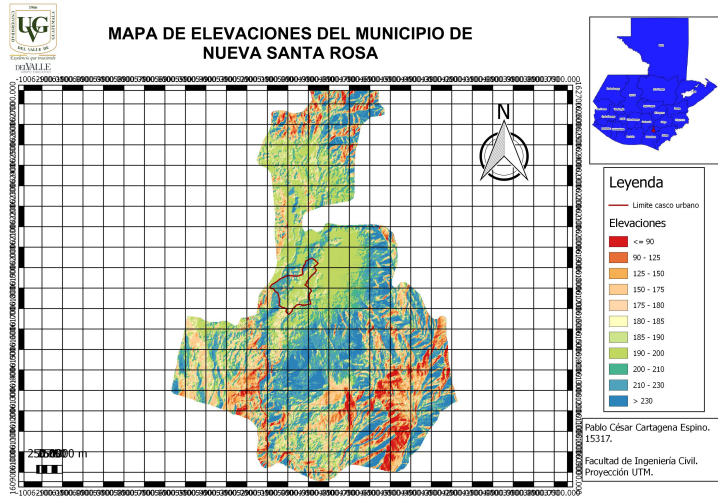


Figura 59: Elevaciones Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

El mapa de elevaciones genera la identificación de las áreas en las que existe el riesgo de inundación y a su vez identifica las zonas para el crecimiento futuro del municipio.

Por otra parte, el mapa de pendientes se utilizó para definir la base de las zonas de desarrollo. Las zonas con pendientes mayores a 0.15 y 0.18 califican como no debidas para la construcción.

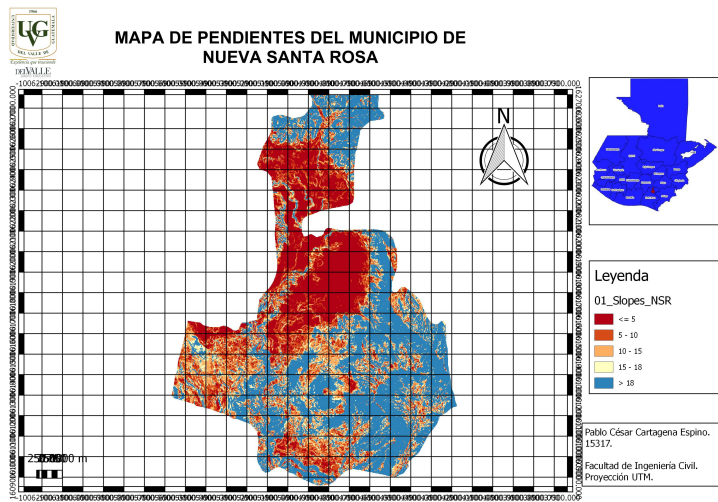


Figura 60: Mapa pendientes.
Fuente: Elaboración propia.

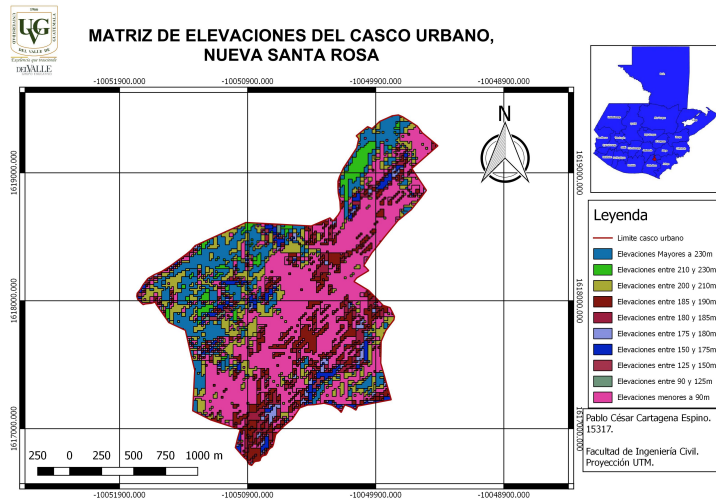


Figura 61: Matriz de elevaciones.
Fuente: Elaboración propia.

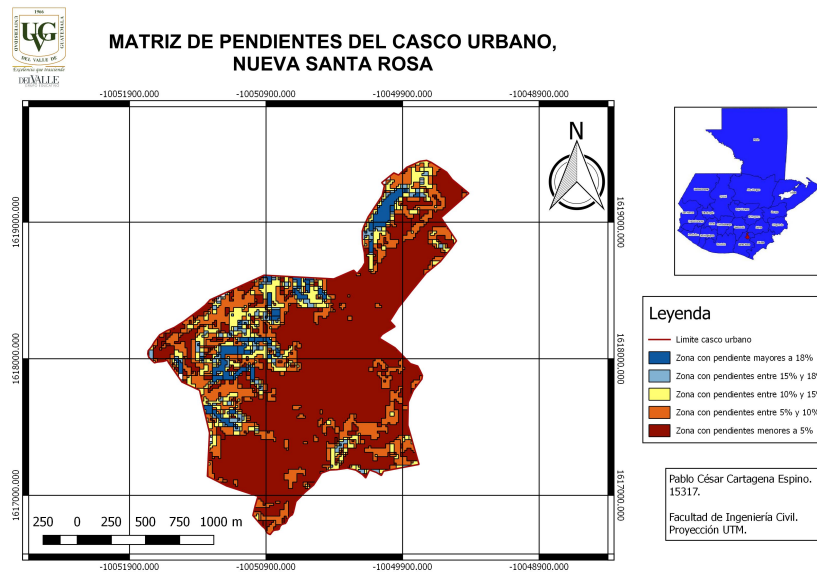


Figura 62: Matriz pendientes.
Fuente: Elaboración propia.

Es necesario señalar que el procedimiento de generar matrices es mucho más eficiente y preciso para utilizarlo en análisis posteriores que el método indicado por Segeplan que consiste únicamente en plantear un criterio para cada categoría e identificar en cuáles zonas se aplica.

El relieve del municipio es muy distinto tanto en la parte norte como en la parte sur. El sur se caracteriza por tener zonas montañosas y de pendientes elevadas. Por su parte, el norte ofrece zonas de expansión con pendientes y elevaciones acordes a las existentes en el casco urbano de la cabecera municipal.

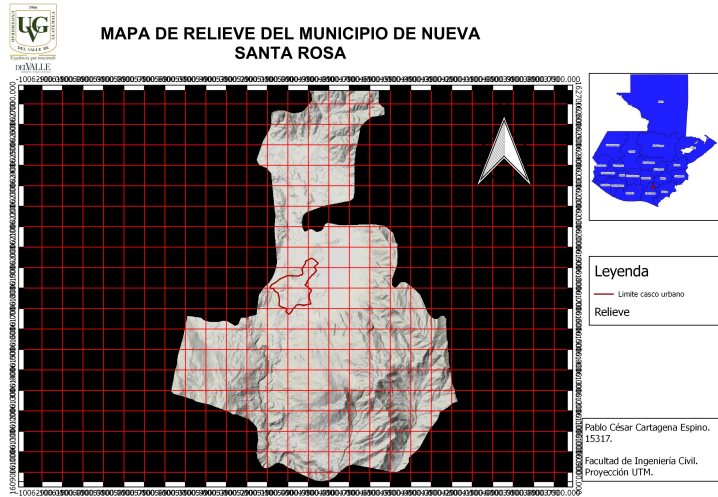


Figura 63: Mapa en relieve.
Fuente: Elaboración propia.

7.5. Zonas de desarrollo

Los parámetros empleados para la generación de zonas de desarrollo son pendientes, elevaciones, cobertura de salud, cobertura de educación, cobertura de agua potable, cobertura de drenajes, áreas verdes, cobertura de seguridad contra incendios y de policía.

Actualmente, se tiene una zona donde se ha realizado construcciones recientemente. Sin embargo, la zona mostrada únicamente cumple con los parámetros de pendientes menores a 0.18 y de elevaciones similares a las del casco urbano.

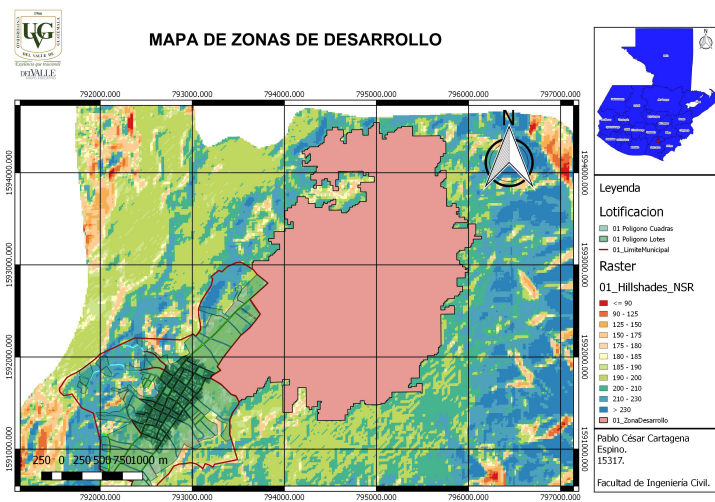


Figura 64: Zona de desarrollo.
Fuente: Elaboración propia.

Existe una zona delimitada para desarrollo urbano, la cual únicamente posee cobertura de servicio de agua potable y cumple con las especificaciones de pendientes máximas para construir.

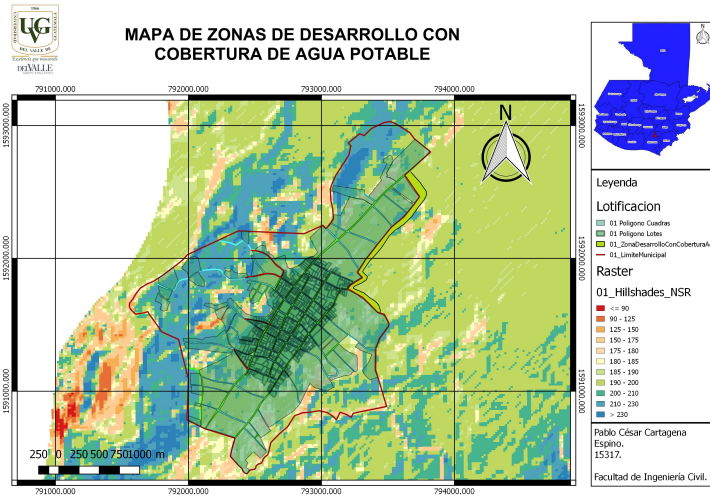


Figura 65: Zona de desarrollo con cobertura de agua potable.
Fuente: Elaboración propia.

Dentro del casco urbano existen zonas con riesgo a deslizamiento e inundación, las mismas no cumplen con los criterios de pendiente máxima ni poseen elevaciones similares al resto del casco urbano. Las zonas de deslizamiento se generó donde la pendiente es mayor a 0.18. Las zonas de inundación es donde la elevación es significativamente menor que la del resto de zonas.

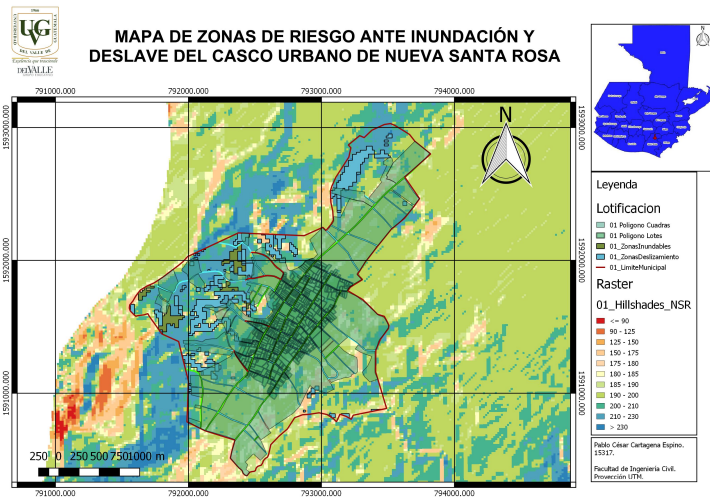


Figura 66: Zona de riesgo del casco urbano.
Fuente: Elaboración propia.

El siguiente mapa muestra que la gran mayoría de manzanas cuentan con cobertura de agua. Se generó a partir de un búffer que asimila los elementos cercanos a una distancia de 10m desde el eje central de la tubería hacia los lados.

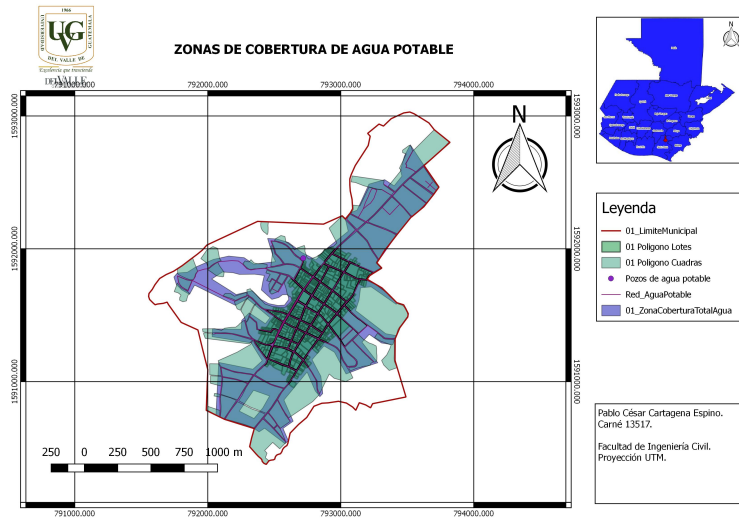


Figura 67: Zona de cobertura de agua potable.
Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, los drenajes no muestran una cobertura significativa del casco urbano. Se tienen únicamente sobre la 0 avenida donde se delimitan la zona 1 y zona 2; y la cobertura se expande hacia el noroeste de la zona, precisamente donde se ubican la mayoría de las zonas con riesgo a inundación.

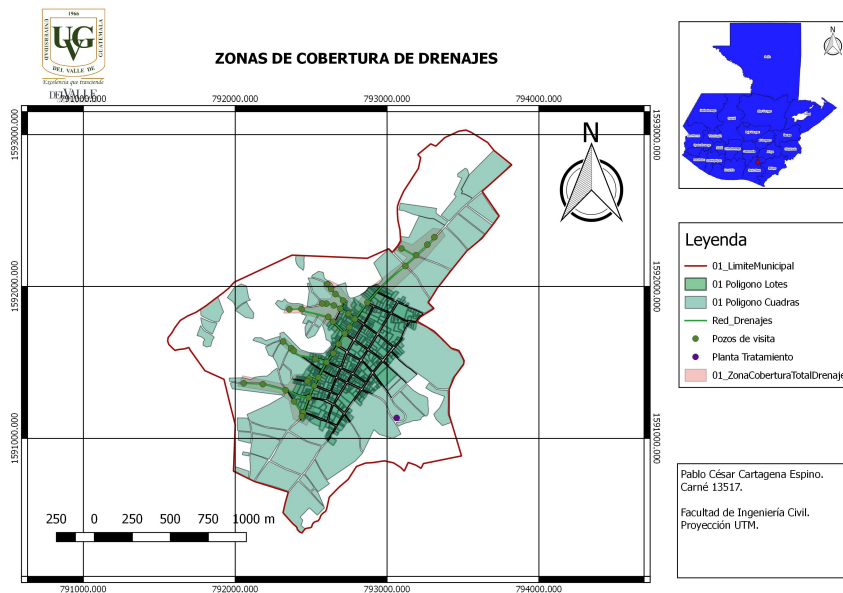


Figura 68: Zona de riesgo de cobertura de drenajes.
Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, es necesario ampliar la cobertura de este servicio para evitar inundaciones en las calles y también generar una mayor recolección de desechos para ser tratados en la planta.

En el siguiente mapa se muestra la cobertura de todos los parámetros indicados para definir zonas

de desarrollo. Se generó una zona óptima donde se cumple con los criterios de pendiente máxima y se tiene una cobertura total de cada servicio impartido en el casco urbano. La zona óptima no es un área significativa, por lo que es necesario ampliar la cobertura de la red de drenajes; crear una nueva comisaría de policía o una estación auxiliar de bomberos en la parte sur y otra en el norte con el fin de cumplir con los parámetros para definir zonas de desarrollo.

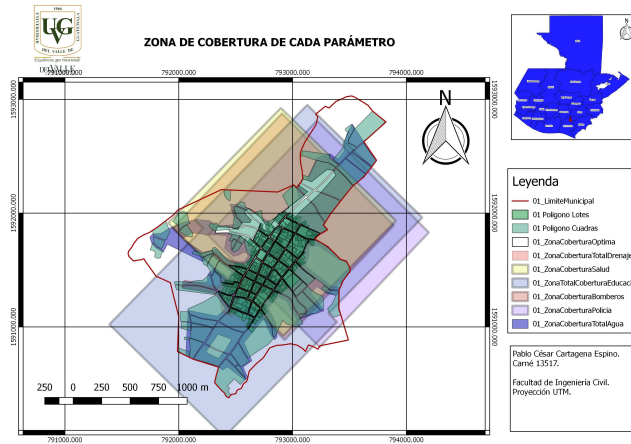


Figura 69: Zona de cobertura de cada parámetro.
Fuente: Elaboración propia.

La cobertura de servicios de salud, educación, bomberos y policía se generó en un área cuadrada de 1 km². El área se establece como el mínimo de cobertura que debe tener cada parámetro.

Las zonas verdes son infraestructuras diseñadas específicamente para la recreación y actividades físicas. Son zonas de importancia para la siembra de árboles y plantas que imparten oxígeno a las zonas aledañas. Se generó un área alrededor del polígono del parque, la cual es la única área verde en el municipio. El área generada con un valor de 900 m² indica que es necesario establecer nuevas áreas verdes tanto en la parte norte como en la parte sur de la cabecera.

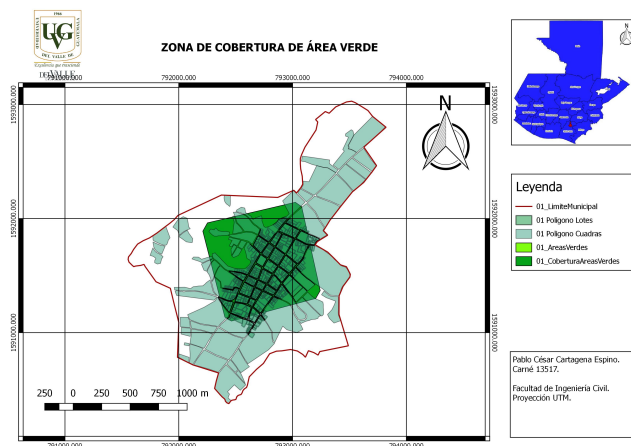


Figura 70: Zona de riesgo del casco urbano.
Fuente: Elaboración propia.

Las zonas de cobertura se emplearon para generar porcentajes del área de cobertura que poseen

respecto al área de todo el casco urbano. La columna que indica presencia en zonas de desarrollo muestra el porcentaje de cobertura del parámetro sobre la zona definida para desarrollo según las pendientes y elevaciones.

Parámetro	Área equivalente (m ²)	% Área respecto al casco urbano	% Área presente en zonas de desarrollo
Zonas de riesgo ante deslizamiento	201922.86	7.51 %	0.00 %
Zonas de riesgo ante inundación	43815.28	1.63 %	0.00 %
Zona de cobertura de agua potable	1415474.06	52.66 %	2.09 %
Zona de cobertura de drenajes	291798.23	10.86 %	0.00 %
Zona de cobertura bomberos	1374490.92	51.14 %	9.52 %
Zona de cobertura Policía	1375410.35	51.17 %	9.55 %
Zona de cobertura Centros de salud	1369769.14	50.96 %	9.08 %
Zona de cobertura Centros educativos	2247473.74	83.62 %	18.19 %
Zona de cobertura Áreas Verdes	773076.06	28.76 %	0 %
Zona de cobertura óptima (Todos los servicios públicos disponibles + zona segura para urbanización)	188511.78	7.01 %	0 %

Cuadro 14: Cobertura de zonas.

Fuente: Elaboración propia.

La primera columna representa el parámetro calculado; la segunda columna representa el valor del área total donde se aplica el parámetro; la tercera columna representa el porcentaje del área del parámetro dentro del casco urbano, donde éste se tomó como el 100 por ciento; y la última columna representa el porcentaje del área presente del parámetro, dentro de las zonas de desarrollo definidas tomadas como el 100 por ciento. La tabla no incluye los valores restantes de cada parámetro respecto al 100 por ciento, por lo no se deben sumar los porcentajes de cada fila debido a que representan dos áreas de distinto valor.

El 0.00 % del área de las zonas de riesgo dentro de la zona de desarrollo, indica que para la propuesta de zona de crecimiento de Nueva Santa Rosa no existen áreas donde no se permite construir bajo los parámetros de riesgo ante inundación y deslizamiento. Debido a ello, la zona propuesta para

desarrollo se puede aprovechar totalmente para construir.

La tabla anterior muestra las carencias de gran parte de los servicios públicos de la zona. Si Nueva Santa Rosa busca expandirse hacia nuevas zonas, es importante que amplíen la cobertura de servicios. Asimismo implementar un reglamento que indique a las compañías inmobiliarias que en sus futuros proyectos involucren la ampliación de la red de servicios públicos a nivel municipal y asimismo los diseños que generen sean para mejorar la capacidad de parámetros como agua potable y drenajes. Su fin es evitar un colapso de las redes de agua potable y drenajes, además de incluir nuevas escuelas o centros de salud en zonas donde es requerida la cobertura.

La situación de Nueva Santa Rosa radica en que no se tiene una cobertura completa de los servicios públicos del casco urbano. La ciudad seguirá creciendo y consecuentemente la población, en efecto, se debe tener un control del crecimiento por medio de las zonas generadas y asimismo diseñar nueva infraestructura que satisfaga las demandas futuras.

7.6. Evaluación de las bases con las de datos de información espacial de la Municipalidad de Nueva Santa Rosa

El uso de la información espacial recopilada de la municipalidad de Nueva Santa Rosa conllevó la depuración de algunos campos innecesarios que se registró dentro de los archivos shape. La mayoría de archivos implicó la actualización de la proyección utilizada en el proyecto.

Nombre	Tipo de archivo	Especificación	Metadatos
Red de agua potable	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: C	Shapefile de línea que representa la red compuesta por tuberías de diámetros específicos y cuya función es distribuir agua potable a todo el casco urbano.	- Creado por: Municipalidad de Nueva Santa Rosa. - Fecha de creación: 24/04/2019.
Red de drenajes	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: C	Shapefile de línea que representa la red formada por tuberías de diámetros específicos cuya función es recolectar los desechos de todos los inmuebles del casco urbano y llevarlos a la planta de tratamiento.	- Creado por: Municipalidad de Nueva Santa Rosa. - Fecha de creación: 22/08/2019.
Calles	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: A	Shapefile de línea que representa las calles del casco urbano. Según la metodología de nomenclatura, representa específicamente las rutas con dirección de oeste a este.	- Creado por: Municipalidad de Nueva Santa Rosa. - Fecha de creación: 06/04/2019.

Cuadro 15: 01 Evaluación de archivos recopilados.
Fuente: Elaboración propia.

Nombre	Tipo de archivo	Especificación	Metadatos
Avenidas	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: A	Shapefile de línea que representa las avenidas del casco urbano. Según la metodología de nomenclatura, representa específicamente las rutas de dirección norte a sur.	- Creado por: Municipalidad de Nueva Santa Rosa. - Fecha de creación: 24/04/2019.
Centros de Salud	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: A	Shapefile de punto cuyo fin es representar los centros de salud presentes en el casco urbano.	- Creado por: Municipalidad de Nueva Santa Rosa. - Fecha de creación: 01/05/2019.
Centros Educativos	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: A	Shapefile de punto cuyo fin es representar los centros educativos presentes en el casco urbano.	- Creado por: Municipalidad de Nueva Santa Rosa. - Fecha de creación: 02/09/2019.
Pozos de agua	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: C	Shapefile de punto que representa al único pozo para extracción de agua, en el casco urbano.	- Creado por: Municipalidad de Nueva Santa Rosa. - Fecha de creación: 24/09/2019.
Pozos de visita	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: C	Shapefile de punto cuyo fin es representar los pozos de visita que conforman la red de drenajes del casco urbano.	- Creado por: Municipalidad de Nueva Santa Rosa. - Fecha de creación: 02/09/2019.
Planta de tratamiento	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: C	Shapefile de punto que representa la planta de tratamiento primario de aguas residuales, ubicada en el casco urbano.	- Creado por: Municipalidad de Nueva Santa Rosa. - Fecha de creación: 02/09/2019.

Cuadro 16: 02 Evaluación de archivos recopilados.
Fuente: Elaboración propia.

Nombre	Tipo de archivo	Especificación	Metadatos
Bomberos y policía	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: C	Shapefile de punto que representa la estación de bomberos y la comisaría del casco urbano.	- Creado por: Municipalidad de Nueva Santa Rosa. - Fecha de creación: 02/09/2019.
Postes	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: A	Shapefile de punto que representa los postes del casco urbano que conforman la red eléctrica.	- Creado por: Municipalidad de Nueva Santa Rosa. - Fecha de creación: 02/09/2019.
Manzanas/ cuadras	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: C	Shapefile de polígono que representa las formas definidas de cada manzana dentro del casco urbano.	- Creado por: Municipalidad de Nueva Santa Rosa. - Fecha de creación: 02/09/2019.
Lotificaciones	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: A	Shapefile de polígono que define los predios presentes en cada manzana.	- Creado por: Pablo César Cartagena Espino. - Fecha de creación: 21/09/2019.
Banquetas	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: A	Shapefile de polígono que delimita la forma de las banquetas presentes en cada polígono de una manzana.	- Creado por: Pablo César Cartagena Espino. - Fecha de creación: 21/09/2019.
Zonas	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: A	Shapefile de polígono que delimita las zonas presentes dentro del casco urbano.	- Creado por: Pablo César Cartagena Espino. - Fecha de creación: 27/09/2019.
Puntos geodésicos	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: A	Shapefile de punto que representa la coordenada exacta.	- Creado por: Municipalidad de Nueva Santa Rosa. - Fecha de creación: 24/05/2019.
Punto complementario	Shapefile proyectado en UTM WGS84 Calificación: A	Shapefile de punto que representa los puntos de apoyo generados para el diseño de la red geodésica.	- Creado por: Pablo César Cartagena Espino. - Fecha de creación: 20/09/2019.

Cuadro 17: 03 Evaluación de archivos recopilados.
Fuente: Elaboración propia.

Nombre	Tipo de archivo	Especificación	Metadatos
Landsat 2006	Ráster generada en el año 2006 y proyectada en UTM WGS84 Calificación: A	Imagen satelital generada en el año 2006 con Landsat 7 sobre toda la zona suroriente del país.	- Adquirido por: USGS Glovis. - Fecha de adquisición: 13/01/2019.
Landsat 2009	Ráster generada en el año 2009 y proyectada en UTM WGS84. Calificación: A	Imagen satelital generada en el año 2009 con Landsat 5 sobre toda la zona suroriente del país.	- Adquirido por: USGS Glovis. - Fecha de adquisición: 28/04/2009.
Landsat 2013	Ráster generada en el año 2013 y proyectada en UTM WGS84. Calificación: A	Imagen satelital generada en el año 2013 con Landsat 8 sobre toda la zona suroriente del país.	- Adquirido por: USGS Glovis. - Fecha de adquisición: 18/11/2013.
Landsat 2018	Ráster generada en el año 2018 y proyectada en UTM WGS84. Calificación: A	Imagen satelital generada en el año 2018 con Landsat 8 sobre toda la zona suroriente del país.	- Adquirido por: USGS Glovis. - Fecha de adquisición: 30/07/2019.
MDE 2009 IGN	Ráster generado en el año 2006 por el IGN. Calificación: A	Modelo de elevaciones digitales de toda la República de Guatemala, generado en el 2006 por el IGN.	- Creado por: Instituto Geográfico Nacional. - Fecha de adquisición: 02/09/2019.

Cuadro 18: 04 Evaluación de archivos recopilados.
Fuente: Elaboración propia.

Las tablas anteriores resumen los detalles establecidos en cada archivo para utilizarse en el procesamiento. La calificación añadida es según el Cuadro 11 en el capítulo de Diagnóstico de la Información.

Los archivos donde se indicó que la municipalidad los creó son el resultado de las asesorías impartidas al personal, previo a levantar información. Otros archivos se generaron propiamente para implementar las metodologías de zonificación y nomenclatura de lotificación.

7.6.1. Nomenclatura y código catastral

En anexos se muestra una tabla con todos los lotes levantados. Se especifica el área, perímetro, dirección generada y código catastral generado según el RIC.

El levantamiento de los lotes se delimitó únicamente por la zona donde se realizó el vuelo con el dron, cuyo fin es obtener una lotificación actualizada y con una identificación de los predios con el código catastral.

7.6.2. Ortofoto

Se generó una ficha técnica para cada vuelo planificado y otra que se utilizó durante la realización de los mismos.

Cada ficha técnica especifica los detalles considerados en la etapa de planificación y asimismo la configuración del empleada en el dispositivo. Las fichas técnicas se muestran en Anexos.

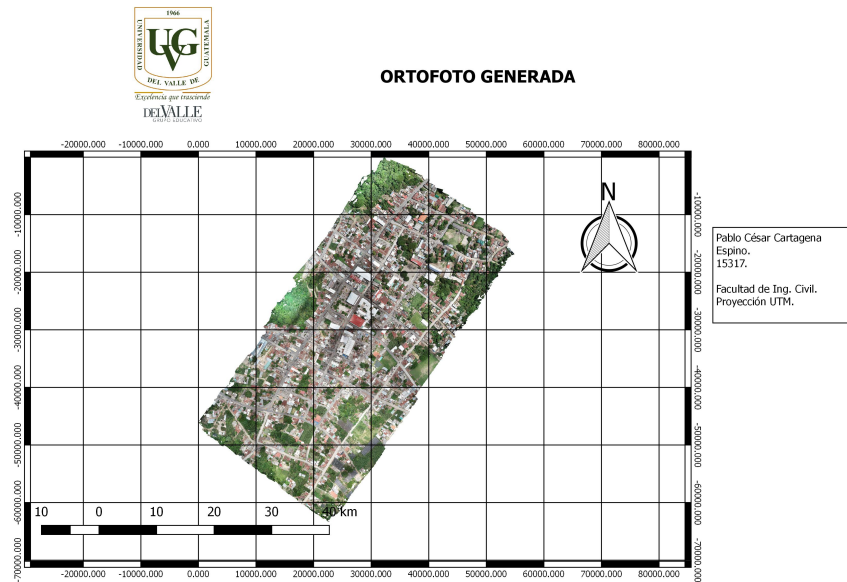


Figura 71: Mapa de ortofoto generada.

Fuente: Elaboración propia.

- La metodología de levantamiento catastral consiste en el reconocimiento de la zona, recopilación de información de fuentes confiables, levantamiento indirecto de información, levantamiento directo de la información no recopilada y procesamiento de los resultados.
- La metodología de levantamiento catastral se definió en tres procesos fundamentales, los cuales son directo, indirecto y procesamiento.
- La metodología de recopilación de información se define en utilizar primero como fuentes a las instituciones dedicadas a realizar registros y estudios de las zonas del país; después se utilizan las fuentes en línea; y por último se levanta la información necesaria faltante en el proyecto según el elemento de análisis tales como redes de agua potable, manzanas, redes de drenaje.
- En la metodología la fase más importante para generar material base es el levantamiento indirecto, con este material se revisa la información existente que previamente se ha levantado en la zona a intervenir. Posterior a ello, se complementa utilizando el levantamiento directo del lugar y habiendo la información que tiene la municipalidad.
- Esto responde al segundo objetivo específico, en el municipio donde se implementó la metodología, se encontró un déficit en la información existente debido a la falta de equipo de altas prestaciones; la falta de una metodología que permita el desarrollo de los levantamientos y la ausencia de personal capacitado en el ámbito.
- La metodología que se desarrolló para generar la red geodésica consiste en la planificación previa que aborda la búsqueda de ubicaciones favorables en el diseño y revisión de las distancias entre los puntos propuestos; levantamiento de puntos; diseño del mallado de la red y poligonación catastral.
- La etapa más importante de la metodología de levantamiento de la red geodésica es la planificación debido a que en esta fase se utilizan la normativa del RIC para verificar el cumplimiento del diseño además de establecer el área de cobertura de la zona a levantar.
- La metodología de levantamiento de ortofotos con dron consiste en establecer puntos de control por medio de la red geodésica ya generada y levantada; trazado del mallado a realizar con el vuelo de dron; y procesamiento.
- El procesamiento es la etapa más importante de la metodología para el levantamiento de ortofotos mediante dron. Debido a que se requiere de equipo de altas prestaciones, software y el personal capacitado.

- La metodología de georreferencia y digitalización de información consiste en depurar lo recopilado por medio de los software Envi y QGIS; establecer una proyección general para todos los archivos (UTM WGS84); y procesar mediante un software GIS los resultados de los levantamientos para generar mapas temáticos e información gráfica para futuros procesos de planificación.
- Debido a la falta de información existente acerca del municipio en el que se trabajó, se establecieron los parámetros de cobertura de los servicios públicos, las zonas de riesgo ante deslizamientos e inundaciones; como los de mayor influencia por el motivo de haber encontrado información de cada uno de ellos.
- El impacto de los parámetros de influencia sobre el desarrollo del casco urbano radica en que la cabecera de Nueva Santa Rosa no puede seguir creciendo en área y población, sin antes mejorar la infraestructura de servicios públicos y establecer un reglamento que regule la ubicación de las construcciones.
- El método de generación de la mancha urbana por medio del software Envi es óptimo en zonas con áreas mayores a 1.5 km². Si el área es menor, la lectura de los píxeles es menos efectiva debido a la resolución de la imagen satelital. Asimismo, no se recomienda el software en zonas con área menor a la mencionada en imágenes satelitales no generadas con Landsat 7 u 8, y generadas en un año anterior al 2006.
- La municipalidad no debe permitir el desarrollo de nuevos proyectos en las zonas de riesgo delimitadas. Las cuales se ubican en la parte noroeste del casco urbano y representan el 7.51 % del área total del casco urbano.
- El noreste del casco urbano de Nueva Santa Rosa es una zona potencial para crecimiento debido a que se encuentra dentro de los rangos de pendiente permitidos y a su vez tiene elevaciones similares. Sin embargo, se debe mejorar la infraestructura de las redes de agua potable, drenajes y asimismo ampliar la cobertura de servicios. El 7.51 % del área total del casco urbano se encuentra bajo riesgo ante inundación o deslave, por lo que todos los predios del casco urbano se encuentran en zonas adecuadas para construir. Sin embargo, se tienen porcentajes de 9.50 % del área de cobertura de servicios de salud, educación y seguridad, para la zona de desarrollo.
- No existen zonas de desarrollo óptimas aledañas al casco urbano de Nueva Santa Rosa. Debido a que no se tiene una cobertura total de todos los servicios en el casco urbano de Nueva Santa Rosa, con porcentajes de área de cobertura de 2.09 % en agua y 0.00 % en drenajes.

Recomendaciones

1. Cuando se crean los puntos geodésicos, es necesario diseñar la red geodésica al mismo tiempo. De esta manera se evitará la necesidad de crear nuevos puntos complementarios para la misma.
2. Se recomienda generar una manzana típica bajo una cuadrícula definida para el desarrollo de nuevas zonas.
3. Se recomienda delimitar el control del crecimiento del casco urbano anualmente y considerar las zonas propuestas para generar el porcentaje del mismo.
4. Es necesario incluir los contadores de agua potable en un nuevo shapefile y unirlo a un GIS con la demás información. Esto no se consideró debido a que no se han implementado estos elementos en el municipio.
5. No se recomienda utilizar Envi para generar manchas urbanas en zonas con poca área construida.
6. Es necesario actualizar las bases de datos generadas cada 6 meses.
7. Se recomienda levantar una ortofoto cada año para el control del crecimiento urbano.
8. Se recomienda siempre generar la red geodésica previo a cualquier levantamiento catastral, por motivo de generar un control óptimo de cada zona poligonada.
9. Se recomienda montar la información en un sistema gestor de bases de datos espaciales en línea, con el fin de mantener la información de una forma más accesible al público.
10. Se recomienda realizar un levantamiento topográfico de los predios o lotificaciones en una cuarta fase, con el fin de generar información específica para los registros de cada uno.
11. Se recomienda revisar sin la municipalidad tiene una red de apoyo catastral ya diseñada y levantada previo a levantar imágenes aéreas con el dron, con el fin de rectificar las ortofotos generadas.

-
- [1] *Catastro Nacional (Ley de Registro de Información Catastral, Guatemala, agosto 2006)*. En *Ley de Registro de Información Catastral, Guatemala, agosto 2006*, Decreto 41-2005, Guatemala, Guatemala, 2006. Organismo Judicial.
- [2] Aguilera, M.: *Desarrollo de una metodología de evaluación de las redes de apoyo catastral*. Universidad de Córdoba, 1ª edición, 2001.
- [3] Berné, J.: *GPS: Fundamentos y aplicaciones en Geomática*. Editorial Universitat Politècnica de Valencia, 1ª edición, 2014.
- [4] Bustillos, J.: *Modelado en 3D mediante fotogrametría de puente en sangonera la verde*. Universidad de Cartagena, 1ª edición, 2014.
- [5] Chuvieco, E.: *Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio*. Editorial Ariel, 1ª edición, 2009.
- [6] Cruz, P.: *Serie de procesos técnicos de catastro. Manual de Levantamiento Catastral*. Programa Fortalecimiento del Régimen Municipal y el Desarrollo Local en Honduras, 1(1):45, 2009.
- [7] Divas, J.: *Desarrollo de una metodología de evaluación de las redes de apoyo catastral*. Universidad de San Carlos, 1ª edición, 2012.
- [8] Fernández, I.: *El Datum*. Universidad de Valladolid, 1ª edición, 2001.
- [9] Guzmán, A. et al.: *Desarrollo de habilidades en el uso de tecnologías de la información y la comunicación*. Universidad Autónoma de Puebla, 1ª edición, 2013.
- [10] Información Catastral, Registro de: *Manual de Normas Técnicas y Procedimientos Catastrales del RIC*. Centro de documentación, 1ª edición, 2008.
- [11] Labrador, M.: *Satélites de teledetección para la gestión del territorio*. Conserjería de Agricultura, Gobierno de Canarias., 1ª edición, 2012.
- [12] Olaya, V.: *Sistemas de Información Geográfica*. Creative Common Attribution, 1ª edición, 2011.
- [13] P. Wolf, et al.: *Topografía*. Editorial Alfaomega, 9ª edición, 2015.
- [14] Pachas, R.: *El levantamiento topográfico: Uso del GPS y estación total*. Academia de Trujillo, 1ª edición, 2009.
- [15] Posadas, L. et al.: *Análisis comparativo entre un levantamiento catastral en área rural por el método directo e indirecto*. Escuela de Postgrado Guatemala, 1ª edición, 2010.

- [16] Smith, J.: *Introduction to Geodesy, The History and Concepts of Modern Geodesy*. John Wiley and Sons., 1^a edición, 2015.
- [17] Solutions, Itt Visual Information: *ENVI: Introduction to ENVI*. Itt Visual Information Solutions, 1^a edición, 2010.
- [18] Terra, DJI: *Manual Phantom 4*. Manual de usuario, 1^a edición, 2017.

Anexo A: Manchas Urbanas

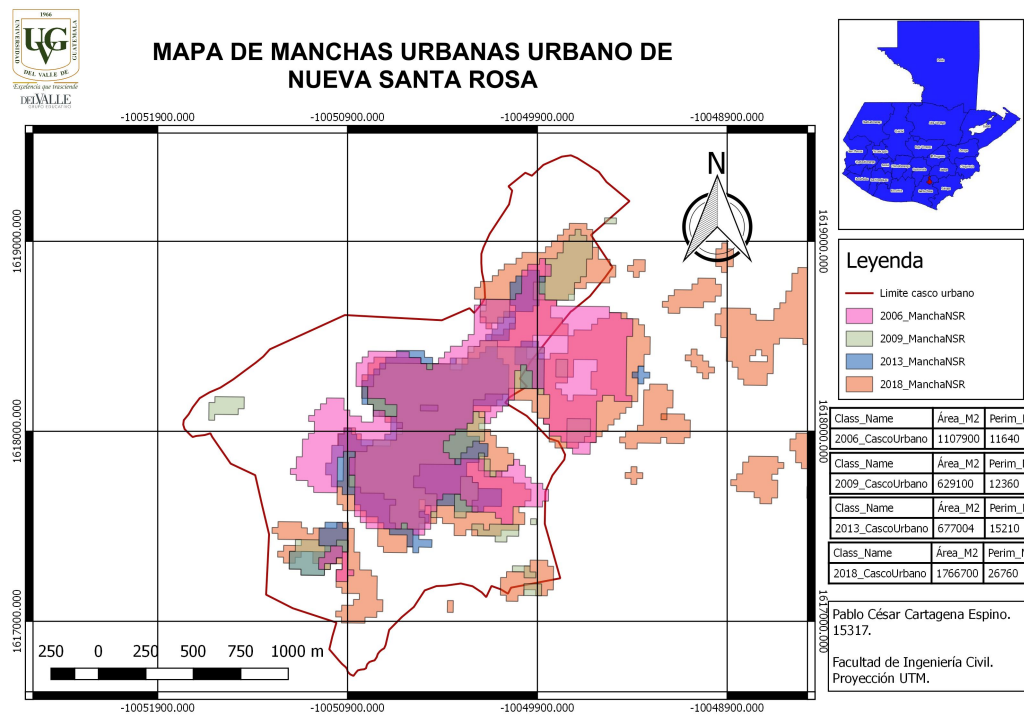


Figura 72: Mapa de manchas urbanas de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

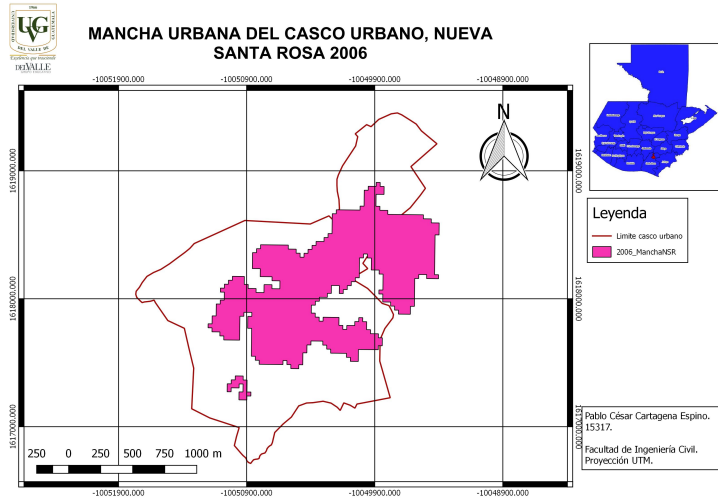


Figura 73: Mancha urbana del 2006 de Nueva Santa Rosa.
 Fuente: Elaboración propia.

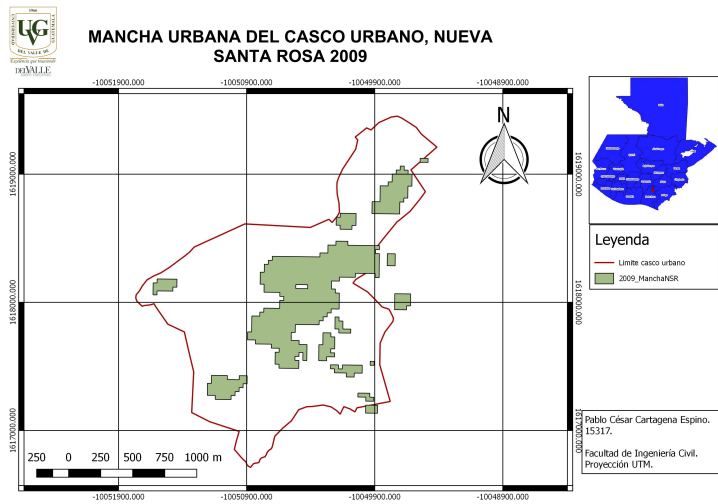


Figura 74: Mancha urbana del 2009 de Nueva Santa Rosa.
 Fuente: Elaboración propia.

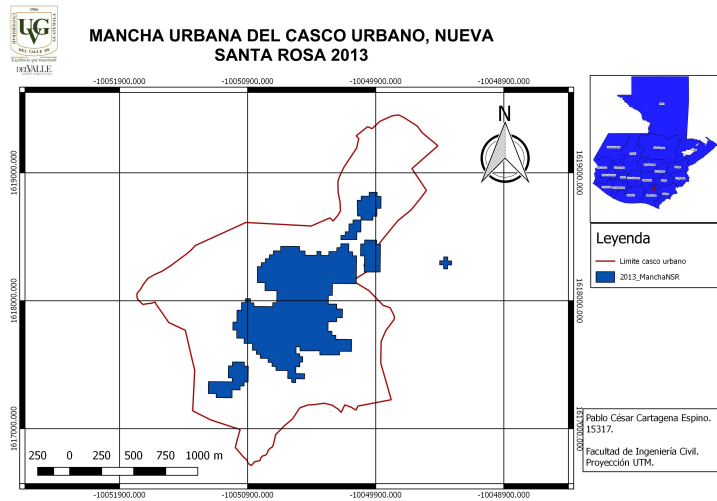


Figura 75: Mancha urbana del 2013 de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

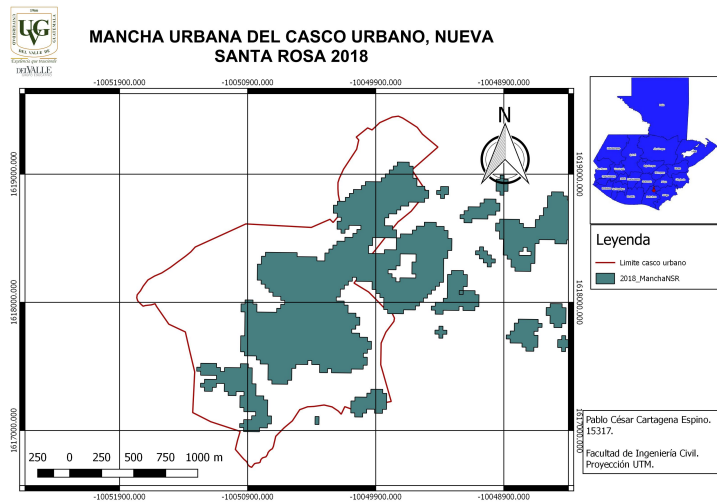


Figura 76: Mancha urbana del 2018 de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

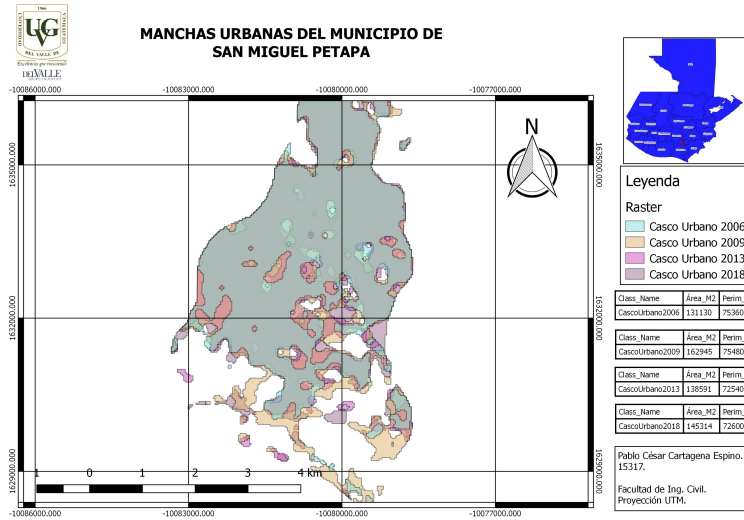


Figura 77: Mancha urbanas de San Miguel Petapa.
Fuente: Elaboración propia.

Anexo B: Mapas generales de Nueva Santa Rosa

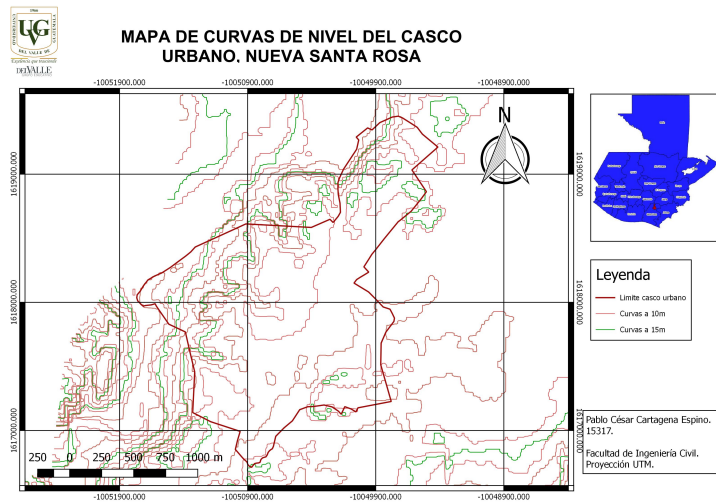


Figura 78: Mapa de curvas de nivel del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

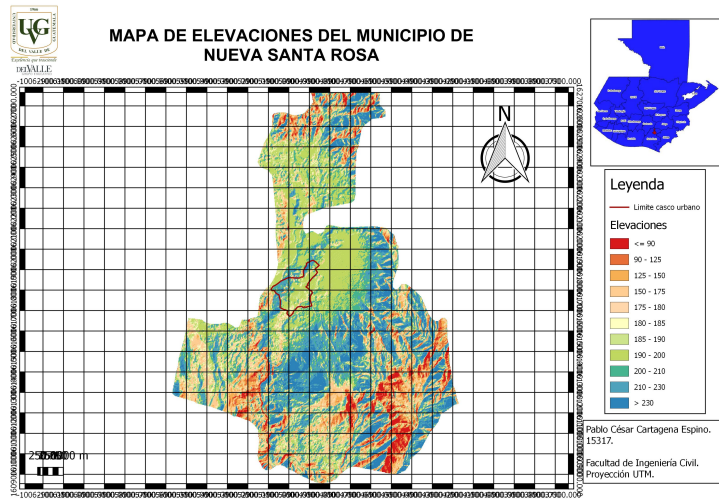


Figura 79: Mapa de elevaciones del municipio de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

ID	Elevación	Área (m ²)	Área (km ²)	% Área (del casco urbano)
1	< 90m	331088.25	0.3311	27.50%
2	90m-125m	4733.05	0.0047	0.39%
3	125m-150m	14430.60	0.0144	1.20%
4	150m-175m	89892.53	0.0899	7.47%
5	175m-180m	71132.78	0.0711	5.91%
6	180m-185m	103227.29	0.1032	8.57%
7	185m-190m	318483.83	0.3185	26.45%
8	190m-200m	0.00	0.00	0.00%
9	200m-210m	74663.31	0.0747	6.20%
10	210m-230m	87448.84	0.0874	7.26%
11	>230m	108803.80	0.1088	9.04%
		1203904.28	1.20	100.00%

Figura 80: Porcentajes de elevaciones del casco urbano de Nueva Santa Rosa
Fuente: Elaboración propia.

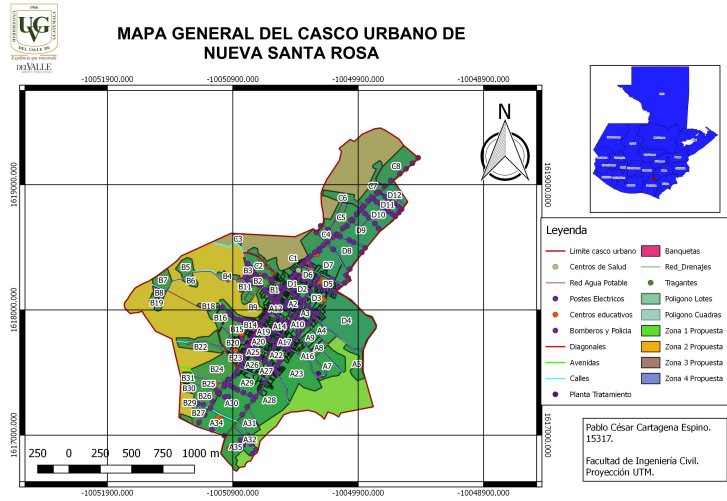


Figura 81: Mapa general del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

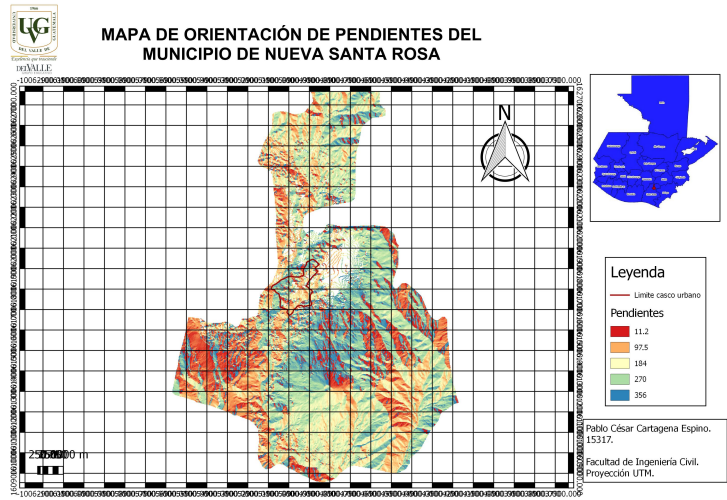


Figura 82: Mapa de orientación de pendientes del municipio de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

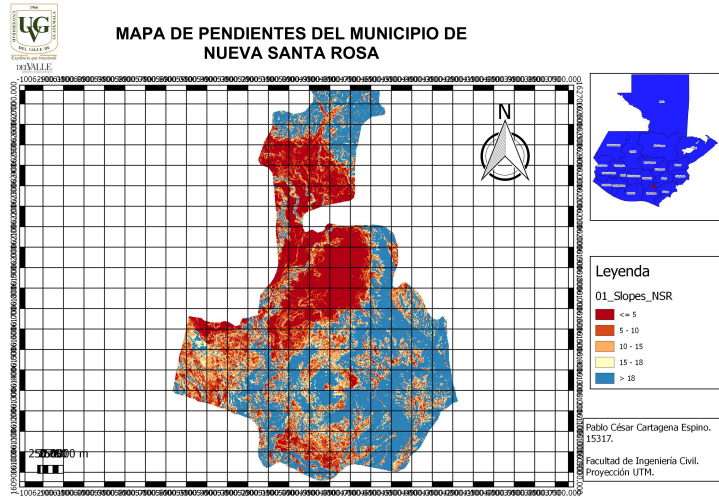


Figura 83: Mapa de pendientes del municipio de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

ID	Pendiente	Área (m ²)	Área (km ²)	% Área (del casco urbano)
1	<=5%	160799.10	1.61	13.36%
2	5% - 10%	582612.72	0.58	48.39%
3	10% - 15%	257966.46	0.26	21.43%
4	15% - 18%	85001.00	0.09	7.06%
5	>18%	117525.00	0.12	9.76%
		1203904.28	2.66	100.00%

Figura 84: Porcentajes de pendientes del casco urbano de Nueva Santa Rosa
Fuente: Elaboración propia.

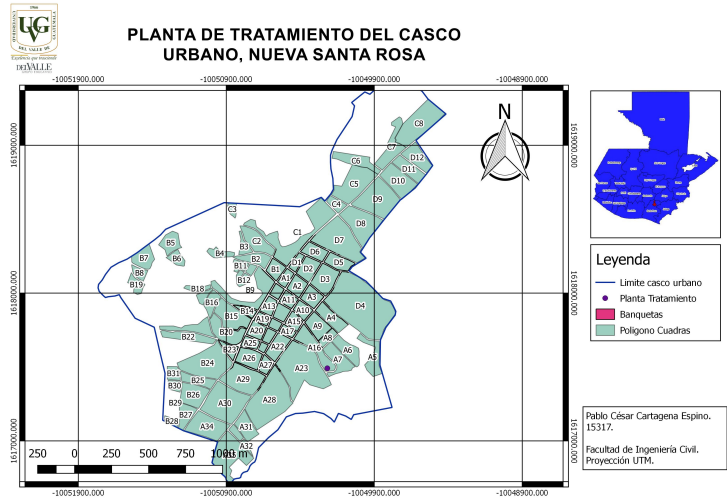


Figura 85: Planta de tratamiento del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

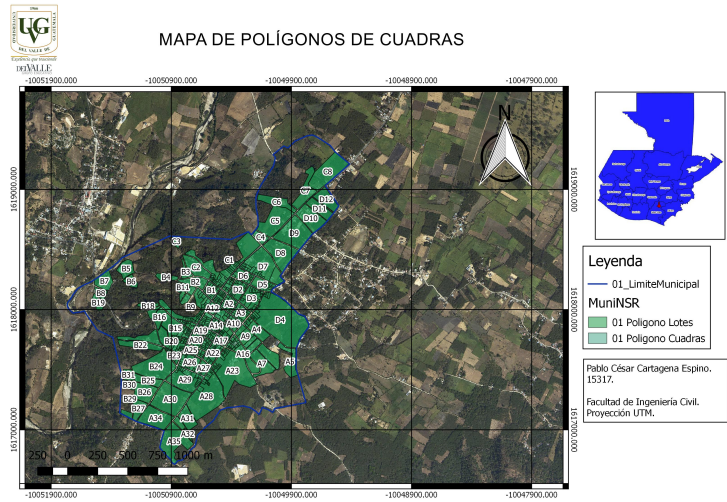


Figura 86: Mapa de polígono de cuadras de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

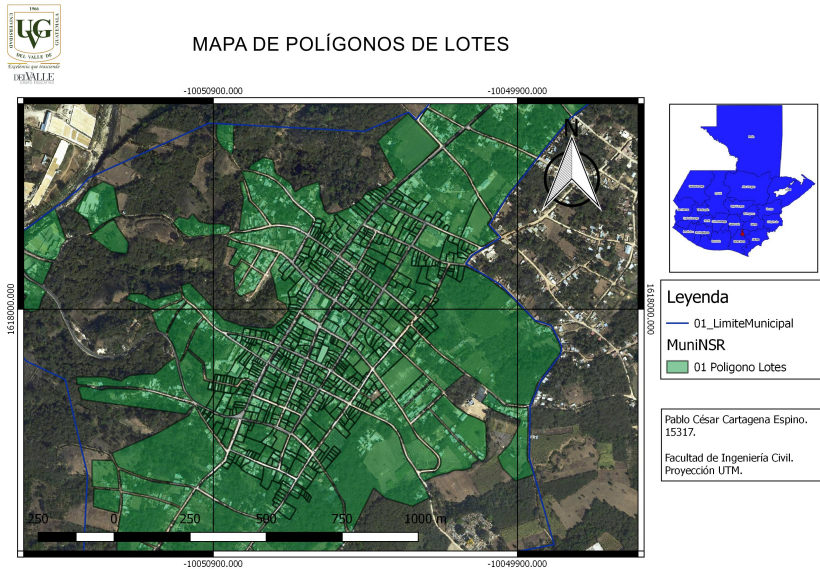


Figura 87: Mapa de polígono de lotes.
Fuente: Elaboración propia.

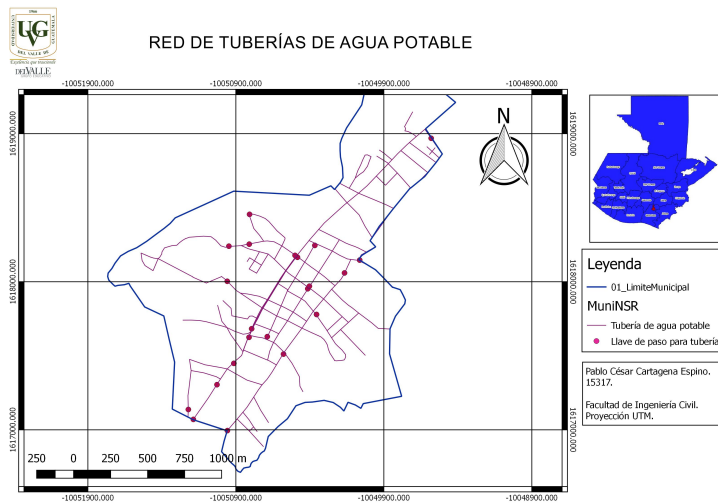


Figura 88: Red de tuberías de agua potable del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

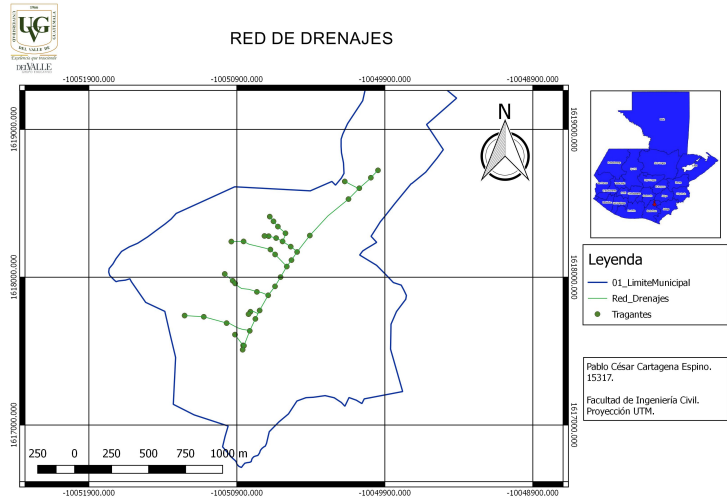


Figura 89: Red de drenajes del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

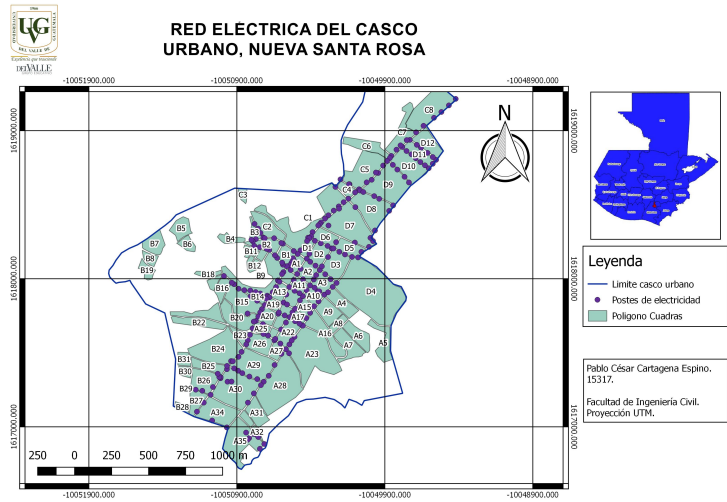


Figura 90: Red eléctrica del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

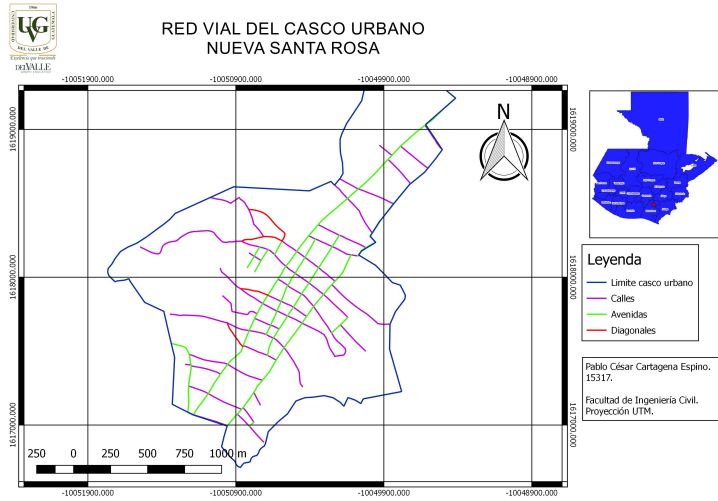


Figura 91: Red vial del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

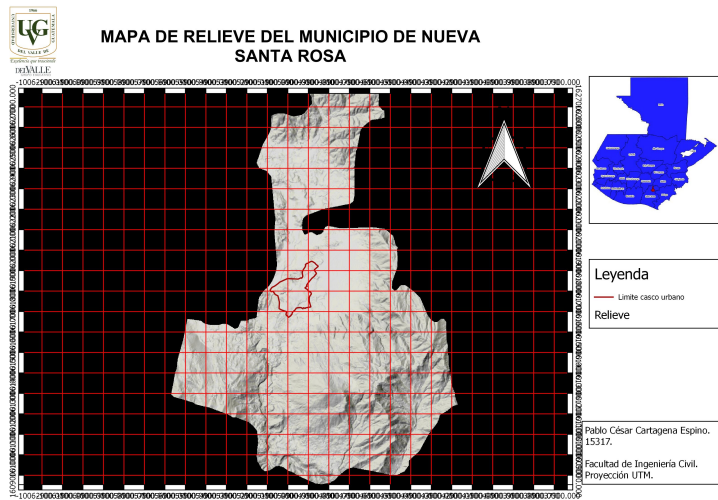


Figura 92: Mapa de relieve del municipio de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

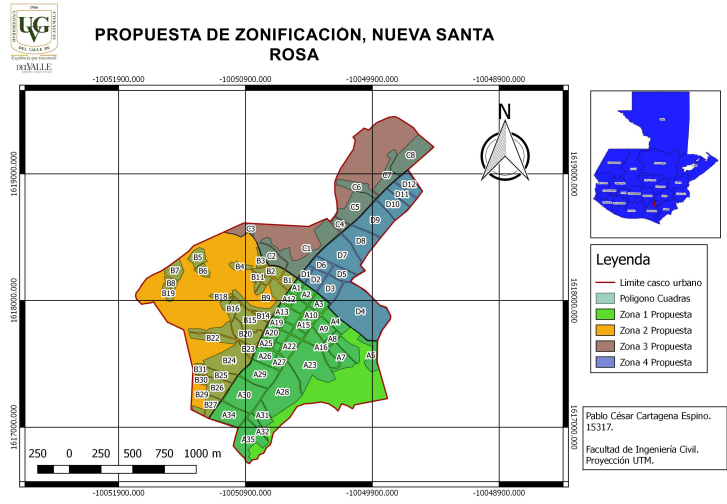


Figura 93: Zonas actuales del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

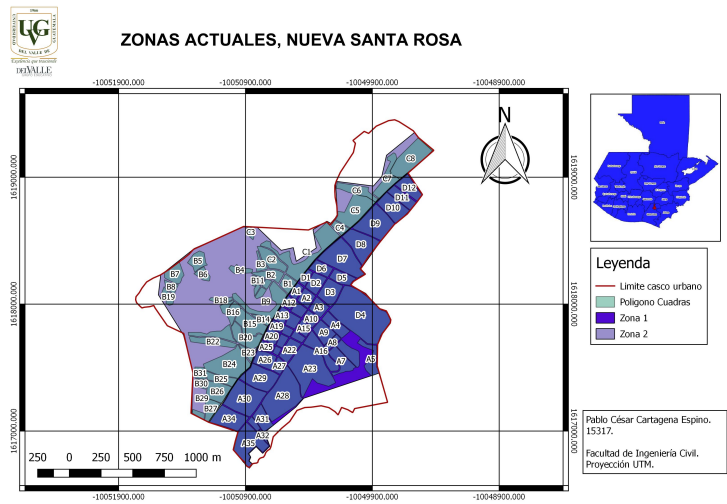


Figura 94: Zonas actuales del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

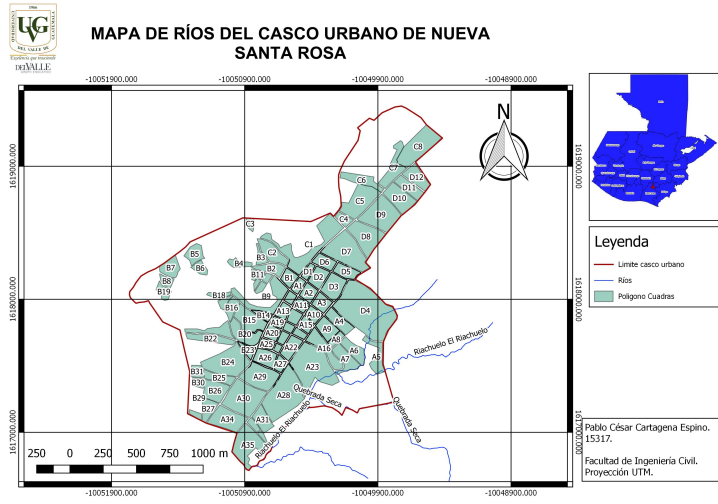


Figura 95: Mapa de ríos en el casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 96: Ortofoto generada del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

Anexo C: Mapas de zonas de cobertura

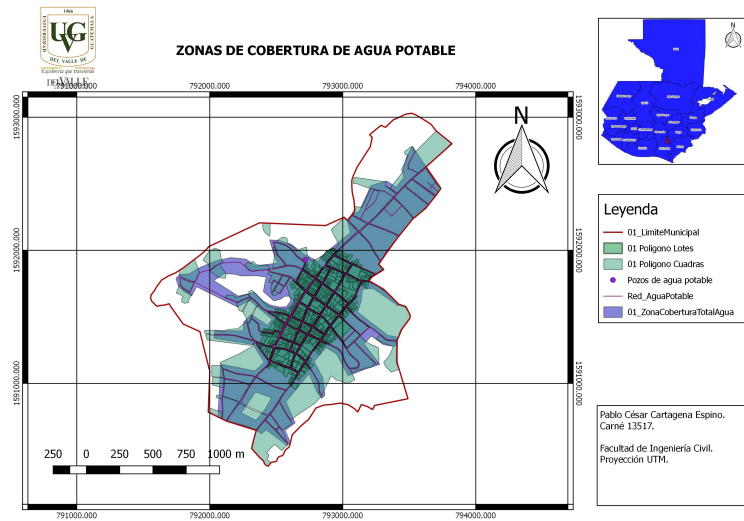


Figura 97: Zona de cobertura de agua potable del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

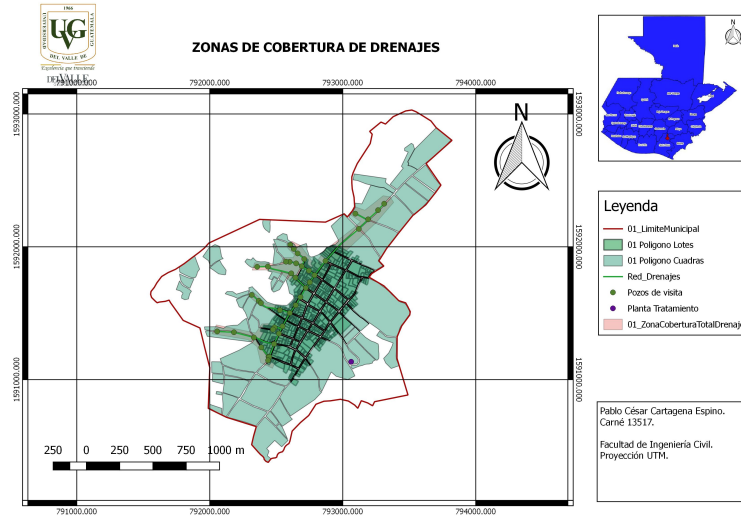


Figura 98: Zona de cobertura de drenajes del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

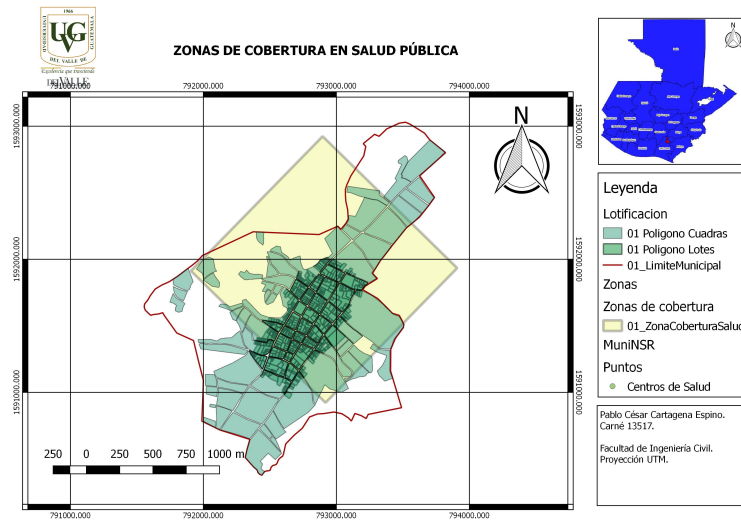


Figura 99: Zona de cobertura de centros de salud del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

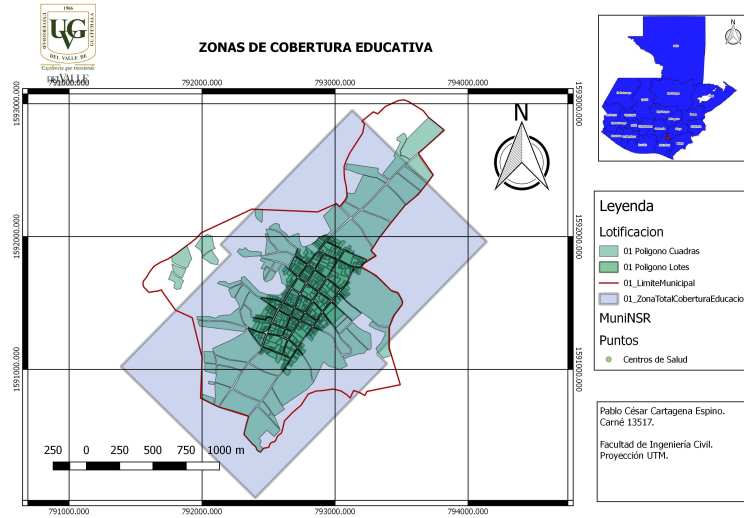


Figura 100: Zona de cobertura de centros educativos del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

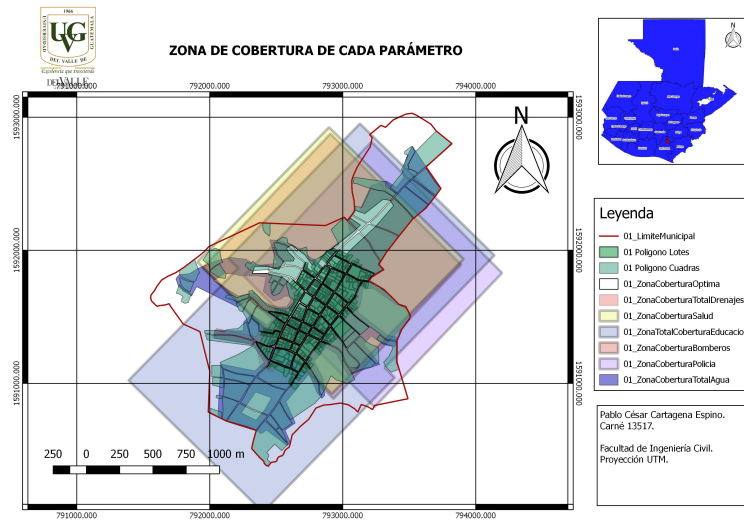


Figura 101: Zona de cobertura de cada parámetro del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

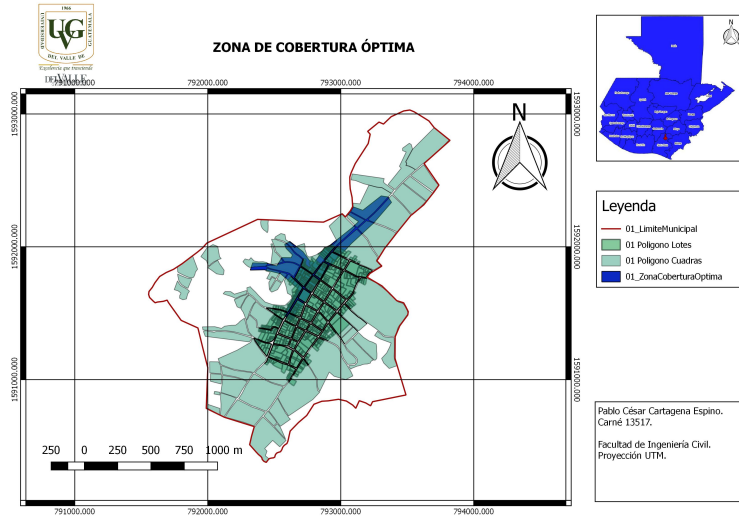


Figura 102: Zona de cobertura óptima del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

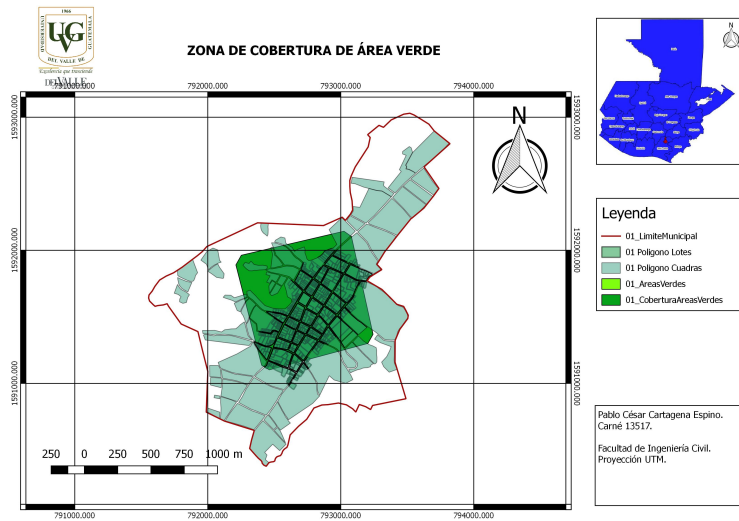


Figura 103: Zona de cobertura de área verde del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

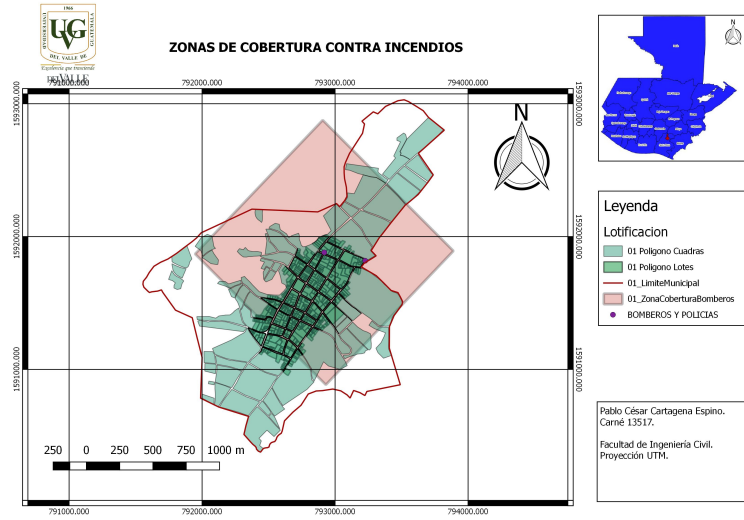


Figura 104: Zona de cobertura contra incendios del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

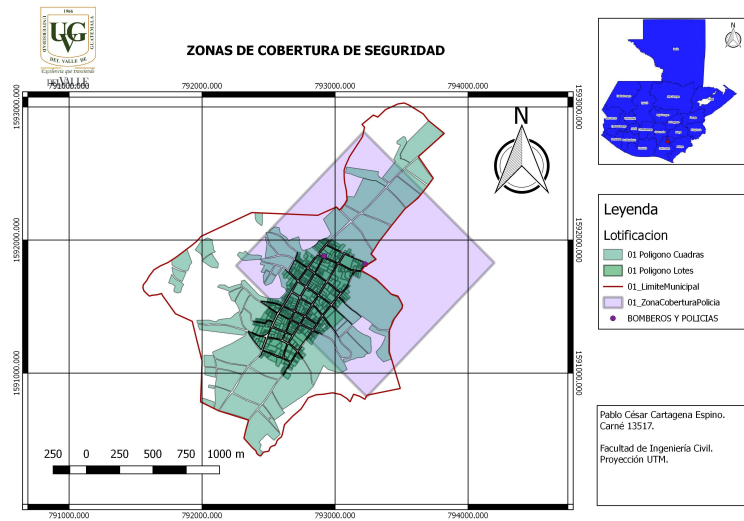


Figura 105: Zona de cobertura de policía del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

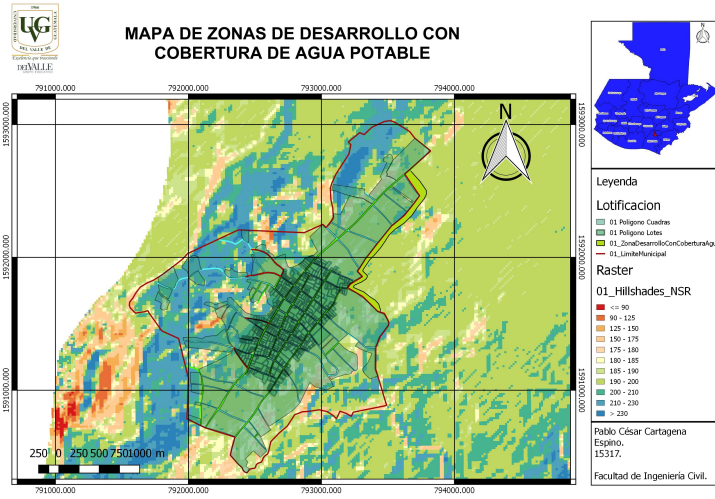


Figura 108: Zona de desarrollo con cobertura de agua potable del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

Anexo D: Matriz de pendiente y elevación

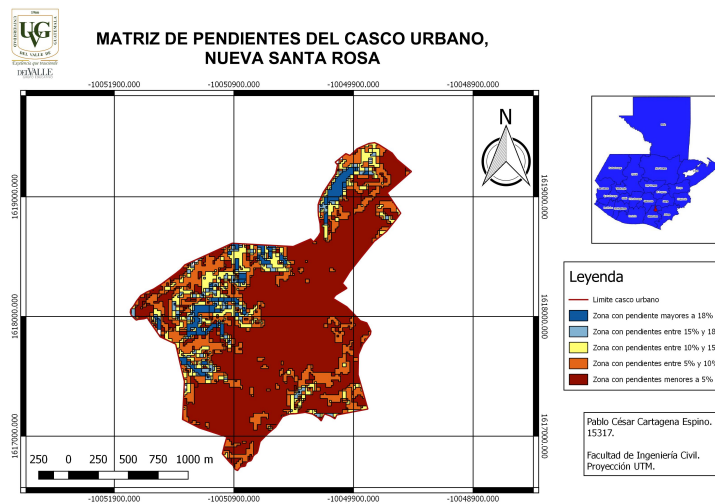


Figura 109: Matriz de pendientes del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

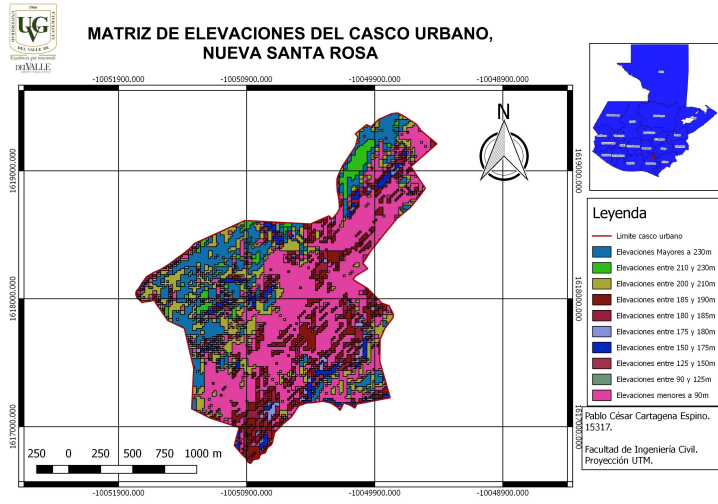


Figura 110: Matriz de elevaciones del casco urbano de Nueva Santa Rosa.
Fuente: Elaboración propia.

Anexo E: Red geodésica

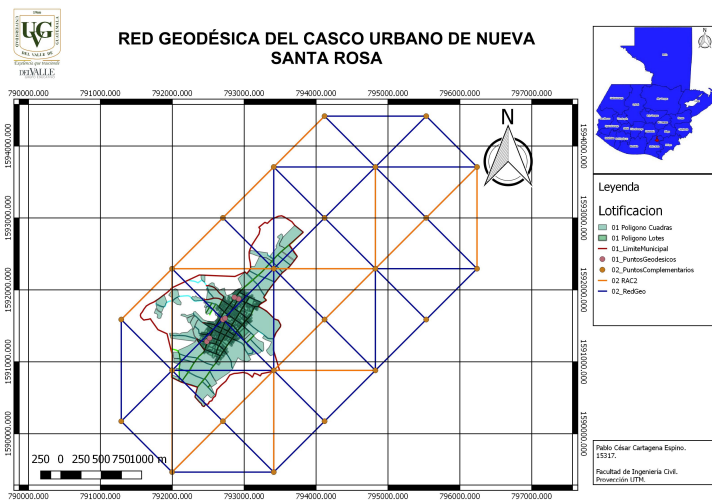


Figura 111: Red geodésica.
Fuente: Elaboración propia.

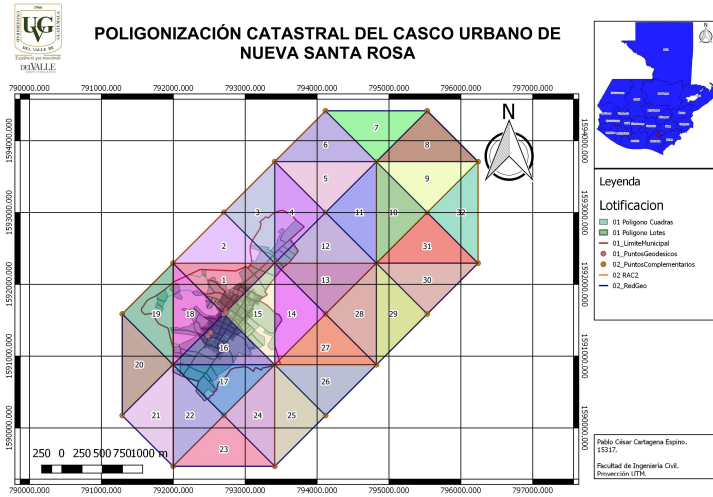


Figura 112: Poligonación catastral.
Fuente: Elaboración propia.

Puntos levantados	Codificación	SRC	X	Y	Latitud	Longitud
Punto 1	BR-1	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	792479.58	1591281.31	-90.28802246	14.37826783
Punto 2	BR-2	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	792517.3	1591327.76	-90.28766792	14.37868334
Punto 3	BR-3	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	792702.87	1591587.17	-90.28592032	14.38100648
Punto 4	BR-4	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	792734.24	1591605.48	-90.28562768	14.38116851
Punto 5	BR-5	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	792921.25	1591874.24	-90.28386568	14.38357592
Punto 6	BR-6	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	792863.72	1591896.02	-90.28439632	14.38377875

Figura 113: Puntos base de la red geodésica.
Fuente: Elaboración propia.

Puntos complementarios	Codificación	SRC	X	Y	Latitud	Longitud
Punto 1	BR-3	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	792702.87	1591587.17	-90.28592032	14.38100648
Punto 2	PC-1	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	791995.77	1592294.27	-90.2923947	14.38746779
Punto 3	PC-2	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	791288.66	1591587.17	-90.29902315	14.3811565
Punto 4	PC-3	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	791288.66	1590172.96	-90.29917661	14.36838391
Punto 5	PC-4	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	791995.77	1589465.85	-90.29270235	14.36192274
Punto 6	PC-5	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	793409.97	1589465.84	-90.27960081	14.36177248
Punto 7	PC-6	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	794117.08	1590172.95	-90.27297258	14.36808333
Punto 8	PC-7	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	794824.19	1590880.06	-90.26634399	14.37439392
Punto 9	PC-8	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	794824.19	1592294.27	-90.2661886	14.38716616
Punto 10	PC-9	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	794117.08	1593001.38	-90.27266255	14.39362804
Punto 11	PC-10	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	792702.88	1593001.38	-90.28576588	14.39377892
Punto 12	PC-11	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	793409.98	1592294.27	-90.27929158	14.38731734
Punto 13	PC-12	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	793409.98	1590880.06	-90.27944622	14.37454496
Punto 14	PC-13	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	791995.77	1590880.06	-90.2925486	14.37469528
Punto 15	PC-14	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	792702.87	1590172.95	-90.28607452	14.36823393
Punto 16	PC-15	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	794117.08	1591587.17	-90.27281764	14.38085574
Punto 17	PC-16	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	793409.98	1593708.48		
Punto 18	PC-17	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	794824.19	1593708.48		
Punto 19	PC-18	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	795531.3	1593001.38		
Punto 20	PC-19	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	795531.3	1591587.17		
Punto 21	PC-20	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	796238.41	1592294.27		
Punto 22	PC-21	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	796238.41	1593708.48		
Punto 23	PC-22	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	795531.3	1594415.59		
Punto 24	PC-23	EPSG: 32615, WGS84 / UTM Zone 15N	794117.08	1594415.59		

Figura 114: Puntos complementarios de la red geodésica.
Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 16

Anexo F: Nomenclatura de predios

POL-CUADRA	No. Lote	Area M2	Perim M	Dirección Final	No. Polígono Catastral	Código Catastral
A12	0	5712	303.57	Parque central	15	61415000
A13	1	1837.7	189.82	Municipalidad	15	61415001
A1	3	186.78	58.08	1ra avenida 1-2 Zona 1	16	61416003
A1	4	239.73	63.26	1ra avenida 1-8 Zona 1	16	61416004
A1	5	495.08	105.11	1ra avenida 1-20 Zona 1	16	61416005
A1	6	409.14	98.07	1ra avenida 1-32 Zona 1	16	61416006
A1	7	1316.7	166.72	1ra avenida 0-42 Zona 1	16	61416007
A1	8	193.72	69.17	1ra avenida 0-60 Zona 1	16	61416008
A1	9	306.99	91.76	1ra avenida 0-66 Zona 1	16	61416009
A1	10	360.72	93.93	1ra avenida 0-72 Zona 1	16	61416010
A1	11	404.47	101.49	1ra avenida 0-82 Zona 1	16	61416011
A1	12	443.9	108	1ra avenida 0-92 Zona 1	16	61416012
A1	13	146.62	49.81	2da avenida 0-91 Zona 1	16	61416013
A1	14	170.57	55.91	2da avenida 0-85 Zona 1	16	61416014
A1	15	196.12	63.24	2da avenida 0-77 Zona 1	16	61416015
A1	16	204.36	64.05	2da avenida 0-69 Zona 1	16	61416016
A1	17	241.64	81.93	2da avenida 0-43 Zona 1	16	61416017
A1	18	239.73	68.94	2da avenida 0-35 Zona 1	16	61416018
A1	19	256.99	68.99	2da avenida 0-25 Zona 1	16	61416019
A1	20	397.7	81.44	0 calle 1-32 Zona 1	16	61416020
A1	21	189.39	66.04	0 calle 1-56 Zona 1	16	61416021
A1	22	277.37	73.58	0 calle 1-68 Zona 1	16	61416022
A1	23	317.96	77.66	0 calle 1-86 Zona 1	16	61416023
A2	24	477.38	90.26	2da avenida 0-2 Zona 1	16	61416024
A2	25	441.87	88.92	2da avenida 0-18 Zona 1	16	61416025
A2	26	488.2	92.57	2da avenida 0-30 Zona 1	16	61416026
A2	27	1208.1	184.91	2da avenida 0-44 Zona 1	16	61416027
A2	28	522.24	92.19	2da avenida 0-62 Zona 1	16	61416028
A2	29	679.02	104.55	2da avenida 0-79 Zona 1	16	61416029
A2	30	812.93	127.37	1ra calle 2-35 Zona 1	16	61416030
A2	31	562.38	110.74	1ra calle 2-51 Zona 1	16	61416031
A2	32	944.98	177.26	1ra calle 2-69 Zona 1	16	61416032
A2	33	536.74	112.6	1ra calle 2-87 Zona 1	16	61416033
A2	34	453.15	85.33	1ra calle 2-99 Zona 1	16	61416034
A2	35	205.93	60.79	3ra avenida 0-71 Zona 1	16	61416035
A2	36	548.32	95.08	3ra avenida 0-49 Zona 1	16	61416036
A2	37	649.88	120.89	3ra avenida 0-33 Zona 1	16	61416037
A2	38	462.22	87.31	3ra avenida 0-18 Zona 1	16	61416038
A2	39	251.76	64.33	3ra avenida 0-1 Zona 1	16	61416039
A2	40	236.35	62.88	0 calle 2-14 Zona 1	16	61416040
A2	41	863.51	121.89	0 calle 2-28 Zona 1	16	61416041
A2	42	443.27	118.62	0 calle 2-50 Zona 1	16	61416042
A2	43	917.12	138.45	0 calle 2-57 Zona 1	16	61416043
A3	44	541.18	93.65	3ra avenida 0-2 Zona 1	16	61416044

Figura 115: Nomenclatura de lotificación y código catastral 1
Fuente: Elaboración propia.

POL-CUADRA	No. Lote	Area M2	Perim M	Dirección Final	No. Polígono Catastral	Código Catastral
A3	45	846.43	124.34	3ra avenida 0-20 Zona 1	16	61416045
A3	46	1848.3	211.96	3ra avenida 0-38 Zona 1	16	61416046
A3	47	1254.9	146	3ra avenida 0-64 Zona 1	16	61416047
A3	48	1447.3	155.31	1ra calle 3-25 Zona 1	16	61416048
A3	49	572.88	116.42	1ra calle 3-51 Zona 1	16	61416049
A3	50	987.52	133.94	1ra calle 3-59 Zona 1	16	61416050
A3	51	599.25	99.95	1ra calle 3-79 Zona 1	16	61416051
A3	52	433.88	88.4	4ta avenida 0-81 Zona 1	16	61416052
A3	53	318.73	80.82	4ta avenida 0-67 Zona 1	16	61416053
A3	54	2640.1	208.33	4ta avenida 0-57 Zona 1	16	61416054
A3	55	303.07	69.13	4ta avenida 0-15 Zona 1	16	61416055
A3	56	323.73	73.27	0 calle 3-24 Zona 1	16	61416056
A3	57	403.18	80.59	1 calle 3-50 Zona 1	16	61416057
A3	58	615.73	101.2	2 calle 3-68 Zona 1	16	61416058
A4	59	465.77	86.99	0 calle 4-12 Zona 1	16	61416059
A4	60	355.74	75.2	4ta avenida 0-2 Zona 1	16	61416060
A4	61	244.51	63.12	4ta avenida 0-22 Zona 1	16	61416061
A4	62	1155.2	151.48	4ta avenida 0-42 Zona 1	16	61416062
A4	63	188.49	64.5	4ta avenida 0-68 Zona 1	16	61416063
A4	64	477.54	88.16	4ta avenida 0-76 Zona 1	16	61416064
A4	65	544.55	94.29	0 calle 0-11 Zona 1	16	61416065
A9	66	4112.5	316.26	4ta avenida 0-2 Zona 1	16	61416066
A9	67	9729.1	399.04	0 calle 4-29 Zona 1	16	61416067
A9	68	3814.5	276.86	0 calle 4-80 Zona 1	16	61416068
A10	69	637.72	103.2	3ra avenida 1-2 Zona 1	15	61415069
A10	70	2321	254.04	3ra avenida 1-34 Zona 1	15	61415070
A10	71	602.96	100.5	3ra avenida 1-68 Zona 1	15	61415071
A10	72	1299.4	150.24	0 calle 3-20 Zona 1	15	61415072
A10	73	664.64	125.47	0 calle 3-46 Zona 1	15	61415073
A10	74	973.31	140.63	1 calle 3-60 Zona 1	15	61415074
A10	75	398.33	80.71	2 calle 3-80 Zona 1	15	61415075
A10	76	248.17	70.58	4ta avenida 1-73 Zona 1	15	61415076
A10	77	211.18	66.92	4ta avenida 1-61 Zona 1	15	61415077
A10	78	487.34	91.2	4ta avenida 1-41 Zona 1	15	61415078
A10	79	1214.3	140.64	4ta avenida 1-3 Zona 1	15	61415079
A10	80	383.67	80.06	1ra calle 3-22 Zona 1	15	61415080
A11	81	1374.6	152.84	1ra avenida 1-2 Zona 1	15	61415081
A11	82	4216	352.84	1ra avenida 1-36 Zona 1	15	61415082
A11	83	342.22	75.09	1ra avenida 1-84 Zona 1	15	61415083
A11	84	149.73	49.49	0 calle 1-22 Zona 1	15	61415084
A11	85	599.08	99.78	1 calle 1-64 Zona 1	15	61415085
A11	86	466.21	89.14	2 calle 1-84 Zona 1	15	61415086
A11	87	1210	141.26	2da avenida 2-13 Zona 1	15	61415087
A13	88	274.46	81.17	1ra avenida 2-2 Zona 1	16	61416088

Figura 116: Nomenclatura de lotificación y código catastral 2
Fuente: Elaboración propia.

POL-CUADRA	No. Lote	Area M2	Perim M	Dirección Final	No. Polígono Catastral	Código Catastral
A13	89	294.51	72.09	1ra avenida 2-12 Zona 1	16	61416089
A13	90	363.59	77.08	1ra avenida 2-22 Zona 1	16	61416090
A13	91	467.56	103.59	1ra avenida 2-34 Zona 1	16	61416091
A13	92	401.5	96.39	1ra avenida 2-46 Zona 1	16	61416092
A13	93	572.17	103.24	1ra avenida 2-55 Zona 1	16	61416093
A13	94	352.11	84.69	1ra avenida 2-68 Zona 1	16	61416094
A13	95	656.07	113.14	2da avenida 2-65 Zona 1	16	61416095
A13	96	704.27	115.46	2da avenida 2-51 Zona 1	16	61416096
A13	97	761.25	124.25	2da avenida 2-33 Zona 1	16	61416097
A13	98	309.32	69.85	2da avenida 2-17 Zona 1	16	61416098
A13	99	683.22	140.33	2da avenida 2-9 Zona 1	16	61416099
A13	100	254.73	69.03	2da avenida 2-1 Zona 1	16	61416100
A13	101	545.57	104.77	2da calle 1-36 Zona 1	16	61416101
A13	102	52.78	29.16	2da calle 1-46 Zona 1	16	61416102
A14	103	384.59	80.59	2da avenida 2-2 Zona 1	16	61416103
A14	104	601.81	98.35	2da avenida 2-16 Zona 1	16	61416104
A14	105	509.14	90.89	2da avenida 2-42 Zona 1	16	61416105
A14	106	200.27	65.63	2da avenida 2-62 Zona 1	16	61416106
A14	107	257.82	69.91	2da avenida 2-68 Zona 1	16	61416107
A14	108	325.04	75.68	2da avenida 2-80 Zona 1	16	61416108
A14	109	170.03	63.45	2da avenida 2-96 Zona 1	16	61416109
A14	110	1773	231.01	1ra calle 2-25 Zona 1	16	61416110
A14	111	132.5	57.13	1ra calle 2-49 Zona 1	16	61416111
A14	112	129.31	56.27	1ra calle 2-55 Zona 1	16	61416112
A14	113	242.23	66.13	1ra calle 2-61 Zona 1	16	61416113
A14	114	596.39	99.01	1ra calle 2-71 Zona 1	16	61416114
A14	115	422.2	100	3ra avenida 2-47 Zona 1	16	61416115
A14	116	398.2	97.06	3ra avenida 2-37 Zona 1	16	61416116
A14	117	139.8	52.95	3ra avenida 2-27 Zona 1	16	61416117
A14	118	204.91	59.46	3ra avenida 2-15 Zona 1	16	61416118
A14	119	78.07	36.65	3ra avenida 2-3 Zona 1	16	61416119
A14	120	130.22	46.27	2da calle 2-32 Zona 1	16	61416120
A14	121	120.33	46.31	2da calle 2-56 Zona 1	16	61416121
A14	122	577.99	110.14	2da calle 2-72 Zona 1	16	61416122
A14	123	1348.8	163.03	2da calle 2-80 Zona 1	16	61416123
A15	124	270.71	83.41	3ra avenida 2-2 Zona 1	16	61416124
A15	125	401.07	90.29	3ra avenida 2-14 Zona 1	16	61416125
A15	126	235.72	78.51	3ra avenida 2-28 Zona 1	16	61416126
A15	127	243.53	79.88	3ra avenida 2-36 Zona 1	16	61416127
A15	128	446.22	91.93	3ra avenida 2-44 Zona 1	16	61416128
A15	129	290.54	71.37	3ra avenida 2-58 Zona 1	16	61416129
A15	130	143.97	48.39	3ra avenida 2-82 Zona 1	16	61416130
A15	131	119.7	45.23	3ra avenida 2-94 Zona 1	16	61416131
A15	132	1686.8	163.23	1ra calle 3-15 Zona 1	16	61416132

Figura 117: Nomenclatura de lotificación y código catastral 3
Fuente: Elaboración propia.

POL-CUADRA	No. Lote	Area M2	Perim M	Dirección Final	No. Polígono Catastral	Código Catastral
A15	133	1802.4	174.33	1ra calle 3-59 Zona 1	16	61416133
A15	134	70.24	39.5	4ta avenida 2-61 Zona 1	16	61416134
A15	135	40.5	25.87	4ta avenida 2-49 Zona 1	16	61416135
A15	136	92.12	42.12	4ta avenida 2-29 Zona 1	16	61416136
A15	137	149.56	55.14	4ta avenida 2-3 Zona 1	16	61416137
A15	138	312.28	71.73	2da calle 3-36 Zona 1	16	61416138
A15	139	182.99	57.23	2da calle 3-54 Zona 1	16	61416139
A15	140	169.53	61.11	2da calle 3-60 Zona 1	16	61416140
A15	141	582.46	138.7	2da calle 3-68 Zona 1	16	61416141
A15	142	1332.3	150.73	2da calle 3-76 Zona 1	16	61416142
A16	143	250.69	63.68	4ta calle 3-2 Zona 1	16	61416143
A16	144	519.34	92.4	4ta calle 3-8 Zona 1	16	61416144
A16	145	385.07	82.15	4ta calle 3-20 Zona 1	16	61416145
A16	146	508.12	90.69	4ta calle 3-25 Zona 1	16	61416146
A16	147	189.48	59.79	4ta calle 3-33 Zona 1	16	61416147
A16	148	447.7	85.03	4ta calle 3-36 Zona 1	16	61416148
A16	149	268.72	68.52	4ta calle 3-42 Zona 1	16	61416149
A16	150	446.32	84.66	1ra calle 4-9 Zona 1	16	61416150
A16	151	361.99	76.38	1ra calle 4-15 Zona 1	16	61416151
A16	152	526.35	92.85	1ra calle 4-19 Zona 1	16	61416152
A16	153	275.73	67.62	4ta calle -54 Zona 1	16	61416153
A16	154	176.54	53.46	4ta calle -0 Zona 1	16	61416154
A16	155	159.73	50.81	4ta calle -0 Zona 1	16	61416155
A16	156	174.71	55.42	4ta calle -0 Zona 1	16	61416156
A16	157	199.92	56.68	4ta calle -0 Zona 1	16	61416157
A16	158	91.56	41.06	4ta calle -0 Zona 1	16	61416158
A16	159	762.72	111.14	4ta calle -0 Zona 1	16	61416159
A16	160	536.89	96.42	4ta calle -0 Zona 1	16	61416160
A16	161	451.63	88.68	3ra calle 4-18 Zona 1	16	61416161
A16	162	116.04	44.23	3ra calle 4-16 Zona 1	16	61416162
A16	163	112.34	44.08	3ra calle 4-14 Zona 1	16	61416163
A16	164	113.3	44.68	3ra calle 4-10 Zona 1	16	61416164
A16	165	119.05	46.03	3ra calle 4-8 Zona 1	16	61416165
A16	166	106.59	45.04	3ra calle 15.9-6 Zona 1	16	61416166
A17	167	324.54	79.02	3ra avenida 3-2 Zona 1	16	61416167
A17	168	417.33	87.77	3ra avenida 3-26 Zona 1	16	61416168
A17	169	321.57	81.86	3ra avenida 3-54 Zona 1	16	61416169
A17	170	449.48	85.34	3ra avenida 3-66 Zona 1	16	61416170
A17	171	223.84	61.75	2da calle 3-23 Zona 1	16	61416171
A17	172	401.39	88.95	2da calle 3-37 Zona 1	16	61416172
A17	173	415.12	88.56	2da calle 3-47 Zona 1	16	61416173
A17	174	344.88	82.6	2da calle 3-61 Zona 1	16	61416174
A17	175	416.09	85.56	2da calle 3-73 Zona 1	16	61416175
A17	176	359.13	78.93	2da calle 3-87 Zona 1	16	61416176

Figura 118: Nomenclatura de lotificación y código catastral 4
Fuente: Elaboración propia.

POL-CUADRA	No. Lote	Area M2	Perim M	Dirección Final	No. Polígono Catastral	Código Catastral
A17	177	403.69	80.88	3ra calle 3-84 Zona 1	16	61416177
A17	178	747.05	115.41	3ra calle 3-50 Zona 1	16	61416178
A17	179	386.26	80.4	3ra calle 3-28 Zona 1	16	61416179
A18	180	234.39	66.47	2da avenida 3-2 Zona 1	16	61416180
A18	181	260.54	68.87	2da avenida 3-22 Zona 1	16	61416181
A18	182	193.71	62.6	2da avenida 3-38 Zona 1	16	61416182
A18	183	420.43	85.82	2da avenida 3-52 Zona 1	16	61416183
A18	184	470.71	90.14	2da avenida 3-76 Zona 1	16	61416184
A18	185	387.6	85.57	2da calle 2-39 Zona 1	16	61416185
A18	186	140.63	48.68	2da calle 2-55 Zona 1	16	61416186
A18	187	250.36	65.75	2da calle 2-75 Zona 1	16	61416187
A18	188	705.02	112.59	3ra avenida 3-49 Zona 1	16	61416188
A18	189	271.11	67.59	3ra avenida 3-29 Zona 1	16	61416189
A18	190	347.02	75.73	3ra avenida 3-3 Zona 1	16	61416190
A18	191	497.86	93.6	3ra calle 2-50 Zona 1	16	61416191
A18	192	438.48	92.42	3ra calle 2-32 Zona 1	16	61416192
A19	193	288.25	67.46	1ra avenida 3-2 Zona 1	16	61416193
A19	194	171.36	56.29	1ra avenida 3-24 Zona 1	16	61416194
A19	195	135.53	51.87	1ra avenida 3-46 Zona 1	16	61416195
A19	196	138.77	68.13	1ra avenida 3-56 Zona 1	16	61416196
A19	197	186.19	61.66	1ra avenida 3-68 Zona 1	16	61416197
A19	198	279.92	68.6	1ra avenida 3-82 Zona 1	16	61416198
A19	199	174.84	56.08	2da calle 1-21 Zona 1	16	61416199
A19	200	228.33	63.03	2da calle 1-31 Zona 1	16	61416200
A19	201	281.76	68.61	2da calle 1-45 Zona 1	16	61416201
A19	202	429.21	86.01	2da calle 1-63 Zona 1	16	61416202
A19	203	576.11	96.71	2da calle 1-79 Zona 1	16	61416203
A19	204	316.06	90.53	2da avenida 3-49 Zona 1	16	61416204
A19	205	390.16	91.93	2da avenida 3-29 Zona 1	16	61416205
A19	206	119.65	46.34	2da avenida 3-3 Zona 1	16	61416206
A19	207	116.8	45.59	3ra calle 1-86 Zona 1	16	61416207
A19	208	329.22	74.11	3ra calle 1-64 Zona 1	16	61416208
A19	209	603.14	110.89	3ra calle 1-48 Zona 1	16	61416209
A19	210	386.82	102.7	3ra calle 1-36 Zona 1	16	61416210
A19	211	626.43	116.78	3ra calle 1-20 Zona 1	16	61416211
A20	212	442.47	87.13	1ra avenida 4-2 Zona 1	16	61416212
A20	213	754.46	128.43	1ra avenida 4-28 Zona 1	16	61416213
A20	214	1056.7	139.42	1ra avenida 4-44 Zona 1	16	61416214
A20	215	827.98	128.98	1ra avenida 4-66 Zona 1	16	61416215
A20	216	587.03	99.1	1ra avenida 4-82 Zona 1	16	61416216
A20	217	350.54	75.42	3ra calle 1-33 Zona 1	16	61416217
A20	218	883.38	134.16	3ra calle 1-51 Zona 1	16	61416218
A20	219	883.98	130.62	3ra calle 1-67 Zona 1	16	61416219
A20	220	214.92	59.81	3ra calle 1-87 Zona 1	16	61416220

Figura 119: Nomenclatura de lotificación y código catastral 5
Fuente: Elaboración propia.

POL-CUADRA	No. Lote	Area M2	Perim M	Dirección Final	No. Polígono Catastral	Codigo Catastral
A20	221	83.97	45.46	2da avenida 4-83 Zona 1	16	61416221
A20	222	164.09	54.51	2da avenida 4-73 Zona 1	16	61416222
A20	223	159.04	54.15	2da avenida 4-64 Zona 1	16	61416223
A20	224	202.13	59	2da avenida 4-51 Zona 1	16	61416224
A20	225	475.69	91.49	2da avenida 4-35 Zona 1	16	61416225
A20	226	501.7	92.81	2da avenida 4-17 Zona 1	16	61416226
A20	227	434.76	88.06	2da avenida 4-3 Zona 1	16	61416227
A20	228	1287.9	149.69	4ta calle 1-16 Zona 1	16	61416228
A20	229	573.45	95.95	4ta calle 1-30 Zona 1	16	61416229
A20	230	299.67	75.26	4ta calle 1-48 Zona 1	16	61416230
A21	231	182.91	57.18	2da avenida 4-2 Zona 1	16	61416231
A21	232	470.06	97	2da avenida 4-22 Zona 1	16	61416232
A21	233	523.81	95.24	2da avenida 4-34 Zona 1	16	61416233
A21	234	561.93	94.62	2da avenida 4-54 Zona 1	16	61416234
A21	235	162.59	56.47	2da avenida 4-80 Zona 1	16	61416235
A21	236	202.62	56.5	2da avenida 4-88 Zona 1	16	61416236
A21	237	509.28	98.73	3ra calle 2-27 Zona 1	16	61416237
A21	238	277.35	75.27	3ra calle 2-61 Zona 1	16	61416238
A21	239	135.21	50.06	3ra calle 2-79 Zona 1	16	61416239
A21	240	381.58	78.51	3ra avenida 4-69 Zona 1	16	61416240
A21	241	298.66	88.34	3ra avenida 4-59 Zona 1	16	61416241
A21	242	385.14	94.68	3ra avenida 4-49 Zona 1	16	61416242
A21	243	498.01	92.29	3ra avenida 4-29 Zona 1	16	61416243
A21	244	288.44	69.23	3ra avenida 4-15 Zona 1	16	61416244
A21	245	285.53	68.75	3ra avenida 4-3 Zona 1	16	61416245
A21	246	225.37	59.71	4ta calle 2-38 Zona 1	16	61416246
A21	247	170.22	53.75	4ta calle 2-22 Zona 1	16	61416247
A22	248	1316.7	144.08	3ra avenida 5-2 Zona 1	16	61416248
A22	249	3234.3	259.53	3ra avenida 5-26 Zona 1	16	61416249
A22	250	4161.8	283.50	3ra avenida 5-48 Zona 1	16	61416250
A22	251	503.97	93.17	3ra avenida 5-64 Zona 1	16	61416251
A22	252	307.8	79.00	3ra avenida 5-74 Zona 1	16	61416252
A22	253	627.09	109.68	3ra avenida 5-80 Zona 1	16	61416253
A22	254	175.87	56.29	3ra avenida 5-96 Zona 1	16	61416254
A22	255	569.34	142.70	3ra calle 3-21 Zona 1	16	61416255
A22	256	485.18	128.16	3ra calle 3-35 Zona 1	16	61416256
A22	257	1366.7	157.17	3ra calle 3-53 Zona 1	16	61416257
A22	258	492.35	91.17	3ra calle 3-79 Zona 1	16	61416258
A22	259	890.06	121.43	4ta avenida 5-67 Zona 1	16	61416259
A22	260	755.66	111.92	4ta avenida 5-1 Zona 1	16	61416260
A22	261	330.41	87.83	4ta calle 3-36 Zona 1	16	61416261
A22	262	761.08	117.07	4ta calle 3-64 Zona 1	16	61416262
A23	263	392.71	83.45	4ta avenida 5-2 Zona 1	16	61416263
A23	264	603.86	98.57	4ta avenida 5-14 Zona 1	16	61416264

Figura 120: Nomenclatura de lotificación y código catastral 6
Fuente: Elaboración propia.

POL-CUADRA	No. Lote	Area M2	Perim M	Dirección Final	No. Poligono Catastral	Codigo Catastral
A23	265	341.13	83.27	5ta calle 4-6 Zona 1	16	61416265
A23	266	796.33	114.95	5ta calle 4-14 Zona 1	16	61416266
A23	267	260.21	71.77	5ta calle -2 Zona 1	16	61416267
A23	268	309.94	76.22	5ta calle -5 Zona 1	16	61416268
A23	269	243.89	71.87	5ta calle -8 Zona 1	16	61416269
A23	270	313.79	77.64	5ta calle -31 Zona 1	16	61416270
A23	271	1177.3	152.73	4ta avenida 5-58 Zona 1	16	61416271
A23	272	214.32	66.55	4ta avenida 5-70 Zona 1	16	61416272
A23	273	432.32	85.56	4ta avenida 5-74 Zona 1	16	61416273
A23	274	207.68	69.5	4ta avenida 5-84 Zona 1	16	61416274
A23	275	250.2	71.94	4ta avenida 5-90 Zona 1	16	61416275
A23	276	291.18	82.98	3ra calle 4-03 Zona 1	16	61416276
A23	277	494.8	99.16	3ra calle 4-05 Zona 1	16	61416277
A23	278	575.79	114.22	3ra calle 4-09 Zona 1	16	61416278
A24	280	400.79	80.79	2da avenida 5-2 Zona 1	16	61416279
A24	281	228.16	65.99	2da avenida 5-30 Zona 1	16	61416280
A24	282	629.86	102.13	2da avenida 5-48 Zona 1	16	61416281
A24	283	879.95	119.51	3ra avenida 5-3 Zona 1	16	61416282
A24	284	311.01	73.96	3ra avenida 5-33 Zona 1	16	61416283
A24	285	382.6	79.64	3ra avenida 5-51 Zona 1	16	61416284
A25	286	613.1	100.22	1ra avenida 5-2 Zona 1	16	61416285
A25	287	878.68	128.06	1ra avenida 5-36 Zona 1	16	61416286
A25	288	1049.9	133.65	1ra avenida 5-68 Zona 1	16	61416287
A25	289	571.13	96.22	4ta calle 1-40 Zona 1	16	61416288
A25	290	513.22	141.88	4ta calle 1-62 Zona 1	16	61416289
A25	291	779.99	148.71	4ta calle 1-68 Zona 1	16	61416290
A25	292	636.46	100.55	4ta calle 1-80 Zona 1	16	61416291
A25	293	369.67	79.64	2da avenida 5-35 Zona 1	16	61416292
A25	294	417.75	83.06	2da avenida 5-3 Zona 1	16	61416293
A25	295	848.22	121.98	5ta calle 1-24 Zona 1	16	61416294
A25	296	530.6	93.26	5ta calle 1-42 Zona 1	16	61416295
A26	297	893.26	138.8	1ra avenida 6-2 Zona 1	16	61416296
A26	298	3114.7	275.61	1ra avenida 6-20 Zona 1	16	61416297
A26	299	634.31	101.62	1ra avenida 6-34 Zona 1	16	61416298
A26	300	1024.8	130.21	1ra avenida 6-56 Zona 1	16	61416299
A26	301	274.32	78.83	1ra avenida 6-94 Zona 1	16	61416300
A26	302	274.82	78.41	5ta calle 1-21 Zona 1	16	61416301
A26	303	3389.7	247.27	5ta calle 1-27 Zona 1	16	61416302
A26	304	1527.7	188.94	5ta calle 1-69 Zona 1	16	61416303
A26	305	2243.1	210.24	5ta calle 1-77 Zona 1	16	61416304
A26	306	313.42	76.48	3ra avenida 6-35 Zona 1	16	61416305
A26	307	518.1	95.42	3ra avenida 6-19 Zona 1	16	61416306
A26	308	404.77	81.64	3ra avenida 6-1 Zona 1	16	61416307
A26	309	368.62	79.75	6ta calle 1-78 Zona 1	16	61416308

Figura 121: Nomenclatura de lotificación y código catastral 7

Fuente: Elaboración propia.

POL-CUADRA	No. Lote	Area M2	Perim M	Dirección Final	No. Polígono Catastral	Codigo Catastral
A26	310	1775.2	175.39	6ta calle 1-58 Zona 1	16	61416309
A26	311	278.37	68.75	6ta calle 1-50 Zona 1	16	61416310
A26	312	209.29	61.87	6ta calle 1-44 Zona 1	16	61416311
A26	313	201.94	61.1	6ta calle 1-38 Zona 1	16	61416312
A26	314	154.18	56.32	6ta calle 1-34 Zona 1	16	61416313
A27	315	353.9	74.24	3ra avenida 6-2 Zona 1	16	61416314
A27	316	1426.7	156.09	3ra avenida 6-14 Zona 1	16	61416315
A27	317	497.92	109.69	3ra avenida 6-52 Zona 1	16	61416316
A27	318	1816.1	172.46	3ra avenida 6-62 Zona 1	16	61416317
A27	319	1126.2	136.54	4ta avenida 6-75 Zona 1	16	61416318
A27	320	487.44	100.5	4ta avenida 6-61 Zona 1	16	61416319
A27	321	1846.4	174.42	4ta avenida 6-3 Zona 1	16	61416320
A27	322	129.38	47.46	6ta calle 3-36 Zona 1	16	61416321
A28	323	1777.8	168.04	4ta avenida 5-42 Zona 1	16	61416322
A28	324	537.96	97.25	4ta avenida 5-56 Zona 1	16	61416323
A28	325	570.39	98.07	4ta avenida 5-64 Zona 1	16	61416324
A28	330	1230.8	141.75	4ta avenida 5-72 Zona 1	16	61416330
A28	331	449.06	105.48	4ta avenida 5-80 Zona 1	16	61416331
A28	332	1091.7	136.14	4ta avenida 5-84 Zona 1	16	61416332
A28	333	270.97	66.12	4ta avenida 5-92 Zona 1	16	61416333
A28	334	193.23	57.38	4ta avenida 5-96 Zona 1	16	61416334
A28	335	256.19	72.72	5ta calle 4-7 Zona 1	16	61416335
A28	336	242.37	67.11	5ta calle 4-5 Zona 1	16	61416336
A28	337	318.65	76.9	5ta calle 4-4 Zona 1	16	61416337
A29	338	392.24	80.63	1ra avenida 7-66 Zona 1	16	61416338
A29	339	249.97	64.29	1ra avenida 7-78 Zona 1	16	61416339
A29	340	179.16	58.62	1ra avenida 7-84 Zona 1	16	61416340
A29	341	338.86	75.13	1ra avenida 7-90 Zona 1	16	61416341
A29	342	385.49	87.89	6ta calle 1-11 Zona 1	16	61416342
A29	343	513.53	93.65	6ta calle 1-17 Zona 1	16	61416343
A29	344	519.55	106.01	6ta calle 1-23 Zona 1	16	61416344
A29	345	2680.5	216.74	6ta calle 1-31 Zona 1	16	61416345
A29	346	2278.6	207.13	6ta calle 1-55 Zona 1	16	61416346
A29	347	854.06	119.28	6ta calle 1-73 Zona 1	16	61416347
A29	348	942.98	150.1	6ta calle 1-83 Zona 1	16	61416348
A29	349	267.28	82.49	4ta avenida 7-31 Zona 1	16	61416349
A29	350	547.37	98.72	4ta avenida 7-39 Zona 1	16	61416350
A29	351	337.03	81.73	4ta avenida 7-45 Zona 1	16	61416351
A29	352	340.04	82.98	4ta avenida 7-53 Zona 1	16	61416352
A29	353	340.82	82.23	4ta avenida 7-59 Zona 1	16	61416353
A29	354	323.01	79.08	4ta avenida 7-67 Zona 1	16	61416354
A29	355	240.41	63.63	4ta avenida 7-77 Zona 1	16	61416355
B1	356	314.92	72.71	2da avenida 0-2 Zona 2	18	61418356
B1	357	230.71	65.84	2da avenida 0-24 Zona 2	18	61418357

Figura 122: Nomenclatura de lotificación y código catastral 8
Fuente: Elaboración propia.

POL-CUADRA	No. Lote	Area M2	Perim M	Dirección Final	No. Polígono Catastral	Código Catastral
B1	358	381.49	86.25	2da avenida 0-36 Zona 2	18	61418358
B1	359	582.69	98.65	2da avenida 0-60 Zona 2	18	61418359
B1	360	676.05	105.64	2da avenida 0-92 Zona 2	18	61418360
B1	361	979.52	136.28	0 calle 2-25 Zona 2	18	61418361
B1	362	591.49	142.78	0 calle 2-41 Zona 2	18	61418362
B1	363	285.75	72.78	0 calle 2-43 Zona 2	18	61418363
B1	364	316.06	76.91	0 calle 2-53 Zona 2	18	61418364
B1	365	135.92	57	0 calle 0-65 Zona 2	18	61418365
B1	366	177.95	61.14	0 calle 0-73 Zona 2	18	61418366
B1	367	498.22	89.13	0 calle 0-81 Zona 2	18	61418367
B1	368	977.77	134.94	1ra calle 0-64 Zona 2	18	61418368
B1	369	548.01	112.44	1ra calle 0-52 Zona 2	18	61418369
B1	370	622.72	137.6	1ra calle 0-42 Zona 2	18	61418370
B1	371	791.02	140.84	1ra calle 0-30 Zona 2	18	61418371
B1	372	730.82	130.79	1ra avenida 2-20 Zona 2	18	61418372
B1	373	356.27	77.02	1ra avenida 2-2 Zona 2	18	61418373
B1	374	369.18	85	1ra avenida 2-36 Zona 2	18	61418374
B1	375	1069	154.31	1ra avenida 2-22 Zona 2	18	61418375
B1	376	206.15	64.38	1ra avenida 2-14 Zona 2	18	61418376
B9	377	312.1	71.26	0 calle 1-1 Zona 2	18	61418377
B9	378	455.25	86.24	0 calle 1-23 Zona 2	18	61418378
B9	379	376.76	86.89	0 calle 1-35 Zona 2	18	61418379
B9	380	301.8	80.25	0 calle 1-57 Zona 2	18	61418380
B9	381	304.53	75.07	0 calle 1-69 Zona 2	18	61418381
B9	382	137.15	59.23	1ra avenida 2-83 Zona 2	18	61418382
B9	383	174.54	60.81	1ra avenida 2-75 Zona 2	18	61418383
B9	384	168.36	58.47	1ra avenida 2-73 Zona 2	18	61418384
B9	385	257.32	66.63	1ra avenida 2-67 Zona 2	18	61418385
B9	386	217.25	60.75	1ra avenida 2-63 Zona 2	18	61418386
B9	387	426.17	92.56	1ra avenida 2-57 Zona 2	18	61418387
B9	388	376.06	98.12	1ra avenida 2-51 Zona 2	18	61418388
B9	389	798.66	136.31	1ra avenida 2-45 Zona 2	18	61418389
B9	390	211.11	62.62	1ra avenida 2-41 Zona 2	18	61418390
B9	391	407.85	92.9	1ra avenida 2-37 Zona 2	18	61418391
B9	392	380.73	88.88	1ra avenida 2-33 Zona 2	18	61418392
B9	393	1218	140.01	1ra avenida 2-27 Zona 2	18	61418393
B9	394	1699.4	192.98	1ra avenida 2-23 Zona 2	18	61418394
B9	395	1121.1	134.37	1ra avenida 2-19 Zona 2	18	61418395
B9	396	1087.1	149.87	1ra avenida 2-9 Zona 2	18	61418396
B9	397	862.04	125.6	1ra avenida 2-2 Zona 2	18	61418397
B9	398	86.94	46.51	Diagonal 2 1-6 Zona 2	18	61418398
B9	399	312.17	71.21	Diagonal 2 1-8 Zona 2	18	61418399
B9	400	261.4	71.1	Diagonal 2 1-10 Zona 2	18	61418400
B9	401	346.96	77.85	Diagonal 2 1-14 Zona 2	18	61418401

Figura 123: Nomenclatura de lotificación y código catastral 9

Fuente: Elaboración propia.

POL-CUADRA	No. Lote	Area M2	Perim M	Dirección Final	No. Polígono Catastral	Código Catastral
B9	402	428.99	83.7	Diagonal 2 1-16 Zona 2	18	61418402
B9	403	399.18	80.36	Diagonal 2 1-22 Zona 2	18	61418403
B9	404	521.48	90.55	Diagonal 2 1-26 Zona 2	18	61418404

Figura 124: Nomenclatura de lotificación y código catastral 10

Fuente: Elaboración propia.

Anexo G: Cuadros complementarios

ID	Año	Área (m ²)	Área (km ²)	Perímetro (m)	Perímetro (km)	Landsat utilizada	% Crecimiento
1	2006	1107900.00	1.11	11640.00	11.64	5	0.00%
2	2009	629100.00	0.63	12360.00	12.36	7	56.78%
3	2013	677004.00	0.68	15210.00	15.21	8	107.61%
4	2018	1766700.00	1.77	26760.00	26.76	8	260.96%

Figura 125: Mancha urbana de Nueva Santa Rosa
Fuente: Elaboración propia.

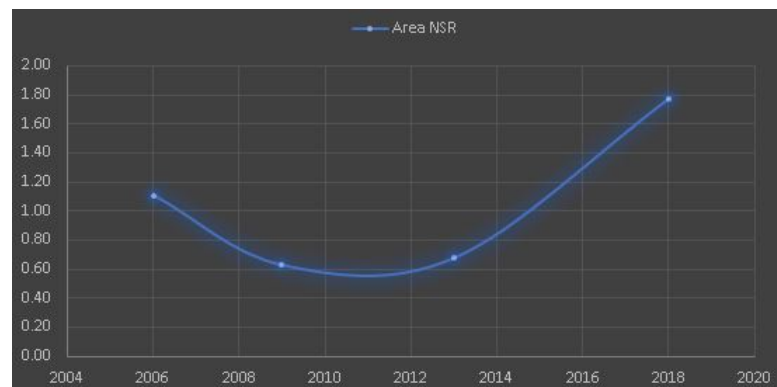


Figura 126: Gráfico de área de Nueva Santa Rosa
Fuente: Elaboración propia.

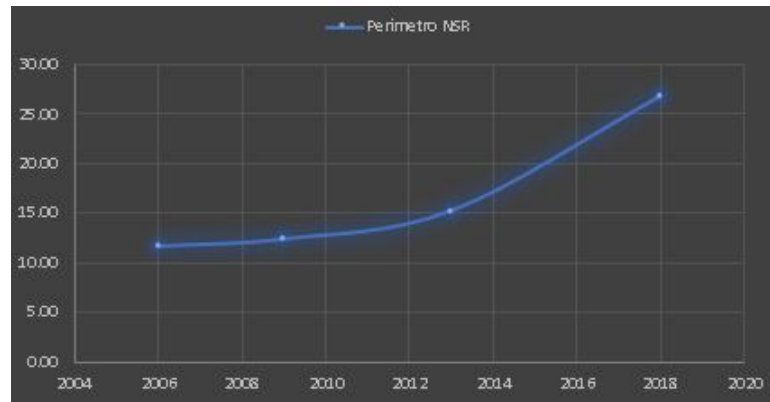


Figura 127: Gráfico de área de Nueva Santa Rosa
Fuente: Elaboración propia.

ID	Año	Área (m ²)	Área (km ²)	Perímetro (m)	Perímetro (km)	Landsat utilizada	% Crecimiento
1	2006	13113000.00	13.11	75360.00	75.36	5	0.00%
2	2009	16294500.00	16.29	75480.00	75.48	7	124.26%
3	2013	13363200.00	13.36	72540.00	72.54	8	82.01%
4	2018	14531400.00	14.53	72600.00	72.60	8	108.74%

Figura 128: Mancha urbana de San Miguel Petapa
Fuente: Elaboración propia.

ID	Año	Área (m ²)	Área (km ²)	Perímetro (m)	Perímetro (km)	Landsat utilizada	% Crecimiento
1	2006	13113000.00	13.11	75360.00	75.36	5	0.00%
2	2009	16294500.00	16.29	75480.00	75.48	7	124.26%
3	2013	13363200.00	13.36	72540.00	72.54	8	82.01%
4	2018	14531400.00	14.53	72600.00	72.60	8	108.74%

Figura 129: Mancha urbana de San Miguel Petapa
Fuente: Elaboración propia.

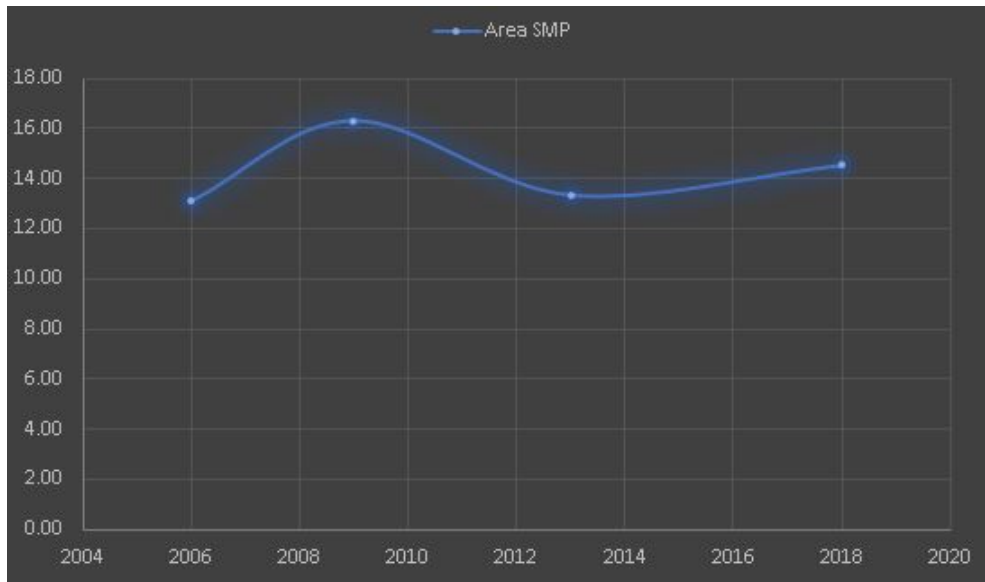


Figura 130: Gráfico de área de San Miguel Petapa
Fuente: Elaboración propia.

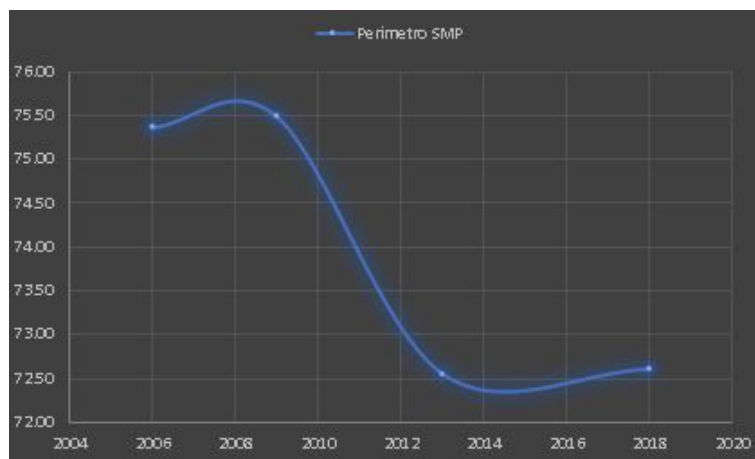


Figura 131: Gráfico de perímetro de San Miguel Petapa
Fuente: Elaboración propia.

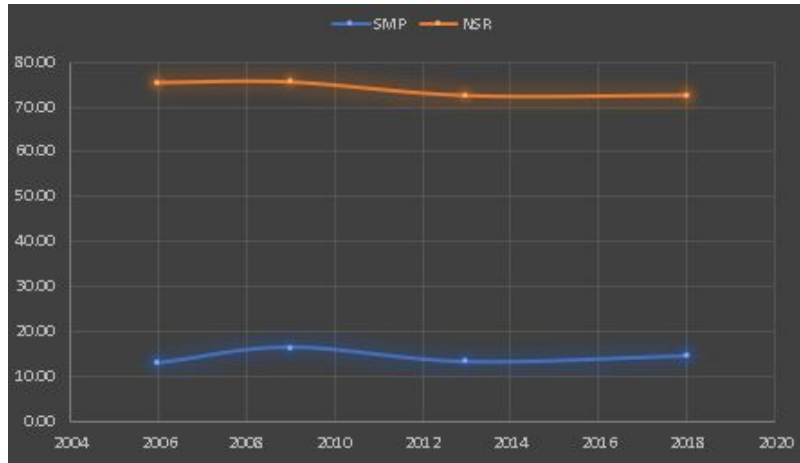


Figura 132: Crecimiento de áreas Nueva Santa Rosa vs San Miguel Petapa
Fuente: Elaboración propia.

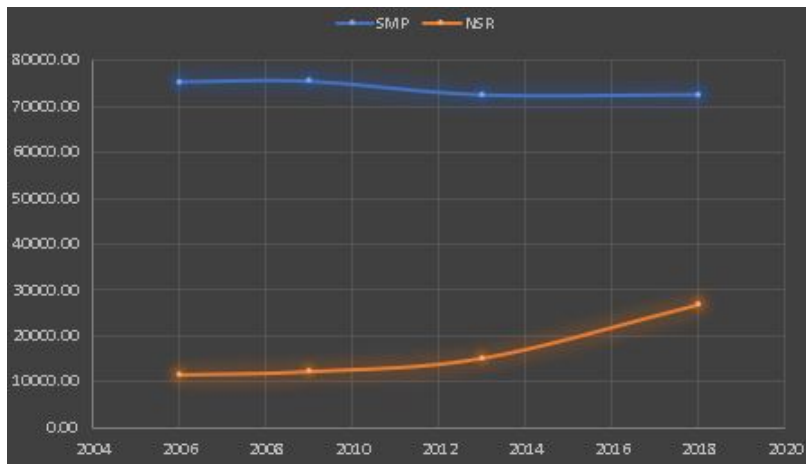


Figura 133: Crecimiento de perímetros Nueva Santa Rosa vs San Miguel Petapa
Fuente: Elaboración propia.

Anexo H: Fichas técnicas



FICHA TÉCNICA PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE VUELO

Guatemala, 19/07/2019

Información general del vuelo			
Nombre:	Casco Urbano Cabecera Municipal		
Municipio/s	Nueva Santa Rosa	Fecha de levantamiento	
Departamento	Santa Rosa	Inicio	19/07/2019
Longitud (m)	49.20	Final	19/07/2019
Descripción: Planificación de los 4 vuelos para el levantamiento del casco urbano.			
Mapa de Ubicación del Vuelo			
Notas: Se realizaron 4 vuelos de levantamiento respectivos.			

Información del equipo aéreo no tripulado			
Parámetros de la Cámara		Parámetros del sensor	
Resolución (Mpx)	12	Tipo	GNSS
Resolución horizontal (px)	4000	Pix efectivos (Mpx)	
Resolución vertical (px)	3000	Alto (mm)	4.70
Distancia Focal (mm)	3.61	Ancho (mm)	6.30
Información de Aeronave		Parámetros de vuelo	
Marca	DJI	GSD deseada (cm/pix)	3.5
Modelo	Phantom 4 Pro	Altura de vuelo (m)	61
Tipo:	Cuadrícóptero	Velocidad de vuelo (m/s)	1.41
Traslape entre Fotos		Lateral (%)	80
		Frontal (%)	70

Figura 134: Ficha técnica de planificación parte 1
Fuente: Elaboración propia.

Planificación de vuelo				
No.	Estación de despegue	Longitud Real (m)	Duración (min)	Area (m ²)
1	Municipalidad NSR	4571.00	18.57	109220
2	Municipalidad NSR	4950.00	18.23	109220
3	Municipalidad NSR	4950.00	18.13	109220
4	Municipalidad NSR	4950.00	18.43	109220
Totales		19800.00	73.36	436880

Mapa de distribución de vuelos

Notas: Se tiene previsto la presencia de 3 torres telefónicas dentro del área de vuelo, lo que altera las alturas sobre las que se captarán las fotografías.

Figura 135: Ficha técnica de planificación parte 2
Fuente: Elaboración propia.

FICHA TÉCNICA PARA VUELO EN CAMPO

Guatemala, 19/07/2019

Información general del vuelo			
Ubicación	Casco Urbano Cabecera Municipal		
Municipio	Nueva Santa Rosa	Departamento	Nueva Santa Rosa
Información y resultados			
Piloto	Pablo César Cartagena	Lugar de despegue	
Estación	Única	Latitud	N14°22'41.76"
No. Vuelo	01	Longitud	O 90°17'16.88"
No de Batería	02	Elevación (m.s.n.m.)	1,003.18 m
Configuración del vuelo		<u>Descripción:</u> El primer vuelo consiste en captar fotografías aéreas de la parte norte del casco urbano.	
Longitud de Vuelo			
Total (m)	4571		
Parámetros de vuelo			
Altura de vuelo (m)	60		
Velocidad de vuelo (m/s)	1.4		
GSD (cm/pix)	1.41		
Angulo de cámara (°)	90		
Calidad de Señal GNSS			
Baja	Media	Alta	
Croquis de sección de Vuelo			
<u>Observaciones:</u> Se consideró una torre telefónica de 45m de altura, por lo que la altura del vuelo tuvo que aumentar.			

Resultados de Vuelo	
# Fotografías	374
Tiempo de Vuelo (s)	1.114
Área fotografada (km ²)	0.109

Figura 136: Ficha técnica del primer vuelo
Fuente: Elaboración propia.

FICHA TÉCNICA PARA VUELO EN CAMPO

Guatemala, 19/07/2019

Información general del vuelo			
Ubicación	Casco Urbano Cabecera Municipal		
Municipio	Nueva Santa Rosa	Departamento	Nueva Santa Rosa
Información y resultados			
Piloto	Pablo César Cartagena	Lugar de despegue	
Estación	Única	Latitud	N14°22'41.76"
No. Vuelo	02	Longitud	O 90°17'16.88"
No de Batería	03	Elevación (m.s.n.m.)	1,003.18 m
Configuración del vuelo		<u>Descripción:</u> El segundo vuelo consiste en captar fotografías aéreas de la parte baja del vuelo anterior.	
Longitud de Vuelo			
Total (m)	4571		
Parámetros de vuelo			
Altura de vuelo (m)	60		
Velocidad de vuelo (m/s)	1.4		
GSD (cm/pix)	1.41		
Ángulo de cámara (°)	90		
Calidad de Señal GNSS			
Baja	Media	Alta	
Croquis de sección de Vuelo			
<u>Observaciones:</u> Se consideraron dos torres telefónicas de 42m y 37 de altura, por lo que se tomó con la misma altura del vuelo anterior.			

Resultados de Vuelo	
# Fotografías	374
Tiempo de Vuelo (s)	1.094
Área fotografiada (km ²)	0.109

Figura 137: Ficha técnica del segundo vuelo
Fuente: Elaboración propia.

FICHA TÉCNICA PARA VUELO EN CAMPO

Guatemala, 19/07/2019

Información general del vuelo			
Ubicación	Casco Urbano Cabecera Municipal		
Municipio	Nueva Santa Rosa	Departamento	Nueva Santa Rosa
Información y resultados			
Piloto	Pablo César Cartagena	Lugar de despegue	
Estación	Única	Latitud	N14°22'41.76"
No. Vuelo	03	Longitud	O 90°17'16.88"
No de Batería	04	Elevación (m.s.n.m.)	1,003.18 m
Configuración del vuelo		Descripción: El segundo vuelo consiste en captar fotografías aéreas de la parte baja del vuelo anterior.	
Longitud de Vuelo			
Total (m)	4571		
Parámetros de vuelo			
Altura de vuelo (m)	60		
Velocidad de vuelo (m/s)	1.4		
GSD (cm/pix)	1.41		
Angulo de cámara (°)	90		
Calidad de Señal GNSS			
Baja	Media	Alta	
Croquis de sección de Vuelo			
Observaciones:			

Resultados de Vuelo	
# Fotografías	374
Tiempo de Vuelo (s)	1.088
Área fotografada (km ²)	0.109

Figura 138: Ficha técnica del tercer vuelo
Fuente: Elaboración propia.

FICHA TÉCNICA PARA VUELO EN CAMPO

Guatemala, 19/07/2019

Información general del vuelo			
Ubicación	Casco Urbano Cabecera Municipal		
Municipio	Nueva Santa Rosa	Departamento	Nueva Santa Rosa
Información y resultados			
Piloto	Pablo César Cartagena	Lugar de despegue	
Estación	Única	Latitud	N14°22'41.76"
No. Vuelo	04	Longitud	O 90°17'16.88"
No de Batería	05	Elevación (m. s. n. m.)	1,003.18 m
Configuración del vuelo		Descripción: El segundo vuelo consiste en captar fotografías aéreas de la parte baja del vuelo anterior.	
Longitud de Vuelo			
Total (m)	4571		
Parámetros de vuelo			
Altura de vuelo (m)	60		
Velocidad de vuelo (m/s)	1.4		
GSD (cm/pix)	1.41		
Ángulo de cámara (°)	90		
Calidad de Señal GNSS			
Baja	Media	Alta	
Croquis de sección de Vuelo			
<u>Observaciones:</u>			

Resultados de Vuelo	
# Fotografías	374
Tiempo de Vuelo (s)	1.029
Área fotografiada (km ²)	0.109

Figura 139: Ficha técnica del cuarto vuelo
Fuente: Elaboración propia.



FICHA DESCRIPTIVA
BANCOS DE MARCA



Municipio: Nueva Santa Rosa
Departamento: Santa Rosa
Nación: Guatemala

Designación: BR-1 y BR-2
Características: Ficha de Bronce de 7cms. De diámetro

BR-1		BR-2	
SISTEMA DE COORDENADAS GTM		SISTEMA DE COORDENADAS GTM	
Elevación:	997.407 MSNMM	Elevación:	999.679 MSNMM
X:	522858.297	X:	522896.487
Y:	1589890.036	Y:	1589936.032
Latitud:	N 14°22'41.76"	Latitud:	N 14°22'43.26"
Longitud:	O 90°17'16.88"	Longitud:	O 90°17'15.61"
Descripción: La marca se encuentra incrustada sobre el asfalto, a 0.39mts. del muro que delimita la jardinera del monumento a Cristo Rey que se ubica sobre la 4ta. Calle y Avenida Teófilo Solares y Castillo.		Descripción: La marca se encuentra incrustada sobre la banqueta, a 0.82mts de la jardinera de Banrural que se ubica sobre la Avenida Teófilo Solares y Castillo y 4ta. Zona 2.	



Topografía Chinchilla

Año 2019

Figura 140: Ficha técnica de los puntos BR1 y BR2
Fuente: Elaboración propia.



FICHA DESCRIPTIVA BANCOS DE MARCA



Municipio: Nueva Santa Rosa
Departamento: Santa Rosa
Nación: Guatemala

Designación: BR-3 y BR-4
Características: Ficha de Bronce de 7cms. De diámetro

BR-3		BR-4	
SISTEMA DE COORDENADAS GTM		SISTEMA DE COORDENADAS GTM	
Elevación:	1004.014 MSNMM	Elevación:	1004.324 MSNMM
X:	523084.704	X:	523116.241
Y:	1590193.193	Y:	1590211.153
Latitud:	N 14°22'51.62"	Latitud:	N14°22'52.21"
Longitud:	O 90°17'09.31"	Longitud:	O90°17'08.26"
Descripción: La marca se encuentra incrustada sobre la banqueta, a 0.34mts frente a la plaqueta de la municipalidad de Nueva Santa Rosa.		Descripción: La marca se encuentra incrustada sobre el suelo, a 0.24mts. del frente del escenario de la concha acústica del parque central	



Topografía Chinchilla

Año 2019

Figura 141: Ficha técnica de los puntos BR3 y BR4
Fuente: Elaboración propia.



FICHA DESCRIPTIVA
BANCOS DE MARCA



Municipio: Nueva Santa Rosa
Departamento: Santa Rosa
Nación: Guatemala

Designación: BR-5 y BR-6
Características: Ficha de Bronce de 7cms. De diámetro

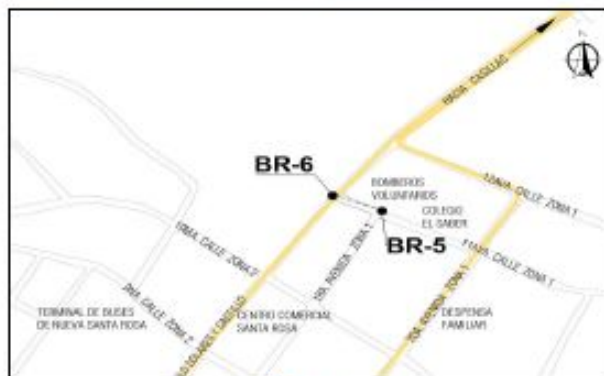
BR-5	
SISTEMA DE COORDENADAS GTM	
Elevación:	998.723 MSNMM
X:	523305.997
Y:	1590477.638
Latitud:	N 14°23'00.87"
Longitud:	O 90°17'01.92"

Descripción: La marca se encuentra incrustada sobre la banqueta, a 0.60mts. de la esquina de la plaqueta de las instalaciones de la 47 compañía de los bomberos voluntarios, sobre la 11 avenida y 1ra. Calle de la zona 1.



BR-6	
SISTEMA DE COORDENADAS GTM	
Elevación:	1003.051 MSNMM
X:	523248.753
Y:	1590500.018
Latitud:	N 14°23'01.60"
Longitud:	O 90°17'03.83"

Descripción: La marca se encuentra incrustada sobre la banqueta a 0.23mts. de la esquina de la primera grada del comercial El Caviche.com de la avenida Teófilo Solares y Castilla y 11 Calle de la zona 1.



Topografía Chinchilla

Año 2019

Figura 142: Ficha técnica de los puntos BR5 y BR6
Fuente: Elaboración propia.

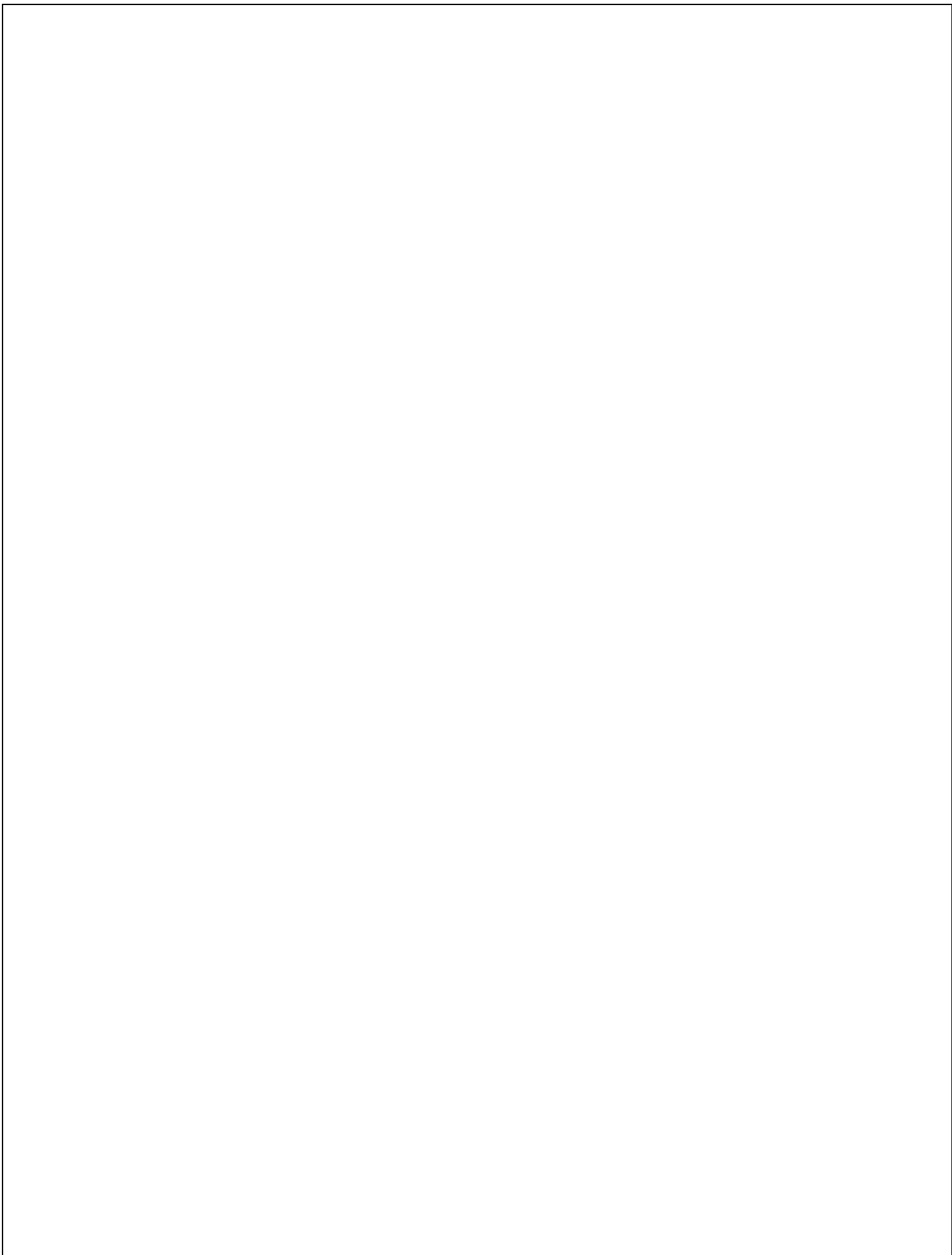
CAPÍTULO 19

Anexo I: Guía metodológica



Guía metodológica para el levantamiento de información catastral

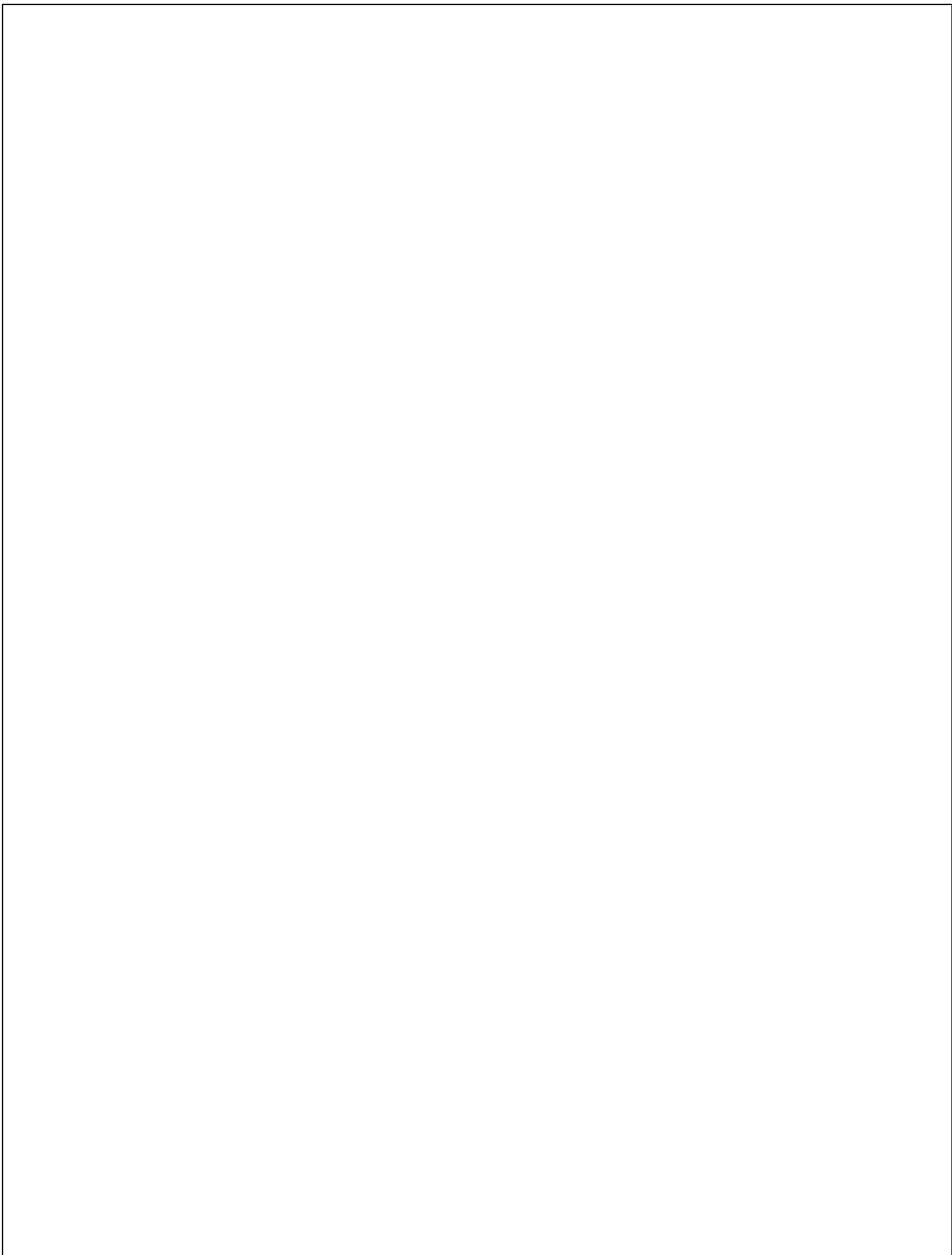
Universidad del Valle de Guatemala



Índice

1.	Introducción.....	1
2.	Base legal.....	2
2.1	Constitución política de la república (1985).....	2
2.2	Decreto 1786. Ley reglamentaria para los trabajos de agrimensura.....	2
2.3	Decreto 1427. Ley de parcelamientos urbanos.....	3
2.4	Resolución normativa IGN 01-99.....	3
2.5	Decreto 12-2002. Código municipal.....	4
2.6	Decreto 41-2005. Ley de registro de información catastral.....	5
2.7	Manual de normas técnicas y procedimientos catastrales del RIC.....	5
2.7.1	Fase de investigación registral y actividades previas.....	5
2.7.2	Subfase de levantamiento de información catastral.....	5
3.	Consideraciones generales.....	6
3.1	Levantamiento en zona urbana.....	6
3.2	Ortofotos.....	7
3.3	Levantamiento Catastral.....	8
3.4	Materiales de partida de las brigadas de campo.....	8
3.5	Archivo de documentación de campo.....	8
4.	Etapas previas al levantamiento.....	9
4.1	Organización del proyecto.....	9
4.2	Coordinación con autoridades del sector.....	10
4.3	Capacitación al personal.....	10
4.4	Metodología.....	10
5.	Metodología de levantamiento indirecto.....	11
5.1	Campos de información.....	11
5.2	Recopilación de información existente en línea.....	14
5.2.1	USGS Glovis.....	16
5.2.2	Geoportal Segeplan.....	16
5.2.3	Geoportal IGN.....	17
5.2.4	Open Street Maps.....	18
5.2.5	Global Forest Watch.....	18
5.2.6	GeoSeer.....	19
5.3	Recopilación de información existente en instituciones.....	19

5.4	Delimitación del área a catastrar.....	19
6.	Metodología de levantamiento directo	20
6.1	Puntos de referencia y red geodésica	20
6.1.1	Etapa de planificación	20
6.1.2	Etapa de levantamiento.....	25
6.1.3	Etapa de monumentación.....	32
6.2	Generación de ortofotos mediante dron.....	35
6.2.1	Plan de vuelo	35
6.2.2	Elección del GSD	37
6.2.3	Características del dron	38
6.2.4	Trabajo de campo	40
7.	Procesamiento y generación de resultados	41
7.1	Procesamiento de los puntos.....	41
7.2	Generación de imágenes con el software de Agisoft.....	42
7.3	Generación de manchas urbana por medio de Envi.....	46
7.3.1	Segmentación y clasificación de las imágenes Landsat con Envi.....	46
7.3.2	Generación de manchas urbanas utilizando imágenes landsat con Envi.....	49
7.3.3	Convertir resultados a shapefile	52
7.4	Procesamiento de información utilizando QGIS	52
7.4.1	Digitalización de manzanas y lotes	52
7.4.2	Análisis de terreno con QGIS.....	54
7.4.3	Matriz de elevaciones	56
7.4.4	Matriz de Pendientes	57
7.4.5	Metodología de zonificación	58
7.4.6	Metodología de nomenclatura de predios.....	58
7.4.7	Redes de cobertura.....	59
8.	Bibliografía.....	62
9.	Anexos.....	63



1. Introducción

El catastro es un registro técnico de información específica de las características de los elementos que componen la infraestructura de una zona. Guatemala carece de registros específicos en los municipios que pertenecen a la zona del interior del país.

Las municipalidades son las encargadas de realizar levantamientos de su respectivo municipio y con ello crear bases de datos que especifiquen los detalles de cada elemento presente. Las bases de datos permiten crear un control más eficiente de los registros públicos tales como las lotificaciones e inmuebles.

Los registros de información catastral son para muchos fines de uso, sin embargo, el objetivo principal es definir la situación real del municipio y con ello implementar un sistema de planificación territorial y asimismo establecer normas para el desarrollo controlado de la zona a largo plazo.

La metodología del proyecto permite realizar levantamientos tanto de forma directa, como indirecta. Los pasos de cada fase se desglosan para realizar una guía, en la cual se agrega las especificaciones que exigen el RIC y el IGN en los detalles de la información levantada. Asimismo, el producto resultante toma en cuenta el equipo utilizado, la zona de levantamiento y la precisión de los resultados esperados.

En efecto, la metodología se desarrolla según las condiciones de la mayoría de los municipios del interior del país. Se estandarizan cada paso conformado en cada etapa con el fin de establecer la metodología a la realidad.

2. Base legal

2.1 Constitución política de la república (1985)

Garantiza el establecimiento de la propiedad privada y la delimitación de esta. En efecto, el artículo 39 garantiza la propiedad privada como un derecho inherente a la persona humana. Toda persona puede disponer libremente de sus bienes de acuerdo con la ley.

2.2 Decreto 1786. Ley reglamentaria para los trabajos de agrimensura

La ley se promulgó el 14 de febrero de 1936 en la casa de gobierno de la nación y entró en vigor 10 días después de su publicación en el Diario Oficial denominado Diario de Centro América actualmente. Los artículos destacados son:

Artículo 11. En toda operación de agrimensura, se practicará primeramente la inspección ocular del terreno y luego el enlace topográfico de los mojones y linderos.

Artículo 47. Todos los trabajos de agrimensura que practiquen los ingenieros por encargo oficial deben ser revisados, como requisito previo a su aprobación. Además las operaciones de revisión se regularán por lo que al respecto determina la Ley Agraria.

Artículo 60. El amojonamiento es la operación complementaria de todo trabajo de agrimensura y consiste en la fijación legal de los mojones esquineros, de una manera estable, clara y precisa.

Artículo 61. Se entiende por esquineros de un terreno, los puntos o vértices donde termina una colindancia y principia otra, aunque los terrenos limítrofes pertenezcan al mismo dueño.

2.3 Decreto 1427. Ley de parcelamientos urbanos

Los principales artículos son el marco jurídico para los parcelamientos urbanos, en definitiva se destaca el siguiente:

Artículo 1. El parcelamiento urbano es la división de una o varias fincas, con el fin de formar otras de áreas menores. Tal operación debe ajustarse a las leyes y reglamentos de urbanismo y a los planos reguladores que cada municipalidad rija.

2.4 Resolución normativa IGN 01-99

La resolución normativa IGN 01-99 adopta una proyección local a partir de las siguientes especificaciones técnicas relacionadas con la geodesia:

- Proyección: Transversa de Mercator (Gauss Kruger) para una única zona local.
- Elipsoide: WGS84 basado en ITRF94.
- Longitud de origen: 90°30' (meridiano central de proyección).
- Latitud de origen: 0° (ecuador).
- Sistema de medidas: métrico decimal.
- Falso norte: 0 metros.
- Falso este: 500,000 metros en el meridiano central.
- Factor de escala en el meridiano central: 0.9998.
- Numeración de las zonas: no existe dentro de la numeración de zonas UTM, por lo tanto se le denomina Zona 15.5.
- Semieje mayor del elipsoide: 6378137.0 metros.
- Semieje menor del elipsoide: 6356752.3142.
- Achatamiento del elipsoide: 1/298.257223563.
-

La zona geográfica del país está cubierta sobre 400 km del este al oeste y de 400 km de norte a sur. Por otra parte, el elipsoide utilizado se referencia a las nuevas actualizaciones en el GPS y GIS.

2.5 Decreto 12-2002. Código municipal

El código actual incluye dentro de su normativa jurídica el ámbito de agrimensura refiriéndose a actividades de construcción y ordenamiento territorial. En definitiva, se destacan los siguientes artículos:

Artículo 4. Las entidades locales territoriales son el municipio y sus respectivas divisiones de ámbito territorial, de esta manera se incluyen aldea, caserío, paraje, cantón, barrio, zona, colonia, lotificación, parcelamiento urbano o agrario, microrregión y finca, por otra parte se incluye el distrito metropolitano y mancomunidades de municipios.

Artículo 22. División territorial. Cuando convenga a los intereses del desarrollo y administración municipal, o a solicitud de los vecinos, el Concejo Municipal podrá dividir el municipio en distintas formas de ordenamiento territorial internas, observando, en todo caso, las normas de urbanismo y desarrollo urbano y rural establecidas en el municipio, así como los principios de desconcentración y descentralización local.

Artículo 142. La municipalidad está obligada a formular y ejecutar planes de ordenamiento territorial y de desarrollo integral de su municipio en los términos que establecen las leyes. Las lotificaciones, parcelamientos, urbanizaciones y cualquier otra forma de desarrollo urbano o rural que pretenda realizar el Estado o sus instituciones autónomas y descentralizadas.

Artículo 147. La municipalidad debe obligar a formular y efectuar planes de ordenamiento territorial y de desarrollo integral de su municipio, en los términos establecidos por las leyes. Las lotificaciones, parcelamientos, urbanizaciones y cualquier otra forma de desarrollo urbano o rural que se vaya a llevar a cabo.

2.6 Decreto 41-2005. Ley de registro de información catastral

La ley del RIC es la de mayor importancia para la agrimensura, por lo que se destacan los siguientes artículos:

Artículo 2. El Registro de Información Catastral es el competente para el establecimiento, mantenimiento y actualización del catastro nacional.

2.7 Manual de normas técnicas y procedimientos catastrales del RIC

De acuerdo con el contenido de la Ley del RIC Decreto Legislativo 41-2005, así como a las experiencias desarrolladas tanto en gabinete como en el campo, el proceso de operación técnica del Registro de Información Catastral de Guatemala está compuesto por tres fases:

2.7.1 Fase de investigación registral y actividades previas

De manera general, esta investigación se organiza para satisfacer las necesidades de información registral para los diferentes usos que de ella se hacen en el establecimiento catastral y en general en las diferentes actividades organizadas para el cumplimiento de las funciones asignadas al RIC por disposición legal.

2.7.2 Subfase de levantamiento de información catastral

Recopilar toda la información gráfica existente sobre la zona a catastrar, así mismo establecer con autoridades municipales la sectorización del municipio, considerando la planificación de ordenamiento territorial que se tenga.

Recopilar toda la información gráfica existente sobre la zona a catastrar que servirá para el estudio respectivo y establecer en coordinación con autoridades municipales la sectorización urbana o rural, para adecuar la poligonación catastral a las necesidades municipales.

Los productos cartográficos básicos que se deben incluir en los proyectos catastrales son:

- Hojas cartográficas y mapas existentes.
- Fotos contacto o imágenes digitales.

- Ortofotos.
- Imágenes satelitales.
- Sectorización municipal.

Por otra parte, el establecimiento de los límites de las zonas y el diseño de las redes de apoyo catastral RAC3 y RAC2 establecidos en la guía, cumplen con los estándares especificados por la normativa RIC.

3. Consideraciones generales

3.1 Levantamiento en zona urbana

El catastro urbano en un municipio se elabora en tres etapas, la primera se enfatiza en el proceso de declaración del proyecto; la segunda en los procesos de mediciones en zonas declaradas como no catastradas; y la tercera es cuando se presentan los resultados y se declara zona catastrada al área estudiada.

El objeto catastral de la guía es a nivel del casco urbano, siendo todo el territorio comprendido entre sus límites administrativos, sin excluir nada. En efecto, el catastro municipal proporciona información gráfica y alfanumérica de absolutamente todo el territorio del casco urbano.

Los predios sujetos al levantamiento catastral urbano son todos aquellos ubicados dentro del área delimitada establecida por la municipalidad.

Debe realizarse un proceso de diagnóstico en los poblados que no tengan reglamentación. Este diagnóstico comprende la recopilación de información existente en las diferentes áreas de la Municipalidad así como la búsqueda en fuentes por medio de internet.

En definitiva será de aplicación en el área o áreas definidas como de naturaleza urbana por cada distrito. Se considera como un trabajo previo a la etapa de planificación territorial y su uso será competencia exclusiva de las autoridades locales.

- Por ningún motivo el área de levantamiento catastral urbano de una municipalidad podrá pasar los límites de su jurisdicción.
- En los casos en que por razón de la creación del catastro en zonas que abarcan más de un municipio, deberán considerar los límites municipales haciendo cortes en los mismos a fin de no considerar predios de un municipio a otro.
- Si existe un catastro urbano elaborado con anterioridad, será obligatoria su utilización a modo de consulta o referencia y se validará con el nuevo levantamiento. Para su uso habrá que hacer un previo control de calidad de la información existente para comprobar su validez.

3.2 Ortofotos

Se establece la elaboración del catastro en base a la obtención de ortofotos y cartografía digital mediante restitución por considerar el método más eficiente para llevar a cabo levantamientos catastrales urbanos, por los siguientes motivos:

- Economía: La elaboración de cartografía por medio de la fotogrametría es menos onerosa que la obtención de cartografía por métodos clásicos (GPS y estación total).
- Eficiencia en los levantamientos: Con la cartografía obtenida, el trabajo de campo se reduce a rectificar los resultados de cada elemento levantado presente a simple vista. Asimismo, no se necesitará solicitar permisos a los propietarios de los predios para llevar a cabo las mediciones ni existirá complejidad la obtención de estas.
- El método indirecto no requiere de una brigada de trabajo especializada, ni tan numerosa como en el método directo. Es decir el método indirecto tiene menos exigencias cuantitativas y cualitativas en sus brigadas de campo.
- La ortofoto, además de proporcionar información vectorial, será un ráster de validez para las autoridades locales, además de constituir un documento histórico.

El planteamiento de obtención de ortofoto por medio de fotogrametría excluye el uso de topografía clásica para esta metodología. Sin embargo, se utilizan receptores geodésicos y dispositivos GPS para georreferenciar toda la información levantada además de la generación de la red geodésica con sus respectivos puntos.

3.3 Levantamiento Catastral

El levantamiento catastral, en su componente gráfico, se llevará a cabo por medio de la metodología propuesta; la metodología indirecta con el uso de información recopilada de internet y de instituciones encargadas de levantar información, además del uso de ortofotos que permiten delimitar las zonas y manzanas. La metodología directa con el uso de equipos GPS diferenciales y el levantamiento de la ortofoto mediante vuelo de dron.

3.4 Materiales de partida de las brigadas de campo

Las brigadas de campo para el entorno urbano tendrán como unidad de trabajo las tuberías de agua potable, drenajes, pozos de agua potable, plantas de tratamiento y postes de electricidad. La información alfanumérica de cada elemento se incluirá en la información del shapefile que se genere y los metadatos se incluyen en un archivo de texto ubicado en la misma carpeta del archivo. Las brigadas pueden ser de 2 o más personas, dependiendo de la disponibilidad que se presente y de las exigencias en cuanto a tiempo se refiere.

Los supervisores planificarán las tareas diarias de las brigadas de campo proporcionando a cada una de ellas un croquis y una ortofoto (recopilada del IGN) o mapa en el que se muestre la zona con el elemento a levantar. Además se debe proveer de todo el material necesario para llevar a buen fin las tareas encomendadas (receptor GPS, cámaras, material para escribir y dibujar, fichas de campo, etc.) y lograr los rendimientos esperados con la calidad necesaria.

La buena organización en la distribución de los trabajos y el buen equipamiento de las brigadas proporcionará mayor probabilidad de éxito y calidad a los trabajos de campo.

3.5 Archivo de documentación de campo

Se propone el archivo de toda la documentación empleada en los trabajos de campo:

- De preferencia deben archivar las fichas catastrales con sus respectivos datos, croquis, fotos, etc.

- El técnico catastral debe identificar en campo lo que hay y debe registrarlo, tanto en la ficha como en el plano. Éstos serán objeto de su posterior archivo para formar parte de la documentación histórica de la municipalidad.
- Toda la información cartográfica generada en el proceso deberá ser archivado de igual forma siguiendo la metodología de almacenamiento de archivos digitales.
- En definitiva, toda la información previa acopiada relacionada con el levantamiento catastral, toda la información generada en el propio levantamiento y sus posibles correcciones pasarán a un archivo físico y digital que constituirá parte de la información catastral de la zona del municipio.

4. Etapa previa al levantamiento

4.1 Organización del proyecto

Previo a abordar el proceso del levantamiento catastral, se debe habilitar una oficina técnica que dirija el proyecto. En caso de que la propia municipalidad o ente generadora de catastro aborde el proyecto, será ella quien designe su ubicación.

La oficina técnica debe contar con el equipamiento y espacio necesario para abordar el volumen de trabajo estimado. En caso de externalización de los trabajos por parte del ente encargado, se realizará un proceso de selección de personal, tanto para la oficina técnica, como el que constituirán las brigadas de campo. En este caso, el ente define los términos de referencia para los perfiles de las personas a intervenir en el proyecto.

El ente debe considerar que al personal que intervendrá en los levantamientos catastrales para una posterior contratación, aprovechando su experiencia y conocimiento del distrito. El éxito de la conservación catastral dependerá directamente de las capacidades técnicas y los recursos humanos con los que se cuente, por lo que se considera imprescindible que las áreas de catastro se doten de personal capacitado de forma permanente para dicha finalidad.

4.2 Coordinación con autoridades del sector

Se llevarán a cabo reuniones con las autoridades del gobierno regional, provincial y local, funcionarios municipales, medios de comunicación, etc. El fin es hacer de su conocimiento el desarrollo del proyecto, alcances, metodología, plazos y fechas, y coordinar las acciones necesarias para llevar a cabo la ejecución de las actividades del levantamiento catastral.

Estas labores deben ser realizadas por el director del proyecto y los coordinadores competentes.

4.3 Capacitación al personal

El personal que conforma el equipo de trabajo para el trabajo de campo será capacitado en todos los temas del levantamiento catastral. Asimismo, se orientará a los propietarios de los objetivos del catastro y sus fines.

Para las capacitaciones se sugiere tratar las etapas del proceso catastral bajo una metodología; los conceptos que se manejan en la parte físico-legal; llenado de fichas catastrales; y los cálculos o procedimientos involucrados en el levantamiento en campo. Es importante señalar que el éxito de un catastro depende de la información levantada en campo y de la calidad de los datos catastrales según la veracidad de la fuente de la cual se obtengan.

4.4 Metodología

Se denomina metodología al estudio del método o de los métodos, y abarca la justificación y la discusión de su lógica interior, el análisis de los diversos procedimientos concretos que se emplean en las investigaciones y la discusión acerca de sus características, cualidades y debilidades.

Sin embargo, se suele utilizar la palabra metodología en sentidos diferentes, opuestos a veces al anterior: se habla así de "metodología de la investigación" para hacer referencia a los pasos y procedimientos que se han seguido en una indagación determinada, para designar los modelos concretos de trabajo que se aplican en una determinada disciplina o especialidad.

5. Metodología de levantamiento indirecto

Se recopilará toda la información existente referida al catastro elaborado anteriormente y otros estudios locales. Sin embargo, cuando no se cuenta con uno, se recomienda realizar una investigación que permita recopilar datos iniciales por medio de sitios de internet e instituciones nacionales o internacionales.

5.1 Campos de información

Antes de empezar la recolección de la información, es importante generar una base de datos con los campos necesarios para desarrollar el proyecto. Es necesario establecer los campos de mayor prioridad e identificar la información que será necesario levantar. Dependiendo del elemento levantado, se debe revisar que los campos creados sean los mínimos que se exigen para el mismo. Debido a ello se establecen los siguientes para cada elemento en específico:

- Punto geodésico:
 - Nomenclatura de identificación: Código asignado a cada punto por medio de un prefijo seguido del guion y del número de identificación. Se nombran con el prefijo BR, además se especifican como aquellos que han sido levantados directamente con receptores geodésicos y se les ha generado fichas técnicas.
 - Coordenada X: Ubicación en el eje X dentro del sistema de referencia UTM WGS84 Zona 15.
 - Coordenada Y: Ubicación en el eje Y dentro del sistema de referencia UTM WGS84 Zona 15.
- Polígono catastral:
 - Id: Número asignado al polígono cuyo fin es para codificar cada zona de la red y generar el código catastral de cada predio.
- Líneas de diseño de la red geodésica:
 - Id: Número asignado a cada arista generada.
 - Long M: Longitud de la línea en metros.
 - Red: Red compuesta por el conjunto de líneas mediante los puntos geodésicos. Puede ser RAC3 o RAC2.

- Polígono de cuadras: Es importante señalar que cuadras es el término popular para referirse a las manzanas de una zona.
 - Id: Valor asignado según el orden de enumeración asignado para cada zona.
 - Pol Cuadra: Codificación asignada a cada manzana según la zona en la que se ubique. Para zona 1 se utiliza A, B para zona 2, C para zona 3 y D para zona 4.
 - Área M2: Área de la manzana en metros cuadrados.
 - Perim M: Perímetro de la manzana en metros.
- Polígono de lotificaciones: Es importante señalar que lotes es otra forma de referirse a un predio identificado.
 - No Lote: Número del predio identificado. Se asigna desde el valor 1 en adelante.
 - Área M2: Área del predio en metros cuadrados.
 - Perim M: Perímetro del predio en metros.
 - Dirección: Nomenclatura generada por medio de la metodología de identificación de los predios.
 - Polígono: Polígono catastral dentro del cual se ubica el predio.
 - Id Catastral: Código generado según los códigos de departamento y municipio, establecidos por el RIC; y por el polígono catastral en el que se encuentre el predio.
- Mancha urbana:
 - Year: Año de creación de la ortofoto con el que se generó la mancha urbana por medio de teledetección.
 - Área M2: Área de la mancha urbana en metros cuadrados.
 - Perim M: Perímetro de la mancha urbana en metros.
 - Área KM2: Área de la mancha urbana en kilómetros cuadrados.
 - Perim KM: Perímetro de la mancha urbana en kilómetros.
- Límite municipal:
 - Id: Número asignado a partir de 1.
 - Perim M: Longitud del límite generado en metros.

- Centros de salud:
 - Id: Valor asignado según la enumeración de 1 en adelante. Identifica la cantidad de lugares de este tipo existentes en la zona delimitada.
 - Codigo: Codificación asignada por el IGN. (Por lo general, ya viene incluido en el archivo que se descarga).
 - Nombre: Identificación ya definida por el ministerio de salud. Por ejemplo: Centro de Salud de Nueva Santa Rosa.
- Centros educativos:
 - Id: Valor asignado según la enumeración de 1 en adelante. Identifica la cantidad de lugares de este tipo existentes en la zona delimitada.
 - Nombre: Identificación del centro educativo.
 - Nivel: Nivel educativo que imparte.
 - Tipo: Identifica si es privado, oficial o por cooperativa.
 - Zona: Identifica la zona en la que se ubica según la propuesta generada.
- Pozos de visita:
 - Id: Valor asignado según la enumeración de 1 en adelante. Identifica la cantidad de elementos existentes en la zona delimitada.
 - Profund: Profundidad del elemento en metros.
 - Mat Tragante: Material utilizado en el diseño del elemento.
- Red Agua Potable:
 - Id: Valor asignado según la enumeración de 1 en adelante. Identifica la cantidad de tramos existentes dentro de la red.
 - Diam Tub: Diámetro de la tubería del tramo en pulgadas.
 - Largo M: Longitud del tramo en metros.
- Red Vial:
 - Nombre: Nombre asignado según la nomenclatura de la red dentro de la zona.
 - Tipo: Identifica si el tramo es calle, avenida o diagonal.
 - Zona: Ubicación según la propuesta establecida.
- Drenajes:
 - Id: Valor asignado según la enumeración de 1 en adelante. Identifica la cantidad de tramos existentes dentro de la red.

- Long M: Longitud del tramo en metros.
- Diam Canal: Diámetro del canal del tramo en pulgadas.
- Zonas:
 - Id Zona: Nomenclatura asignada a la zona según la enumeración de 1 en adelante.
 - Área M2: Área de la zona en metros cuadrados.
 - Perim M: Perímetro de la zona en metros.
- Elevaciones:
 - Tipo: Rango de establecido de elevaciones.
 - Área M2: Área de la zona con la misma elevación en metros cuadrados.
 - Perim M: Perímetro de la zona con la misma elevación en metros.
- Pendientes:
 - Tipo: Rango de establecido de pendientes.
 - Área M2: Área de la zona con el mismo grado de pendientes en metros cuadrados.
 - Perim M: Perímetro de la zona con el mismo grado de pendientes en metros.
- Zonas de desarrollo:
 - Área M2: Área de la zona establecida, en metros cuadrados.
 - Perim M: Perímetro de la zona establecida, en metros.

Algunos campos no poseen el nombre completo debido a que se recomienda resumirlos acorde a la cantidad de caracteres que permita colocar el software de información geográfica.

5.2 Recopilación de información existente en línea

Es importante tener muchas referencias de confianza, debido a que la mayoría de la información y registros del interior del país se generó por instituciones nacionales como el IGN, Insivumeh, Anacafé, Segeplan, entre otros. Sin embargo, existen instituciones extranjeras que se han encargado de generar información muy útil para complementar los procesos de levantamiento y estudio de zonas. Por ejemplo, el Servicio Geológico de Estados Unidos USGS, se ha encargado de obtener imágenes satelitales Landsat a lo largo de varias décadas.

En efecto, existen muchas páginas en línea para la recolección de información, sin embargo, es útil tener una base inicial de búsqueda. Debido a ello se muestran continuación fuentes confiables para recopilar información en línea:

Nombre del sitio web	Link	Tipo de información
USGS Glovis	https://glovis.usgs.gov/	Imágenes satelitales landsat
Geoportal Segeplan	http://ideg.segeplan.gob.gt/geoportal/ http://ideg.segeplan.gob.gt/geoserver/web/wicket/bookmarkable/org.geoserver.web.demo.MapPreviewPage?0	Shapefiles y archivos ráster
Geoportal IGN	http://www.ign.gob.gt/geoserver/web/?jsessionid=8BBB8810194EF6947B7C51D4BAACD7C3?wicket:bookmarkablePage=:org.geoserver.web.demo.MapPreviewPage	Modelos ráster
Geoportal CONAP	http://www.bchguatemala.gob.gt:8081/geoserver/web/?wicket:bookmarkablePage=:org.geoserver.web.demo.MapPreviewPage	Modelos ráster
OpenStreetMaps	https://www.openstreetmap.org o también mediante el plugin OpenLayer para QGIS	Shapefiles
Global Forest Watch	http://gis-treecover.wri.org/arcgis/services/ForestCover_lossyear/ImageServer/WMServer?request=GetCapabilities&service=WMS	Geoservicios de dinámica forestal
GeoSeer	https://www.geoseer.net/s.php?q=guatemala	Geoservicios
Geoeduca	http://www.geoeduca.org/proyectogt/	Imágenes

Tabla 1: Sitios recomendados en línea para búsqueda de información gráfica y alfanumérica.

Cada uno de los sitios anteriores recopila información actualizada de manera que puede ser utilizada para comparar o complementar las bases de datos generadas a partir de la información inicial. Cada uno de los sitios permite descargar archivos en los que se puede extraer data ya depurada o se debe trabajar en ellos para generar información adicional dependiendo del trabajo a realizar.

5.2.1 USGS Glovis

El sitio es gestionado por el sistema geológico de Estados Unidos, el cual se ha encargado de recolectar imágenes Landsat a lo largo de varios años. La página imparte un registro de todas las características que provee. Para tener acceso al sitio se debe crear una cuenta, sin embargo, las descargas son gratuitas dependiendo de la resolución que se emplee.

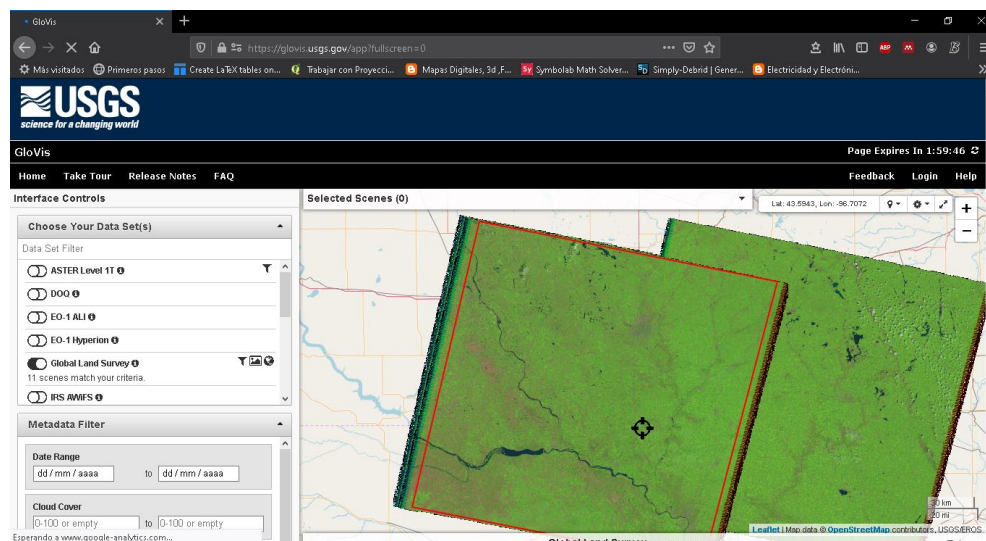


Figura 1: Interfaz de USGS Glovis.

5.2.2 Geoportal Segeplan

El Geoportal de Segeplan permite descargar archivos ráster generados y con una fecha específica. A su vez, la gran variedad de archivos ráster que se pueden obtener abarca información de registros como índices de desnutrición, deslaves, e inundaciones hasta índices pobreza, entre otros. Es importante considerar la exactitud de los resultados que se esperan del proceso, debido a que en este sitio se encuentran muchas imágenes de baja resolución.

La baja resolución abarca grandes áreas de los mapas, por lo tanto si se buscan resultados más precisos, se recomienda generar la información por medio de matrices de datos con archivos ráster y también de tipo shape.

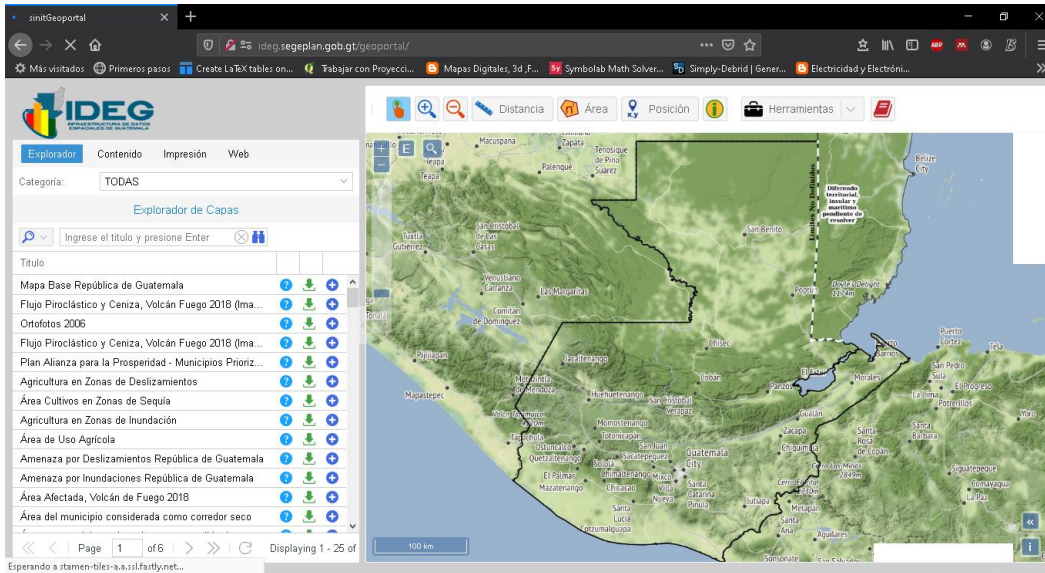


Figura 2: Geoportal Segeplan.

5.2.3 Geoportal IGN

El IGN ofrece gran variedad de información a pesar de no encontrarse totalmente actualizada. Existen muchos registros con archivos vacíos, los cuales es recomendable revisar para definir los datos que se utilizarán y los que se van a depurar.

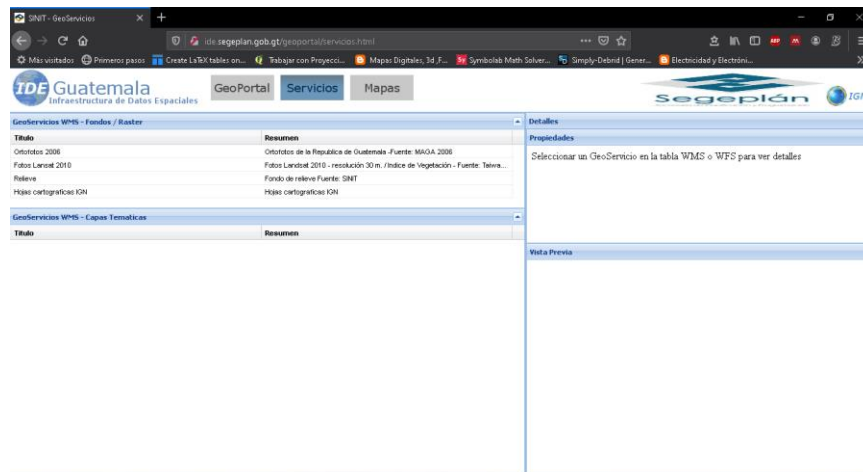


Figura 3: Interfaz de la página de Geoservicios del IGN.

La información que maneja el IGN es muy amplia y abarca desde la geografía del terreno que considera el relieve, curvas de nivel y pendientes. Asimismo se deben revisar la fecha de los archivos que se descargan ya que muchos de ellos llevan más de 10 años de haberse generado, por lo que es muy útil considerarla como resultados antecesores a los que se manejan actualmente.

5.2.4 Open Street Maps

Open Street Maps maneja una base de datos actualizada y con una mayor cantidad de detalles que muchos archivos que se pueden encontrar en el IGN. El sitio en línea ofrece detalles acerca de los procesos y avances que se logran con la recopilación de información. No obstante, se debe crear una cuenta para acceso a más detalles.

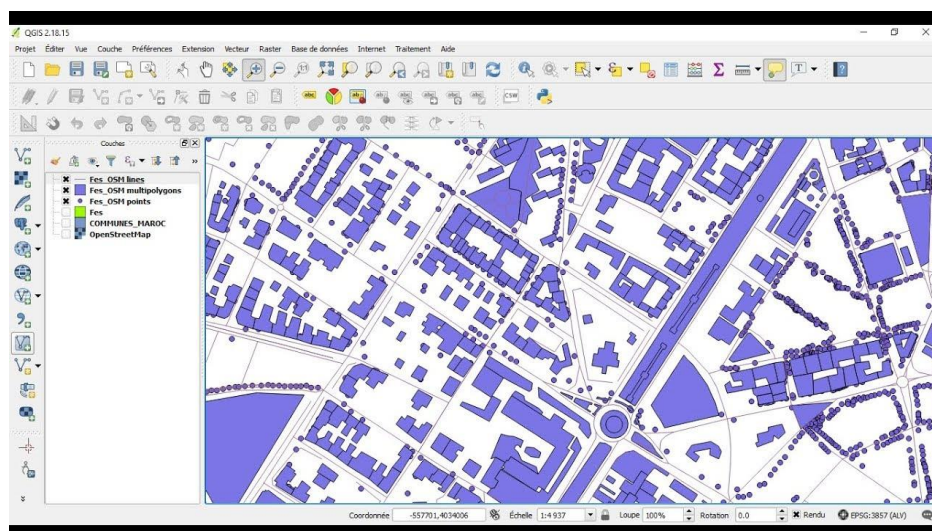


Figura 4: OpenStreetMaps en QGIS.

Sin embargo, el software de QGIS permite la descarga de un plugin llamado OpenLayerPlugin, el cual permite descargar de una forma más rápida la información que se tiene de una zona en específico.

5.2.5 Global Forest Watch

Es un sitio de World Resources Institute, encargado de monitorear la dinámica de los bosques. Se pueden encontrar registros acerca del crecimiento, deterioro e información acerca de los efectos de acciones como incendios forestales.

5.2.6 GeoSeer

Es un buscador que permite descargar información espacial relacionada con estudios no lucrativos y e investigaciones con fines educativos. También ofrece información sobre artículos científicos relacionados con la metadata espacial y a su vez analiza una cantidad significativa de sitios en línea de los cuales se puede seguir buscando información.

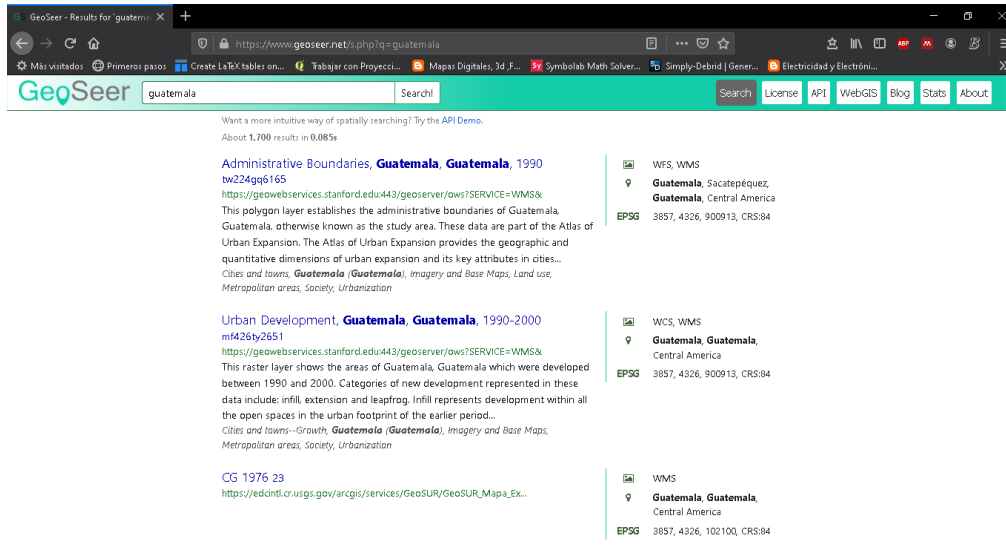


Figura 5: Interfaz de GeoSeer

5.3 Recopilación de información existente en instituciones

La municipalidad es el ente principal que registra información de un municipio y de cada una de las comunidades que se encuentran en este. Por ende, estos lugares marcan el punto de partida para la investigación no digital de información. No obstante, existen otras entidades que registran información tales como IGN, Insivumeh y Segeplan.

Es importante revisar la fecha de creación de los datos recopilados e incluso revisar la coherencia de estos debido a que en la mayoría de los casos los estudios no se realizan o almacenan de forma correcta. No obstante, es de suma importancia especificar la información exigida incluyendo los campos de la base de datos contenida en los archivos de información gráfica.

5.4 Delimitación del área a catastrar

La fase previa de la metodología consiste en definir una zona delimitada para su estudio y posterior levantamiento. Se establecen los límites de la zona con su respectivo perímetro y el

área resultante. A su vez, el estudio de la zona implica un reconocimiento general que determine las ubicaciones convenientes para el inicio de la fase de levantamiento directo.

Un municipio se puede conocer mejor cuando este se visita. En efecto, se logran identificar características que en la mayoría de los casos no se encuentra registro alguno en internet o por parte de las entidades. Es útil realizar un croquis en el que se marquen los principales puntos de interés sobre los cuales se aplicará la referencia geográfica de la información a levantar.

6. Metodología de levantamiento directo

La fase consiste en la creación de información por medio de equipo especializado. La información se genera directamente en área de estudio y para cada tipo de información se lleva a cabo un proceso diferente.

La generación de información implica el registro del proceso en fichas técnicas que especifiquen ordenadamente los resultados obtenidos y bajo qué criterios que valores iniciales se trabajó con el equipo. A su vez, el RIC exige que para el levantamiento directo específico de ciertos elementos, se tomen en cuenta ciertos datos con el fin de generar mayor fundamento en los registros.

6.1 Puntos de referencia y red geodésica

6.1.1 Etapa de planificación

Después de recopilar toda la información gráfica existente sobre la zona a catastrar que servirá para el estudio respectivo y establecer en coordinación con autoridades municipales la sectorización urbana o rural; se adecúa la poligonación catastral a las necesidades municipales.

Para ello, se diseña una red geodésica que permita generar la poligonación y que cumpla con las especificaciones establecidas por la normativa del RIC. No obstante, para el previo diseño de la red se debe contar con productos cartográficos básicos y generar propuestas.

Los productos cartográficos básicos que se deben incluir en los proyectos catastrales son:

- Hojas cartográficas y mapas existentes.
- Fotos contacto o imágenes digitales.
- Ortofotos.
- Imágenes satelitales.
- Sectorización municipal.

Los anteriores proveen de información gráfica real acerca de la distribución territorial y la actualidad de los sectores en los que se divide la zona a levantar. En efecto, un levantamiento debe considerar los criterios del RIC para su desarrollo, los cuales se especifican a continuación.

Límites municipales

En relación con el procedimiento de los límites municipales se deberá tomar en cuenta las hojas cartográficas, información del diccionario geográfico, disposiciones gubernamentales y municipales, información que el Instituto Nacional de Estadística proporcione y toda la información que el Instituto Geográfico Nacional tenga por valedera.

Sin embargo, se recomienda utilizar un sistema de información geográfica SIG para establecer los límites de acuerdo con el síndico municipal o el personal competente, esto debido a que agiliza el proceso y se puede utilizar para las etapas posteriores de procesamiento de información.

En el caso que sea factible, además de la información documental de referencia, será conveniente hacer el levantamiento de los límites en campo con la participación para cada tramo de representante autorizado de la municipalidad colindante.

Diseño de la red de apoyo catastral RAC

Actividad que se realiza en gabinete para proponer la distribución geométrica que determina la ubicación de los puntos o vértices de la RAC a ser utilizada como referencia de los trabajos catastrales.

Primero se diseña en la cartografía básica, de forma tal que se cumpla con los requisitos geométricos de distribución, que permitan contar con una red uniforme y que llene los requisitos normativos de acuerdo con los tres niveles de las RAC:

- RAC1: Redes de Apoyo Catastral de Primer Orden establecidas por el Registro de Información Catastral y referenciadas a la Red Geodésica Nacional. Las mismas tendrán una distancia entre puntos de 7 a 15 kilómetros y una precisión de 5 mm. + 1 ppm.
- RAC2: Redes de Apoyo Catastral de Segundo Orden establecidas por el Registro de Información Catastral y referenciadas a la RAC1. Las mismas tendrán una distancia entre puntos de 0.5 a 7 kilómetros y una precisión de 10 mm. + 2 ppm.
- RAC3: Redes de Apoyo Catastral de Tercer Orden y referenciadas a la RAC2, materializadas en el campo como poligonales de apoyo para el levantamiento de áreas urbanas y centros poblados. La tolerancia de cierre está en relación con la longitud, y por lo tanto los valores estarán definidos por esa misma longitud.

La planificación de los puntos geodésicos consiste en distribuirlos estratégicamente sobre la zona a levantar con el fin de referenciar toda el área y a su vez se deben colocar en zonas despejadas de construcciones, torres, postes o cualquier elemento que interfiera con la señal GPS existente en el sitio.

Codificación de la red de apoyo catastral RAC1 y RAC2

La codificación de las redes generadas es importante para generar una poligonación y asimismo un código catastral para los predios ubicados dentro de este.

Los códigos de identificación para la Redes de Apoyo Catastral serán definidos según su orden, el lugar donde se ubican y el número correlativo que les corresponda, quedando el código definido de esta manera:



Figura 6: Codificación catastral de los polígonos.

- a) En este espacio se especifica el orden de la red a la que pertenece el punto, en este caso es 1 o 2.
- b) Espacios que especifican el código del departamento donde se ubica el punto y será asignado según la codificación aprobada por el RIC.
- c) Espacios especificados para el código del municipio donde se ubica el punto y será asignado según la codificación aprobada por el RIC.
- d) Espacio donde se coloca el correlativo correspondiente al punto dentro del departamento y municipio. Los espacios deben llenarse con ceros si las cifras de la numeración correspondiente al punto son menores a la cantidad de espacios.

Los códigos para el espacio b y c se encuentran listados en la normativa del RIC para los 22 departamentos y los más de 330 municipios del país.

Red de apoyo catastral RAC1

La red geodésica del Instituto Geográfico Nacional, ahora disponible, será el marco nacional de referencia al que deberán vincularse todas las Redes de Apoyo Catastral 1. Un mínimo de dos estaciones de referencia, convenientemente seleccionadas en cuanto a su ubicación, deben ser incluidas en todo nuevo proyecto.

La cantidad de puntos de la Red de Apoyo Catastral 1 quedaría sometida a las necesidades del proyecto. De tal manera que la densificación de la RAC1 podría estar constituida de modo tal que los vectores que conectan los puntos tengan una longitud comprendida entre los 5 y 15 km. El diseño simplemente conlleva el estudio de puntos geodésicos existentes en el lugar; planificación y diseño sobre cartografía análoga o digital; y la selección de los sitios.

Selección del sitio para la RAC1

Una vez diseñado el proyecto se inicia el reconocimiento de la red. La primera etapa será la verificación de la existencia y de las condiciones de los vértices de la red geodésica a emplear en el proyecto. Las nuevas estaciones deberán reunir tres condiciones principales: Estabilidad, Visibilidad (al horizonte) y Facilidad de acceso, además de otras características tales como:

1. Cielo despejado sobre los 10° desde el horizonte.
2. Evitar la existencia de superficies reflejantes a menos de 50 metros de la estación tales como espejos de agua, techos planos metálicos o cubiertos de materiales reflejantes, etc.
3. Evitar estructuras metálicas, líneas de transmisión de energía o antenas de equipos de comunicación.
4. El suelo donde se materialice el punto debe ser estable, libre de erosión y deslizamientos de manera que garantice la permanencia del monumento.
5. No deberá estar en cruce de vías o lugares de intenso tráfico automotor.
6. Libre de vegetación que dificulte encontrar el punto a los usuarios.
7. De preferencia que sean lugares públicos y seguros.
8. Evitar puntos en edificios, tanques de agua, puentes, etc.
9. Al finalizar esta etapa se deberá elaborar un croquis de ubicación del punto, indicando las obstrucciones si en caso las hubiere.

Diseño de la RAC2

El diseño conlleva el estudio de puntos de la RAC1 y la red geodésica del IGN existentes en el lugar; planificación y diseño sobre cartografía análoga o digital; y planificación de puntos de partida para la poligonal de apoyo catastral RAC3.

Selección del sitio para la RAC2

La elección de sitios en donde se establecerán los puntos para esta red dependerá de la necesidad de densificación del proyecto. Se deben tomar en cuenta lo siguiente:

1. Cielo despejado sobre los 10° desde el horizonte.

2. Evitar la existencia de superficies reflejantes a menos de 50 metros de la estación tales como espejos de agua, techos planos metálicos o cubiertos de materiales reflejantes, etc.
3. El suelo donde se materialice el punto debe ser estable, libre de erosión y deslizamientos de manera que garantice la permanencia del monumento.
4. No deberá estar en cruce de vías o lugares de intenso tráfico automotor.
5. Libre de vegetación que dificulte encontrar el punto a los usuarios.
6. De preferencia que sean lugares públicos y seguros.
7. Evitar puntos en edificios, tanques de agua, puentes, etc.
8. Al finalizar esta etapa se deberá elaborar un croquis de ubicación del punto, indicando las obstrucciones si en caso las hubiere.
9. La intervisibilidad debe ser entre por lo menos dos puntos de esta red.

Red de apoyo catastral RAC3

El diseño de la poligonal de la RAC3 implica el estudio de los puntos existentes de la RAC2 y la planificación mediante fotografía aérea o planos en forma análoga o digital.

Selección de los sitios para la red de apoyo catastral RAC3

Una vez diseñada la poligonal se inicia el reconocimiento y materialización de esta. La primera etapa será la verificación de la existencia y de las condiciones de los puntos de la red de orden superior a emplear en el proyecto.

El suelo donde se materialice el punto debe ser estable, libre de erosión y deslizamientos de manera que garantice la rigidez del punto. No deberá estar en cruce de vías o lugares de intenso tráfico automotor, libre de vegetación que dificulte encontrar el punto a los usuarios, que sean lugares públicos y se podrán establecer en superficies rígidas como banquetas.

6.1.2 Etapa de levantamiento

Esta etapa inicia con el establecimiento de los puntos de interés sobre los que se generará la red geodésica. Se recomienda utilizar el croquis generado para identificar el sitio sobre el que

se colocará el punto. Es recomendable realizar un levantamiento con GPS y corrección diferencial para generar las coordenadas del punto.

Desde un punto base se coloca el receptor permanente y en los puntos secundarios se colocan los receptores auxiliares. Para la adquisición de valores, el dispositivo se debe dejar en un tiempo mínimo de 1 hora y establecer un valor de referencia vertical además de la altura elipsoidal del punto. La finalidad es obtener la elevación geoidal, para lo cual se realizan las lecturas que registra el receptor geodésico de la estación de rastreo permanente.

Por otra parte, la monumentación se debe realizar en el momento preciso en el que se terminan de realizar las lecturas. Debido a ello, se debe manejar cuidadosamente el equipo y realizar una perforación sobre la que se debe fundir una ficha de bronce con un código especificado para el tipo de red en el que se utilizará.

Se recomienda realizar una revisión de cada punto por medio de un GPS portátil y registrar los datos para después compararlos con los resultados de las fichas para evitar inconvenientes en las proyecciones o los valores obtenidos.

Geoposicionamiento de las RAC

Método por el cual se determinan las coordenadas geográficas, planas y/o cartesianas de un punto, producidas por un receptor con sistema de posicionamiento global (GPS) en modo individual y su procesamiento, ajuste e incorporación a las bases de datos catastrales.

El Geoposicionamiento de la RAC contempla las actividades de campo para determinar las coordenadas GTM (Guatemala Transversa de Mercator) de las mismas, su procesamiento, ajuste e incorporación a las bases de datos catastrales.

Dibujo del croquis de levantamiento

Con el fin de documentar el acto legal del levantamiento catastral, como parte del proceso y según los acuerdos logrados entre los propietarios catastrales, se elabora el croquis del predio catastrado, que consiste en un dibujo de baja precisión que se realiza al momento del levantamiento de información catastral, en el cual se representa la forma, orientación del

predio con respecto al norte y otros elementos dominantes (límites, calles, construcciones, etc.), identificadores de estaciones y puntos de referencia utilizados que faciliten el trabajo posterior de representación de los predios.

Geoposicionamiento de la RAC2

La red de Apoyo Catastral de Segundo Orden deberá tener una precisión de igual o mejor que:

$$\pm 10\text{mm} + 2\text{ppm (partes por millón)}.$$

Los parámetros del geoposicionamiento son los siguientes:

1. Receptores: se pueden utilizar receptores de doble frecuencia y de una frecuencia.
2. Método de levantamiento: Para la medición de la RAC2 se utilizará el método de levantamiento Estático Rápido, es decir que se deja estático el receptor por un intervalo definido de tiempo corto.
3. Duración de la sesión: La misma tendrá una duración de por lo menos 45 minutos.
4. Altura de la antena: se deberán anotar dos alturas de antena al principio de la medición y deberá especificarse en la boleta de GPS a que parte de la antena fue tomada, asimismo se tomarán dos alturas al término de la sesión y sacar el promedio de ellas.
5. Máscara de elevación: No deberá sobrepasar los 15° de elevación para no afectar el PDOP por la geometría de los satélites, ni deberá estar por debajo de los 10° para evitar el multipath (retraso de la señal por desvío en superficies reflejantes).
6. Intervalo de observación: El intervalo época deberá ser de 15 segundos.
7. Ficha técnica GPS: se deberá llenar una boleta por punto y por sesión donde se llenarán todos los datos que en ella se piden.

En el postproceso se deberá emplear un Software que permita realizar la corrección diferencial y ajuste de redes, con ello se logrará alcanzar las precisiones establecidas para la red. Al final, se debe incluir una ficha técnica de observaciones con el GPS, el cual debe incluir las coordenadas depuradas y los valores de longitud, latitud y elevación.

Levantamiento de la red de apoyo catastral RAC3

La poligonal de apoyo catastral debe cumplir con las tolerancias de poligonal cerrada y poligonal amarrada. Asimismo, se debe utilizar el equipo adecuado para el levantamiento y un croquis de poligonal según la normativa del RIC. En una poligonal cerrada, las líneas regresan al punto de partida, formándose así un polígono geométrico y analíticamente cerrado.

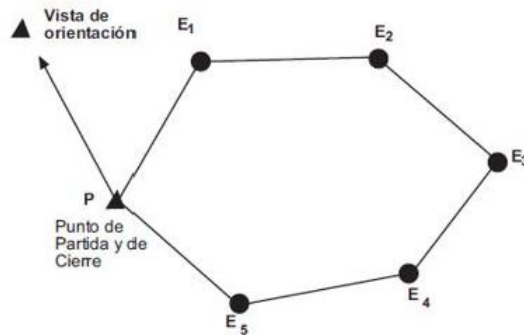


Figura 7: Poligonal cerrada.

La tolerancia angular “Ta” se define a partir de la siguiente expresión:

$$Ta = \sqrt{400 * n}$$

Dónde: n = Número de lados de poligonal

La tolerancia planimétrica en distancia “Tpd” se define por la expresión:

$$Tpd(cm) = \sqrt{(9 * n) + (300 * L)}$$

Dónde: n = Número de lados de la poligonal L = longitud de la poligonal

La poligonal amarrada es el tipo que parte de los puntos conocidos y termina en otro punto de la red de amarre.

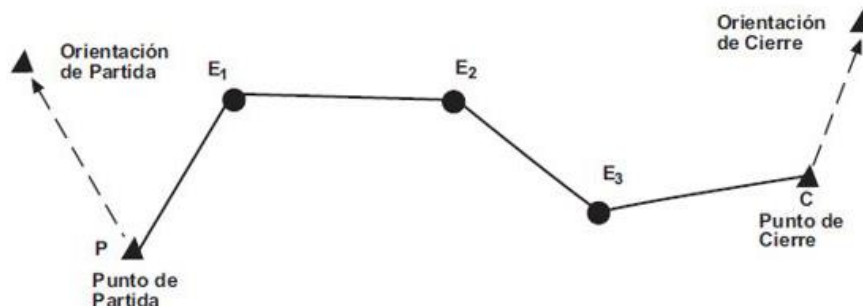


Figura 8: Poligonal amarrada.

La tolerancia angular ($T\alpha$) en segundos se define a partir de la siguiente expresión:

$$T\alpha = \sqrt{6000 + 400 * (n + 1)}$$

Dónde: n = Número de lados de poligonal

La tolerancia planimétrica en distancia “ Tpd ” se define por la expresión:

$$Tpd(cm) = \sqrt{100 + 9 * x + 300 * L}$$

Dónde: n = Número de lados de la poligonal L = longitud de la poligonal

Los equipos utilizados para la medición de la poligonal deberán tener una precisión angular de 5” o mejor y para la medición de distancias la precisión de medida deberá ser de 5 mm. + 2 ppm o mejor.

Guía para el control de observaciones GPS

1. Seleccionar un punto de la RAC1 u otro de orden superior tomando en cuenta la longitud de la línea base y distancia a que se encuentran los predios a geoposicionar. De ser necesario utilizarse 2 puntos.
2. Colocar un receptor sobre el o los puntos de la RAC1 seleccionados, los cuales serán las bases fijas que servirán para el proceso y corrección diferencial.
3. En el lugar donde se va a geoposicionar los predios, el operador creará en el receptor GPS el archivo donde salvará la información.
4. Verificará que el receptor se encuentre configurado de acuerdo con los parámetros internacionalmente aceptados (máscara de elevación, número mínimo de satélites, intervalo de grabación del punto).
5. Seguidamente, se nivelará, centrará y procederá a la toma de datos sobre cada uno de los mojones o linderos mostrados por el Titular Catastral del predio.
6. La recepción de las señales del GPS debe ser por lo menos de 20 minutos continuos.
7. Transcurrido el tiempo, se apagará el receptor GPS, habiendo representado los mojones y linderos en el croquis a través de la simbología establecida en la Norma Técnica Catastral.

Plano y mapa catastral digital

El mapa catastral se entiende como un producto a nivel detallado con la escala de representación suficiente para mostrar adecuadamente los predios en una zona determinada y con la claridad que los datos que dan origen cumplen con las normas de precisión del levantamiento. Toda posición en el marco del mapa y/o plano catastral será expresada hasta el centímetro y se entiende enmarcada en los límites de tolerancia según si se trata de predios de tipo rural o urbano y zonas con alta densidad predial.

La información básica obligatoria es la relativa al predio y su delimitación, sin embargo, no se prohíbe la incorporación de otra información de utilidad tanto para la orientación de las personas como para la aplicación de otras leyes relativas a la tierra y los recursos naturales, aun cuando no afecten las características de los predios.

De tal forma que formaran parte del mapa catastral los cuerpos de agua, los caminos y carreteras y otros objetos que resulte conveniente, al catastro, su representación. El contenido mínimo para el procesamiento de la información gráfica es el siguiente:

Capa o Layer	Descripción
Puntos de esquineros de predios	Coordenadas de puntos donde concurren mojones o esquineros de planos de predios individuales. Tiene un identificador único.
Linderos de predios	Líneas que definen las colindancias entre dos o más propiedades individuales.
Predios	Define las propiedades individuales.
Linderos de polígonos	Líneas de colindancias entre sectores o subzonas del municipio.
Polígonos	Define sectores o subzonas dentro del municipio.
Linderos del municipio	Líneas de colindancias del municipio.
Municipio	Polígono de delimitación del municipio.
Linderos del departamento	Líneas de colindancia del departamento.
Red geodésica	Conjunto sistemático de puntos que forman un entramado de coordenadas con posiciones geodésicas exactas. Tienen un identificador único.
Base cartográfica	Define los diferentes elementos geográficos que se utilizan para referencia de la base catastral. Pueden ser sustituidos por imagen en formato ráster.

Tabla 2: Descripción de los elementos de los mapas catastrales.

Equipo utilizado para la toma de puntos

Se deberá utilizar una base y un rover como receptores geodésicos de señal GPS-GNSS o RTK dependiendo de la disposición que se tenga de los mismos. Se propone un modelo R4 de la marca Trimble o un R8. La base se utiliza como receptor principal en la estación y los rover se pueden utilizar para medir todos los puntos de control a través del método estático que consiste en mantener el equipo activado por un tiempo definido para después realizar las lecturas.



Figura 9: Base y Rover Trimble R4.

Toma de puntos

La toma de los puntos geodésicos se desglosa de la siguiente forma:

1. Se coloca la base nivelada en una zona elevada y/o despejada, la cual permita obtener buena señal de GPS. Asimismo, se recomienda realizar el trabajo en condiciones climáticas adecuadas y en un lugar seguro donde no exista riesgo de manipulación por terceros.
2. Se conecta un dispositivo móvil al receptor base utilizando la aplicación de Trimble para Android.
3. Se colocan los rover sobre los puntos que se quieren levantar.
4. Se inicia la toma de datos de la base. Se debe considerar que el tiempo de medición debe ser suficiente para medir todos los puntos definidos. Se recomienda un tiempo aproximado de 10 a 15 minutos para cada punto.
5. Se configuran los parámetros de medición y el tiempo de toma de datos.

6. Verificar que la comunicación sea con al menos 4 satélites antes de tomar los datos.
7. Se inicia la toma de datos con los rover.
8. Almacenar los datos en el dispositivo móvil y repetir el proceso en los demás puntos.

6.1.3 Etapa de monumentación

Luego de ubicar y señalar los puntos geodésicos que permiten el diseño de la red, es necesario construir una monumentación con las especificaciones del RIC para codificar el punto y establecer esa posición.

Monumentación de la RAC1

Los monumentos de la RAC1 implican un diseño con una fundición de concreto correspondiente a una proporción de una parte de cemento por dos de arena y dos de piedrín (1:2:2), con el fin de obtener una resistencia de 217 kg/cm^2 ; y una ficha de bronce de 7 cm de diámetro con pin de 10 cm. de longitud, que contenga la siguiente información: Código del punto, fecha del geoposicionamiento, y nombre del RIC. Además, se debe especificar el punto por medio de un croquis.

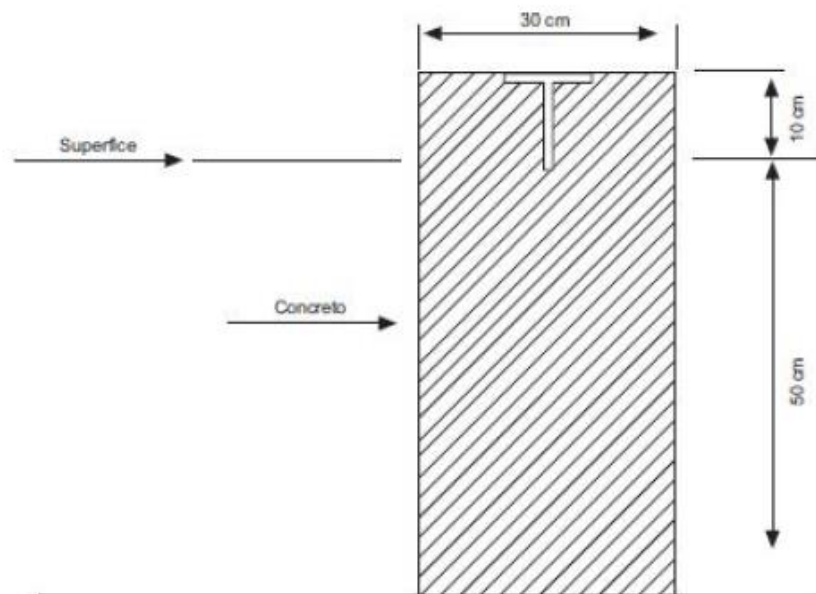


Figura 10: Monumentación de la RAC1.

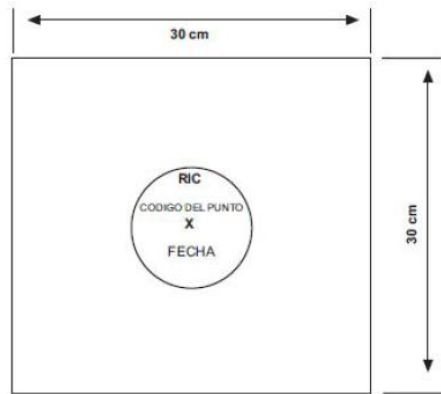


Figura 11: Vista de planta de la monumentación de la RAC1.

Monumentación de la RAC2

Los criterios de diseño de estos monumentos son muy similares a la de los pertenecientes a la RAC1, la diferencia radica únicamente en las dimensiones.

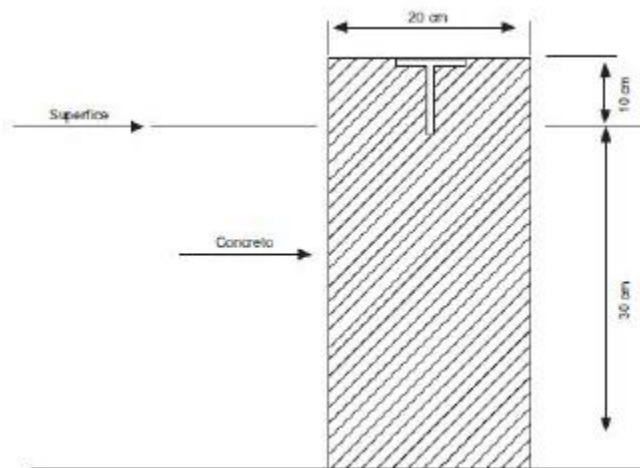


Figura 12: Monumentación de la RAC2.

Los puntos de la RAC2 deben incluir un croquis de la ubicación del punto que incluye un formato con las especificaciones técnicas.

Monumentación de la red de apoyo catastral RAC3

El criterio para la materialización de los puntos de la RAC3 deberá ser la inamovilidad y perdurabilidad de los puntos, así como la visibilidad entre puntos.

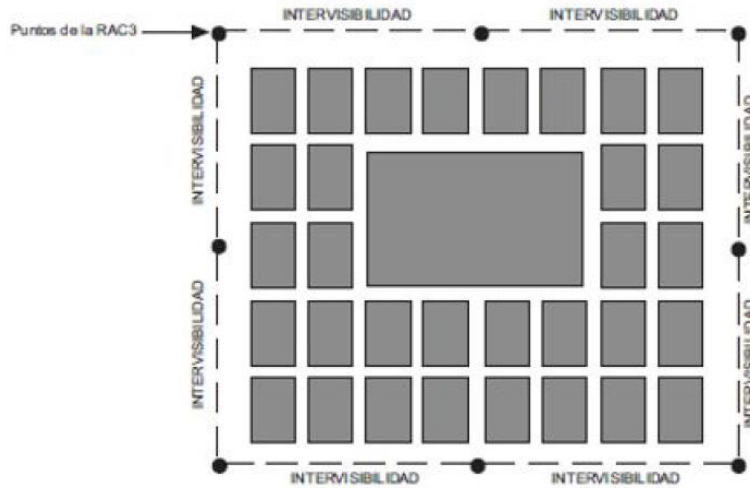


Figura 13: Monumentación de la RAC3.

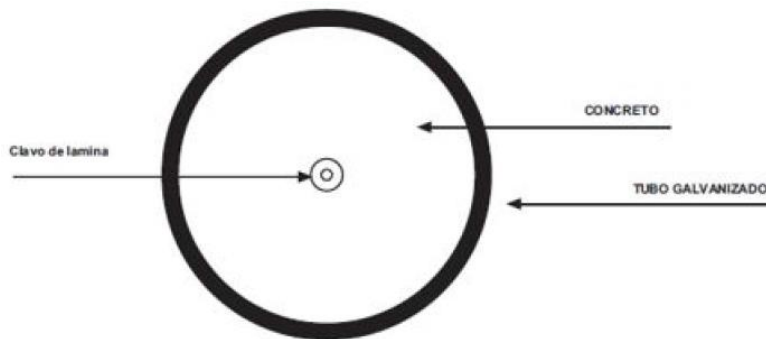


Figura 14: Ficha de bronce para la RAC3.

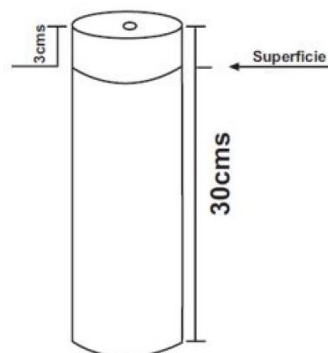


Figura 15: Vista de perfil de la monumentación de la RAC3.

Se deberán materializar los puntos de la poligonal con una varilla de hierro de 1/4" y con longitud mínima de 0.20 m de longitud con una marca en el centro, cuando el lugar sea una superficie sólida (adoquín, entre el sisado de planchas de concreto, etc.) Por otra parte, se

deberá materializar la poligonal con clavo de lámina galvanizado o tornillo de cruz resistente a la corrosión de 3”, cuando sean banquetas o superficies de concreto.

6.2 Generación de ortofotos mediante dron

Las ortofotos se obtienen por medio del vuelo fotogramétrico con el dron, generando fotografías verticales de la zona de levantamiento.

6.2.1 Plan de vuelo

El plan de vuelo asegura la cobertura del área que se quiere analizar y permite definir los tiempos en que el dron capta las imágenes. Se debe hacer un análisis de la altura máxima permitida de vuelo y sobre las áreas en las que está prohibido captar imágenes aéreas. La línea de vuelo debe ser preferiblemente de Norte a Sur y de Este a Oeste, manteniendo el ángulo vertical.

Existen ciertos factores que determinan las características del vuelo a realizar. Los más importantes son:

- Límites de la zona a cubrir.
- Altura de vuelo permitida.
- Distancia focal de la cámara y el formato o tamaño de imágenes.
- Resolución de las imágenes.
- Resolución de la cámara.
- Superposición longitudinal.
- Superposición transversal.

Al definir los parámetros anteriores, se obtienen las características de la misión de vuelo que se deben cumplir para obtener la calidad apropiada de imágenes.

- Altitud de vuelo respecto al nivel del suelo.
- Distancia entre tomas fotográficas.
- Distancia entre líneas de vuelo.
- Número total de fotografías.
- Número de fotos por la línea de vuelo.
- Número de líneas de vuelo.

En la siguiente imagen se ejemplifica el plan de vuelo con dron, el cual considera los traslapes longitudinales y transversales dentro de la zona de interés.

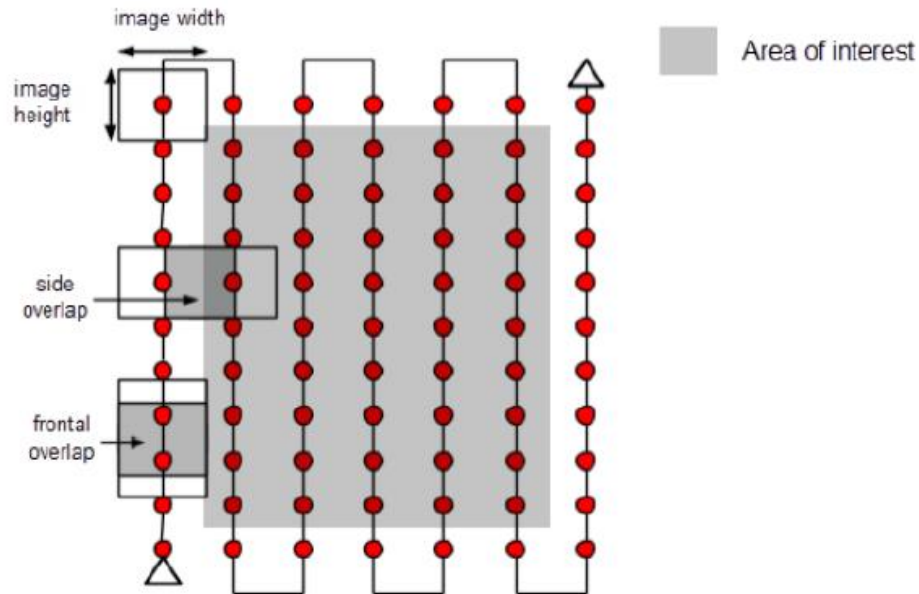


Figura 16: Plan de vuelo.

Para generar el plan de vuelo, se recomienda utilizar DJI Terra o Pix4D. Antes de planificar el vuelo, es importante definir el punto de partida del dron y obtener la ubicación con sus respectivas coordenadas y elevación.

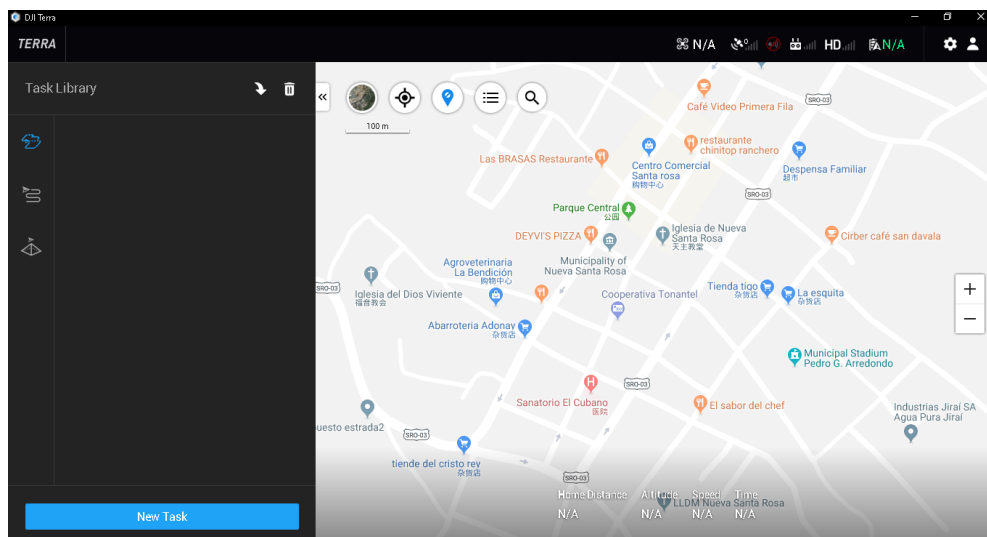


Figura 17: Interfaz de DJI Terra.

Después se da clic en New Task, y seleccionamos la opción de mapping.

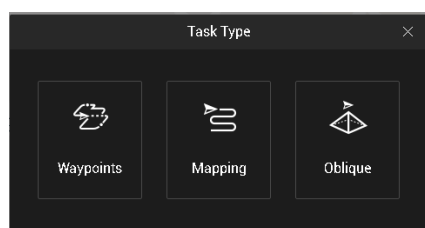


Figura 18: Plan de vuelo mediante DJI Terra.

Después se debe dar clic en los puntos en donde se delimita la zona de interés a levantar. Automáticamente se obtienen las distancias, tiempo estimado y el área de la zona de interés.

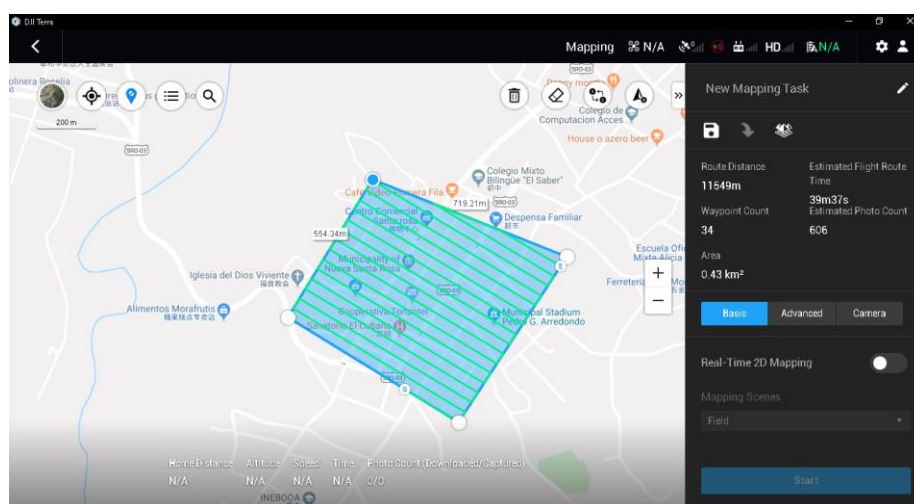


Figura 19: Variables del plan de vuelo mediante DJI Terra.

El plan de vuelo se carga automáticamente al dron por medio de una Tablet conectada al mando de este.

6.2.2 Elección del GSD

Este parámetro consiste en la resolución final que tendrán las imágenes. Mientras este valor aumente, menor será la resolución de las imágenes resultantes. Para escoger el GSD apropiado, se debe definir previamente el tipo de proyecto que se realizará. No obstante, para catastro se establece según el RIC y el IGN, los valores mínimos de 0.3 metros de resolución, lo cual se refiere a 30 cm por cada píxel.

Los drones son capaces de utilizar resoluciones en el intervalo de 0.02 y 0.08 m aproximadamente, lo cual es ideal para los exigentes niveles de precisión que se requieren.

6.2.3 Características del dron

Se recomiendan drones de tres o más rotores y con una cámara lineal que permita tomas con la geometría de la imagen en una proyección no cónica. Sistema GPS de gran alcance para determinar la orientación externa de la cámara durante el vuelo; y prestaciones para generar imágenes a mayor escala debido al movimiento del vehículo.

El dron debe contar con tecnología GPS-GNSS o GPS-RTK, que permita obtener coordenadas en tiempo real con un alto nivel de precisión. La diferencia entre ambos sistemas radica en que los RTK se conforman por más de un receptor que se ven afectados por las mismas fuentes de error como fallos en el reloj GPS y el efecto multitrayectoria.

El receptor móvil recibe la señal satelital y la de las antenas RTK, lo cual permite la utilización de algoritmos de corrección para lograr una mejora en la precisión. Se recomienda utilizar drones DJI o de otras marcas de calidad y que cumplan con las exigencias de altura, alcance de la señal, cámara, precisión y capacidad de vuelo.

Se deberá considerar los parámetros especificados por el fabricante, ya que son estimaciones realizadas según pruebas en ambientes controlados. El usuario del dron debe efectuar varias pruebas para verificar la duración de la batería y la velocidad máxima de éste.



Figura 20: Dron modelo Phantom 4 de DJI.

Para las características principales que se consideran en el dron, se tomo como ejemplo el DJI Phantom 4 en la siguiente ficha técnica:



FICHA TÉCNICA PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE VUELO

Guatemala, 19/07/2019

Información general del vuelo			
Nombre:	Casco Urbano Cabecera Municipal		
Municipio/s	Nueva Santa Rosa	Fecha de levantamiento	
Departamento	Santa Rosa	Inicio	19/07/2019
Longitud (m)	49.20	Final	19/07/2019
Descripción: Planificación de los 4 vuelos para el levantamiento del casco urbano.			
Mapa de Ubicación del Vuelo			
Notas: Se realizaron 4 vuelos de levantamiento respectivos.			

Información del equipo aéreo no tripulado			
Parámetros de la Cámara		Parámetros del sensor	
Resolución (Mpx)	12	Tipo	GNSS
Resolución horizontal (px)	4000	Pix efectivos (Mpx)	
Resolución vertical (px)	3000	Alto (mm)	4.70
Distancia Focal (mm)	3.61	Ancho (mm)	6.30
Información de Aeronave		Parámetros de vuelo	
Marca	DJI	GSD deseada (cm/pix)	3.5
Modelo	Phantom 4 Pro	Altura de vuelo (m)	61
Tipo:	Cuadróptero	Velocidad de vuelo (m/s)	1.41
Traslape entre Fotos	Lateral (%)	80	Frontal (%)
			70

Figura 21: Ficha técnica de plan de vuelo.

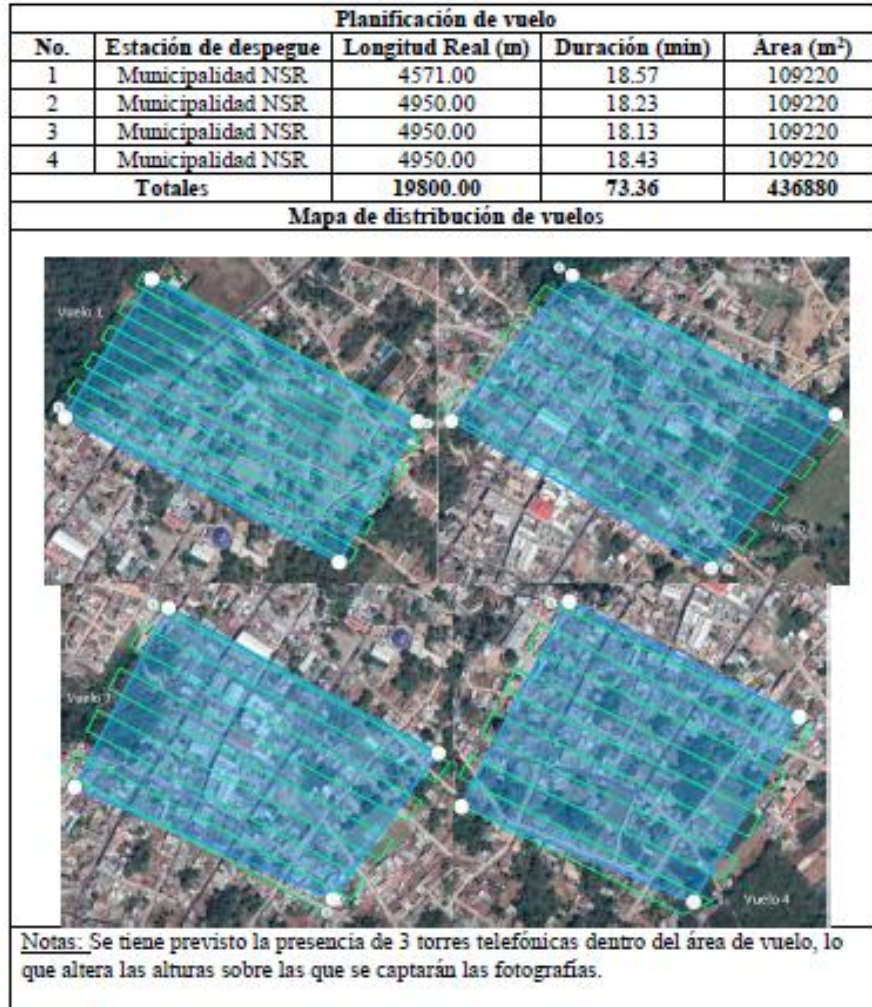


Figura 22: Segunda parte de la ficha técnica del plan de vuelo.

6.2.4 Trabajo de campo

Se procede al levantamiento de las fotografías aéreas a partir de los siguientes pasos.

1. Elaborar una ficha técnica de un vuelo de reconocimiento para verificar la presencia de obstáculos identificados.
2. Conectar el dron a un dispositivo Tablet y revisar que la comunicación sea con al menos 4 satélites para identificar el punto de despegue y triangular su posición.
3. Verificar el área de la zona de levantamiento.
4. Revisar que los parámetros sean los establecidos en el plan de vuelo.
5. Supervisar que el tiempo de vuelo no sea excedida para la capacidad de la batería instalada en el dron.

6. Iniciar el primer vuelo. Verificar el dispositivo móvil al mando para obtener simultáneamente el estado del vuelo, la ubicación del dron y el estado de la batería.
7. Aterrizar el dron de forma meticulosa.
8. Almacenar las fotografías captadas en una memoria micro SD con 64 GB (recomendado), y verificar que el almacenamiento sea suficiente para el siguiente vuelo.
9. Repetir todos los pasos para cada vuelo.

7. Procesamiento y generación de resultados

Previo a la etapa de procesamiento, es importante revisar las prestaciones del equipo de cómputo que se utilizará. En efecto, se recomienda utilizar una memoria RAM de al menos 16 GB; un procesador Intel Core i7 o AMD A10 y posteriores; tarjeta de video de alta capacidad (NVIDIA, ZOTAC, etc.); y un sistema operativo Windows 10 actualizado.

7.1 Procesamiento de los puntos

Para el procesamiento de los puntos se deberá instalar Trimble Business Center. En efecto, los pasos del procesamiento son los siguientes:

1. Con el dispositivo móvil aún conectado al receptor geodésico mediante bluetooth, se debe ir a la sección de utilidades y enviar archivos de datos por correo electrónico para después descargarlos en el ordenador.
2. Previo a ingresar a los archivos con la información de los puntos levantados, se define el sistema de coordenadas en el que se trabajará con Trimble Business Center. Dentro del software nos vamos a Inicio y en la sección Geodésico se busca la opción de Cambiar sistema de coordenadas.
3. Entramos a Sistema de zona de coordenadas y buscamos uno de los dos sistemas que se utilizan en Guatemala (UTM WGS84 Zona 15N o UTM WGS84 Zona 16N).
4. Después se selecciona el modelo geoidal utilizado, el cual suele ser el EG96.
5. Se verifican los datos de los puntos de control, tales como hora y fecha de medición; duración de la toma de datos; tipo de receptor; altura a la que se midió; y el nombre del punto.

6. Luego se debe procesar la línea base con la opción ubicada en la pestaña de Levantamiento y se proyecta una línea azul a los puntos que se procesaron adecuadamente. Asimismo, aparecerá una bandera roja para los puntos que presentan errores mayores al permisible según el software.
7. Al terminar de procesar la línea, se debe generar reportes que verifiquen que todos los puntos se hayan medido correctamente. El software permite exportar un archivo de formato txt con el listado de todos los puntos y sus respectivas coordenadas.

7.2 Generación de imágenes con el software de Agisoft

Mediante el software de Agisoft hacemos clic en el botón de Añadir fotos en el área de Espacio de trabajo.

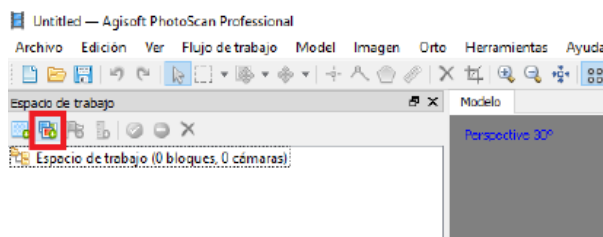


Figura 23: Añadir fotos en Agisoft PhotoScan.

1. Con las fotografías ya agregadas, se debe convertir las coordenadas del software a las del sistema en que se está trabajando el proyecto. Para ello, en la sección Referencia se seleccionan todas las imágenes y se da clic en el botón de Convertir.

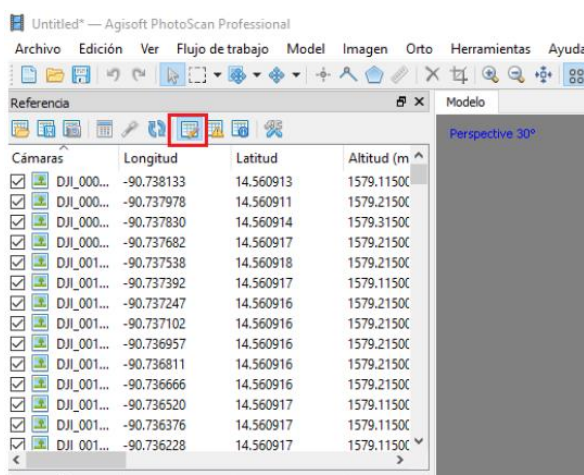


Figura 24: Convertir coordenadas en Agisoft PhotoScan.

- Nos aparecerá un recuadro en el que se debe seleccionar la UTM WGS84 15N o 16N dependiendo de la ubicación de la zona de levantamiento.
- Para generar un modelo de elevaciones y un ortomosaico del área de estudio, se debe seguir una serie de pasos ubicados en la pestaña de Flujo de trabajo.

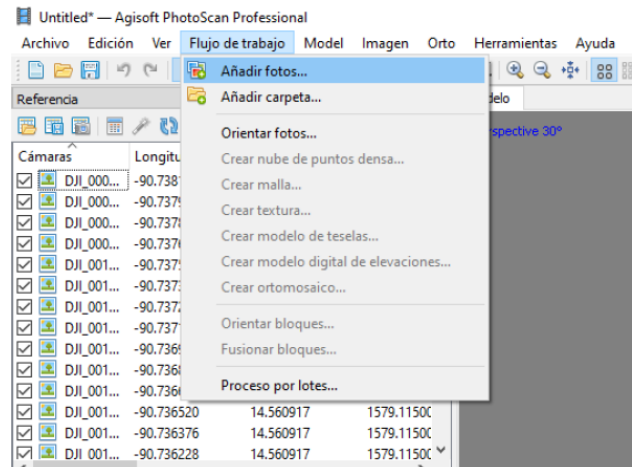


Figura 25: Añadir fotos en Agisoft PhotoScan.

- Primero se debe orientar o alinear las imágenes en la opción Orientar fotos. En el recuadro se cambian los diferentes parámetros que definen la calidad y precisión de la orientación. Esto se configura según lo que se espera del proyecto y de las prestaciones del equipo de cómputo debido a que la más alta calidad requiere de unas mayores prestaciones y de tiempo de procesamiento.
- Después se deben insertar los puntos de control desde el archivo txt generado. Para ello se selecciona Importar en el panel c.
- Con el comando seleccionado aparece una ventana en la que se configuran las coordenadas que se quieren utilizar y a que columna corresponde cada valor.
- Luego de insertar los puntos, es necesario ubicarlos en las fotografías mediante la búsqueda del punto que se quiere modificar en el mapa. Luego se da clic derecho sobre el punto y seleccionamos Filtrar puntos por foto.
- En el panel de Imágenes se aprecian todas las fotografías en donde el programa cree que esta el punto de control. Por lo general, el punto está desplazado de donde realmente debería estar. Para corregirlo se mueve dando un clic sostenido sobre él.
- Con todos los puntos corregidos, se debe crear una nube de puntos densa para obtener el modelo digital de elevaciones y el ortomosaico.

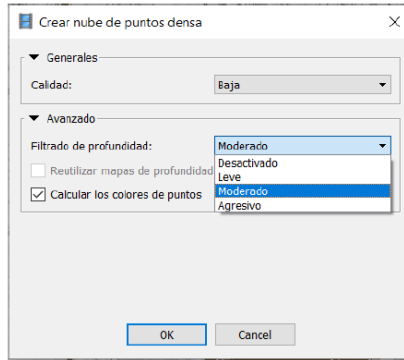


Figura 26: Crear nube de puntos en Agisoft PhotoScan.

10. Luego de la larga espera se debe clasificar la nube de puntos para que el programa solo tome en cuenta la superficie equivalente al terreno natural al generar las curvas de nivel.
11. Se prosigue con la creación del mallado, el cual es un modelo poligonal del levantamiento basado en la nube de puntos densa.

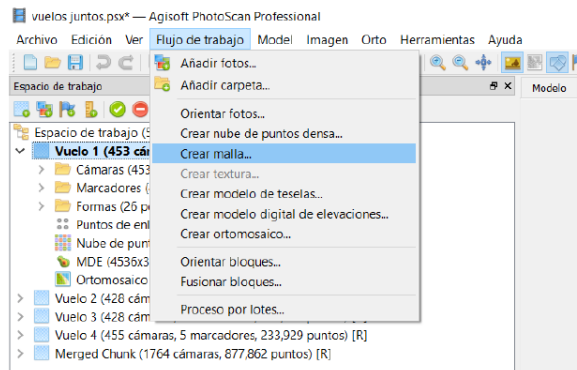


Figura 27: Crear mallado en Agisoft PhotoScan.

12. Se recomienda utilizar los siguientes parámetros para el mallado:

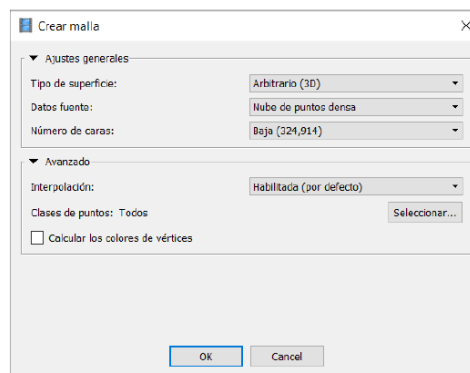


Figura 28: Parámetros del mallado en Agisoft PhotoScan.

13. Continuamos con el modelo de teselas, el cual es útil para la representación de modelos de ciudades a escala. Permite visualizar una amplia área en tres dimensiones y con alta resolución.
14. Después se construye el modelo de elevación digital que permite obtener las curvas de nivel y una representación de la superficie de análisis. Agisoft permite la opción de crearlo por medio de la nube de puntos densa, nube densa, o del mallado. Los resultados más precisos se obtienen de la nube de puntos densa.

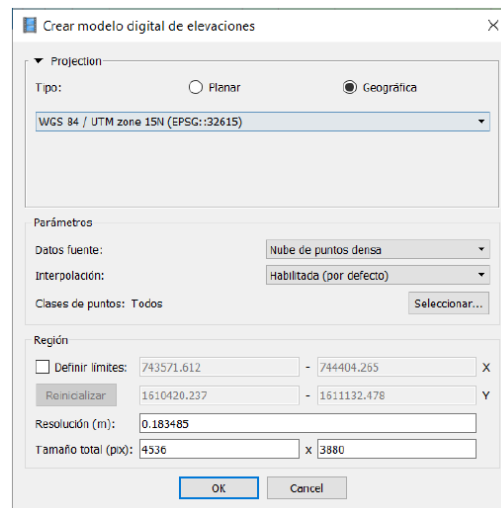


Figura 29: Creación del modelo de elevaciones en Agisoft PhotoScan.

15. Después se debe crear el ortomosaico mediante la calibración del color y los parámetros establecidos por el usuario. El resultado es una ortofoto que se puede cargar en QGIS y utilizarse para el levantamiento indirecto de los predios, banquetas y zonas.



Figura 30: Ortofoto generada en Agisoft PhotoScan y montada en QGIS.

7.3 Generación de manchas urbana por medio de Envi

Generalmente los modelos de elevación digital recopilados en línea suelen ser de áreas muy extensas que abarcan países o departamentos. Debido a esto se delimitan los ráster utilizando la herramienta Clipper de QGIS de manera que el modelo utilizado sea sólo del área del municipio.

7.3.1 Segmentación y clasificación de las imágenes Landsat con Envi

Para el proceso se utilizan las imágenes landsat, las cuales poseen una resolución no muy definida para objetos espaciales pequeños. Las imágenes satelitales no siempre poseen una resolución suficiente que permita identificar elementos como casas, cuadras e incluso una delimitación definida de las zonas urbanas.

Es importante indicar que la metodología aplicada es para cualquier tipo de imagen multiespectral; porque actualmente existen diversos tipos de imágenes satelitales con bandas distintas dentro del espectro. Debido a ello, la metodología se resume en los procesos más importantes para la extracción de información de una imagen satelital.

Se recomienda recortar la imagen satelital mediante software GIS para delimitar la zona de estudio, en este caso se delimitó el casco urbano de Nueva Santa Rosa. Sin embargo, Envi permite segmentar las imágenes en objetos simples con los que se puede generar un proceso de extracción a mayor escala. Debido a esto, el software se utilizará para un estudio del crecimiento de la mancha urbana del casco urbano por medio de segmentaciones a simple vista de los píxeles que se encuentren dentro de la misma combinación de bandas.

En la interfaz gráfica de Envi, utilizamos la herramienta de Input Ráster con la que cargamos el archivo. Luego se revisan las bandas utilizando Custom Bands 2 se aplica la opción Normalize Difference, el cual nos permite generar un índice normalizado de los objetos simples que estamos generando.

En el momento en que se realiza una selección de las bandas, visualmente se genera un intercambio en los colores de la imagen, por lo que se debe generar una segmentación de mejor definición con la que se delimiten adecuadamente las zonas urbanas, agrícolas y cuerpos de agua.

Después utilizamos la herramienta Region of Interest (ROI) Tool para la segmentación en formato vectorial. En efecto, se crea lo que denominamos como ROIs; y se utilizan para generar una clasificación base de las áreas de la imagen. La clasificación de los ROIs se debe generar a criterio dependiendo de la calidad de la imagen y de las bandas que se representen en la misma.

Ahora bien, para el proceso definimos la siguiente clasificación:

1. Casco Urbano en color Gris
2. Zonas agrícolas y áreas verdes en color verde
3. Cuerpos de agua en color azul.

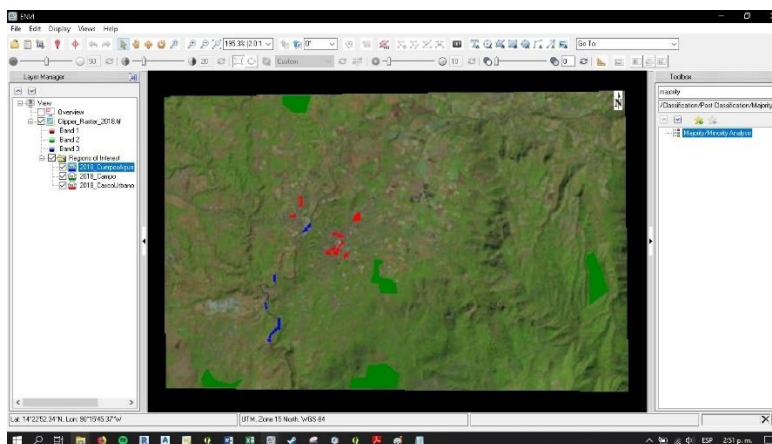


Figura 31: ROIs en Envi.

Los ROIs recién creados definen mis parámetros de clasificación inicial. Ahora bien, para cada uno se selecciona el área con los píxeles que muestran las zonas en baja resolución. Es decir, para el ROI de cuerpo de agua seleccionamos tramos pequeños de los ríos y lagos que se encuentren dentro de la zona de estudio. Para el ROI de zonas agrícolas seleccionamos las zonas de cultivo que puedan apreciarse dentro de la landsat. A su vez, se selecciona la parte

gris de la landsat con la que se representará el casco urbano mediante el ROI de un color similar para identificar de una mejor manera los resultados del proceso.

Al final resultarán objetos espaciales que abarcan áreas mínimas de cada una de las zonas definidas, ya que Envi realiza una clasificación de toda la imagen en la que clasifica todos los píxeles que se asemejen a los seleccionados dentro de cada ROI por medio del método del píxel más cercano. Es importante indicar que los ROI clasifican cada píxel seleccionado en formato vectorial.

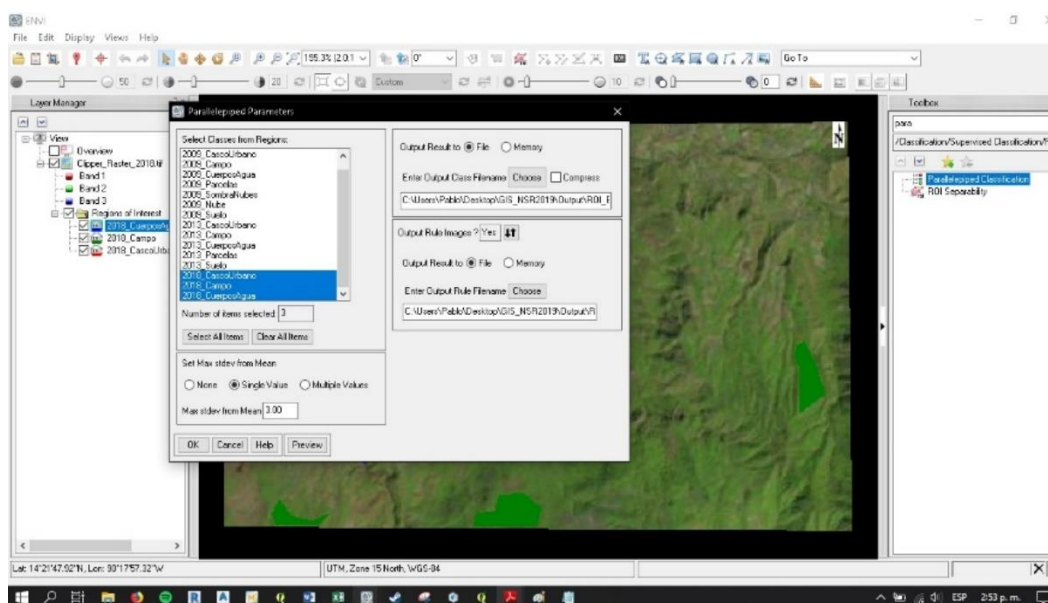


Figura 32: Parallelepiped Classification en Envi.

Con los ROIs ya generados, proseguimos a generar una clasificación con la herramienta Parallelepiped Classification. Esta permite clasificar toda la imagen con la interpretación definida, lo que resulta en una imagen llena de colores.

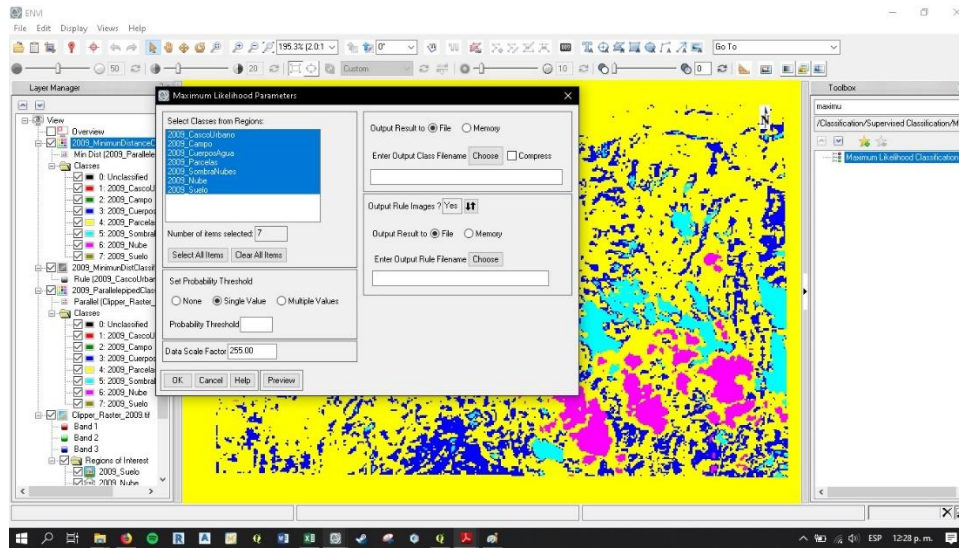


Figura 33: Maximun Likelihood Distance Classification en Envi.

La imagen no es precisa en la clasificación de los píxeles, por lo tanto utilizamos la herramienta de Maximun Likelihood Distance Classification. La herramienta es un algoritmo de Envi que permite diferenciar valores múltiples por medio de la selección de una clasificación y recalculando los valores aproximados para cada tipo de banda un píxel en específico.

La herramienta analiza todos los píxeles de la imagen landsat y genera un resultado más preciso de los ROIs.

7.3.2 Generación de manchas urbanas utilizando imágenes landsat con Envi

La fase consiste en procesar los archivos generados, unir los shapefiles levantados con los creados y depurados en QGIS; para el posterior análisis y generación de los resultados.

En efecto, los resultados de Maximun Likelihood Distance Classification en la mayoría de los casos encuentran píxeles con bandas distintas a las de los píxeles clasificados con los ROIs. Por lo tanto, la clasificación también debe aplicarse para estos elementos.

De esta manera utilizamos la herramienta de Combine Parameters, la cual permite generar una combinación a partir de los píxeles no clasificados y un ROI en específico. Se

recomienda revisar que pixeles son los que en su mayoría no se clasificaron ya que en los resultados anteriores se pueden encontrar que ROIs se clasificaron alrededor de éstos y con ello aplicarlos en la misma combinación.

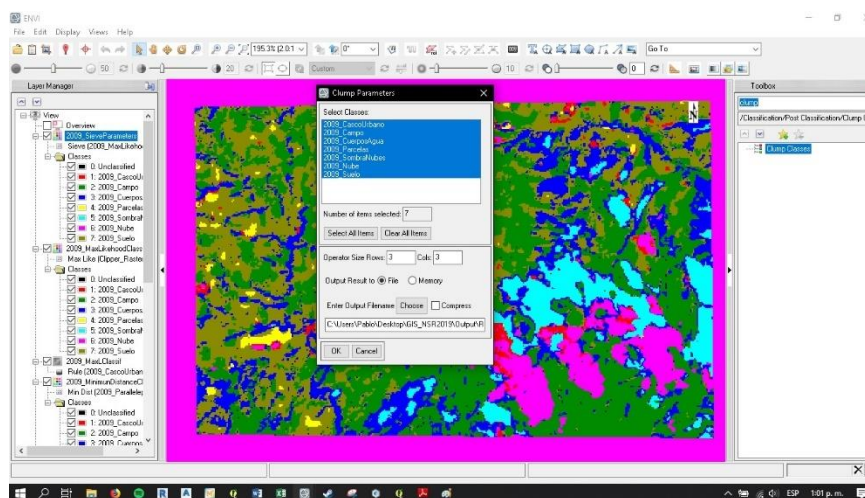


Figura 34: Combinación de parámetros en Envi.

Es importante indicar que las combinaciones se deben realizar según su conveniencia con el fin de evitar combinar dos categorías clasificadas en ROIs distintos, esto generará un registro de cada píxel encontrado dentro de la landsat.

Se prosigue con la herramienta Majority/minority analysis, la cual se utiliza para combinar todos los pixeles de una zona en específico dentro de un mismo ROI. Se resume como un algoritmo que genera una clasificación más estricta de los ROIs y en la asignación de una clasificación más acorde a la ubicación del píxel.

Este procedimiento conduce a sobre estimar la exactitud de la clasificación, sin embargo, es necesario recurrir a la evaluación de la exactitud sobre la clasificación por medio de una matriz de confusión también denominada como matriz de error o de contingencia. Dicha matriz señala las relaciones entre dos series clasificadas en el área de estudio. Las series corresponden a los datos de referencia que se adquieren en las observaciones de campo y a la categorización realizada con los ROIs.

Por medio de la matriz de confusión se pueden deducir varios índices relativos a la exactitud de la clasificación. En efecto, para generar la matriz de confusión de los resultados utilizamos la herramienta Confusion Matrix Parameters con la que generamos las bases de datos de los píxeles clasificados dentro de cada serie y cada ROI.

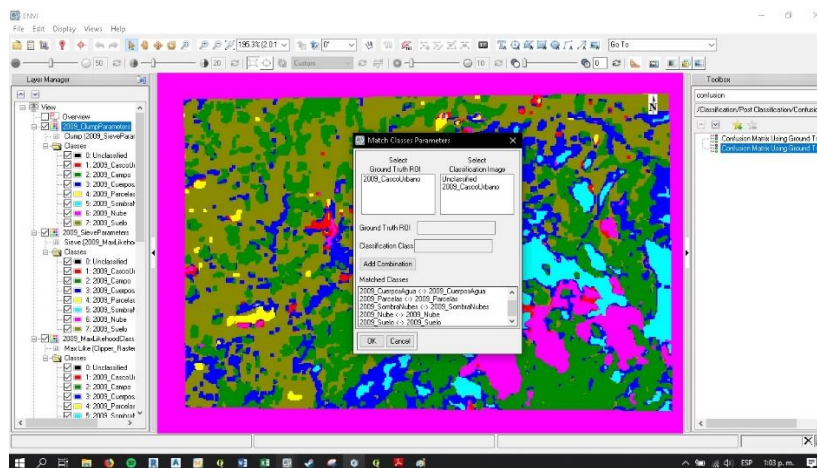


Figura 35: Confusion Matrix Parameters en Envi.

Asimismo, Envi genera un porcentaje de concordancia de los resultados sobre toda la imagen landsat. Con ello se establece el valor de la exactitud del proceso. En fin, el resultado es una imagen landsat con una clasificación específica de cada píxel y una serie definida para una zona en específico.



Figura 36: Estadísticas generadas en Envi.

7.3.3 Convertir resultados a shapefile

Con los resultados ya generados, se prosigue con la herramienta de Classification to vector, la cual genera un archivo de formato EVF con el que se genera la conversión vectorial de la clasificación resultante.

El archivo EVF generado se carga en la herramienta Classificate EVF to Shapefile 2 se realiza la respectiva conversión del archivo para después poder utilizarlo en el software de QGIS.

No obstante, se recomienda almacenar los resultados de cada archivo en carpetas distintas en las que se especifique el nombre del proceso y el año en el que se generó la imagen satelital.

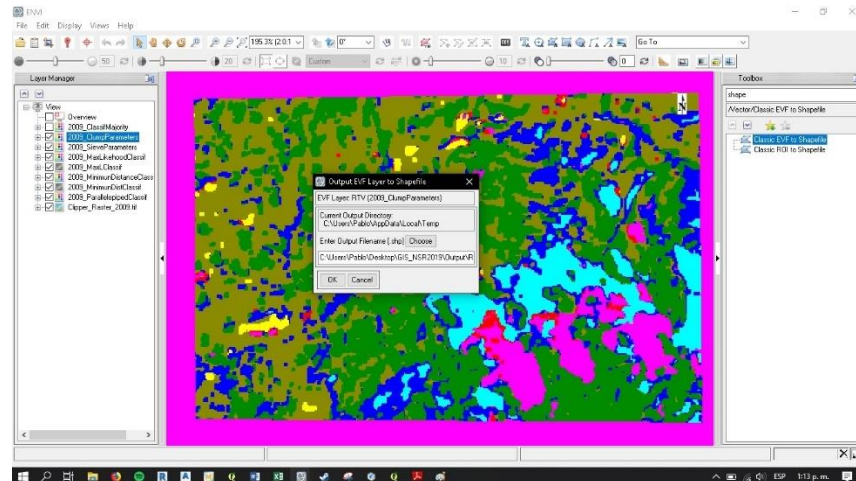


Figura 37: Resultados en Envi.

7.4 Procesamiento de información utilizando QGIS

7.4.1 Digitalización de manzanas y lotes

La ortofoto permite generar shapefiles para cada elemento que puede observarse en el mismo. Ahora bien, para la digitalización de las manzanas y lotes, se utilizó AutoCAD por medio de la extensión de archivos de archivos con formato DXF en QGIS.

Se generó los predios y manzanas dibujando el contorno de cada una de ellas por medio de la ortofoto. Se utilizó AutoCAD para generar los elementos con una mayor precisión y a su vez la ortofoto también se cargó.

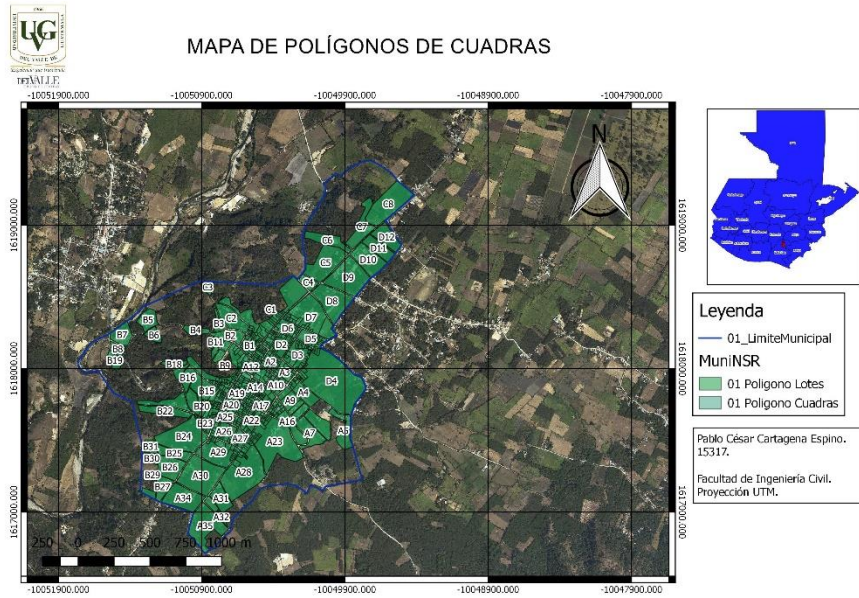


Figura 39: Mapa de manzanas/cuadras generado en QGIS.

7.4.2 Análisis de terreno con QGIS

Prosiguiendo, se realizó un análisis de terreno sobre el modelo de elevaciones digitales del IGN. El primer análisis implica la generación de un ráster que clasifica el valor de las pendientes definidas. Para ello generamos una categorización a partir de los valores de pendientes en porcentajes:

- Pendientes menores a 0.05
- Pendientes entre 0.05 y 0.1
- Pendientes entre 0.1 y 0.15
- Pendientes entre 0.15 y 0.18
- Pendientes mayores a 0.18

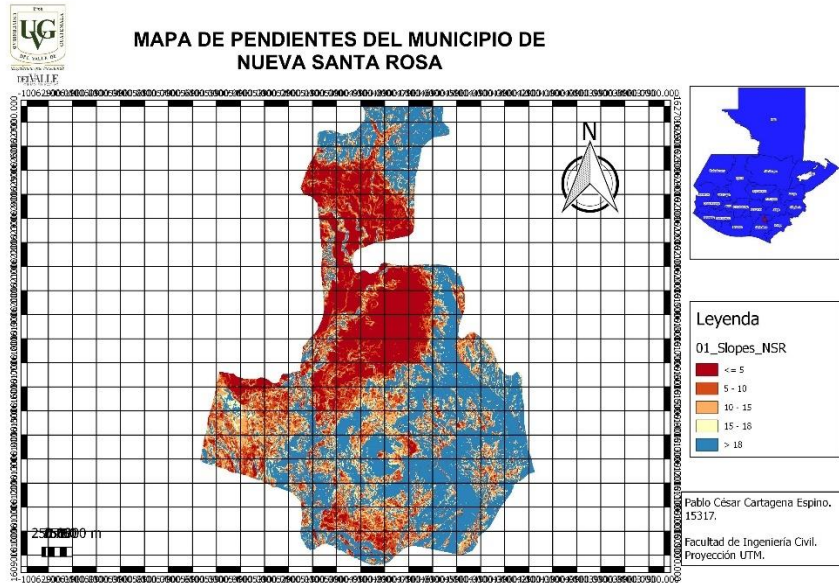


Figura 40: Mapa de pendientes generado en QGIS.

El análisis prosigue con la generación del ráster de orientación. La finalidad de este archivo es establecer las direcciones que lleva cada pendiente, las cuales van de la mano con el relieve del terreno. Utilizamos la función de Análisis de terreno/Orientación 2 cargamos el ráster de pendientes generado.

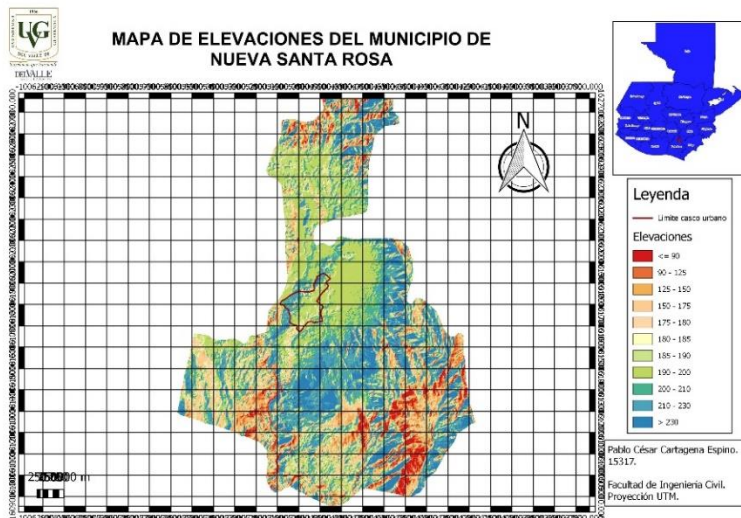


Figura 41: Mapa de elevaciones generado en QGIS.

Ahora bien, se debe realizar un modelo de sombras o "Hillshade", el cual genera elevaciones en cada punto del ráster. Se carga el archivo de orientación y se genera un ráster que refleja los accidentes topográficos por medio de sombras.

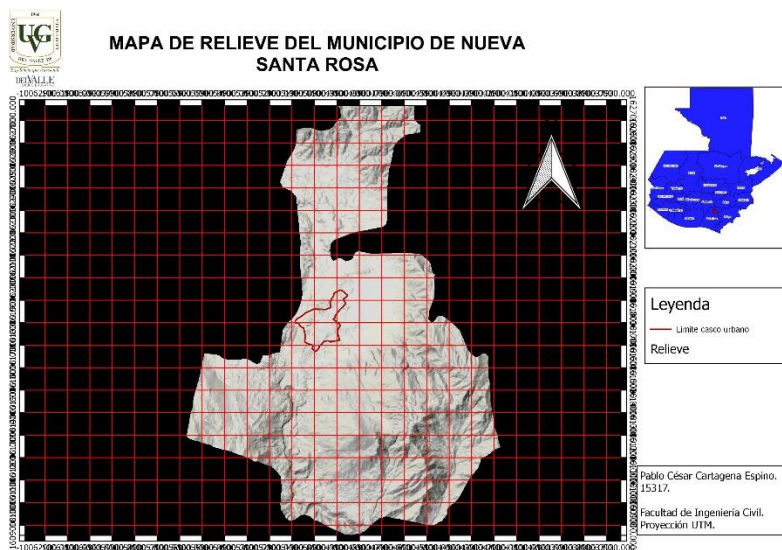


Figura 42: Mapa de Relieve generado en QGIS.

Por último se genera un ráster de relieve con el modelo de sombras. Utilizamos "Análisis de terreno/Relieve" para generar el resultado final de la vista topográfica de la zona. El modelo generado se puede cargar en línea y se utiliza para vistas en 3D.

7.4.3 Matriz de elevaciones

El elemento se genera a partir de convertir el modelo de sombras o "Hillshade" a shapefile. En efecto, con el ráster ya categorizado el shapefile se genera de la misma forma. Con el shapefile categorizado se deben seleccionar todas las zonas del mismo valor y guardarlas como un archivo separado. Con los shapefile creados ya se puede obtener áreas y perímetros y calcular porcentajes a razón del área total de la zona de levantamiento.



MATRIZ DE ELEVACIONES DEL CASCO URBANO, NUEVA SANTA ROSA

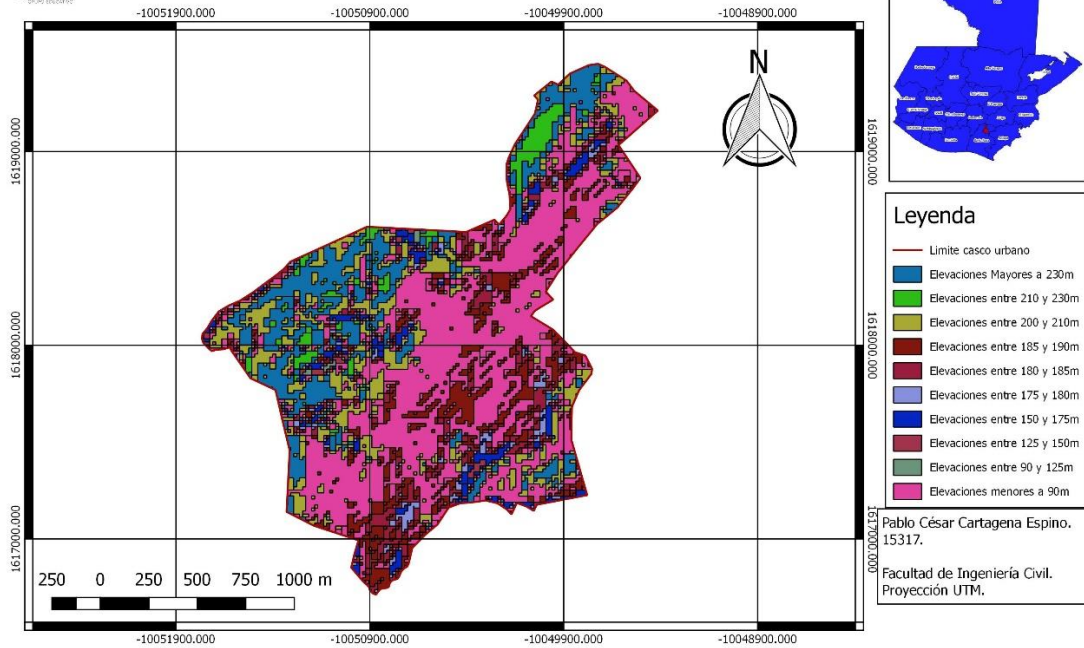


Figura 43: Mapa de matriz de elevaciones generado en QGIS.

7.4.4 Matriz de Pendientes

La matriz de pendientes se genera mediante el modelo de Pendientes generado. Las pendientes categorizadas se conservan al convertir el ráster a shapefile y con ello se pueden separar en archivos diferentes. El resultado es una matriz con la que se calculó porcentajes de área de la zona para cada rango categorizado.

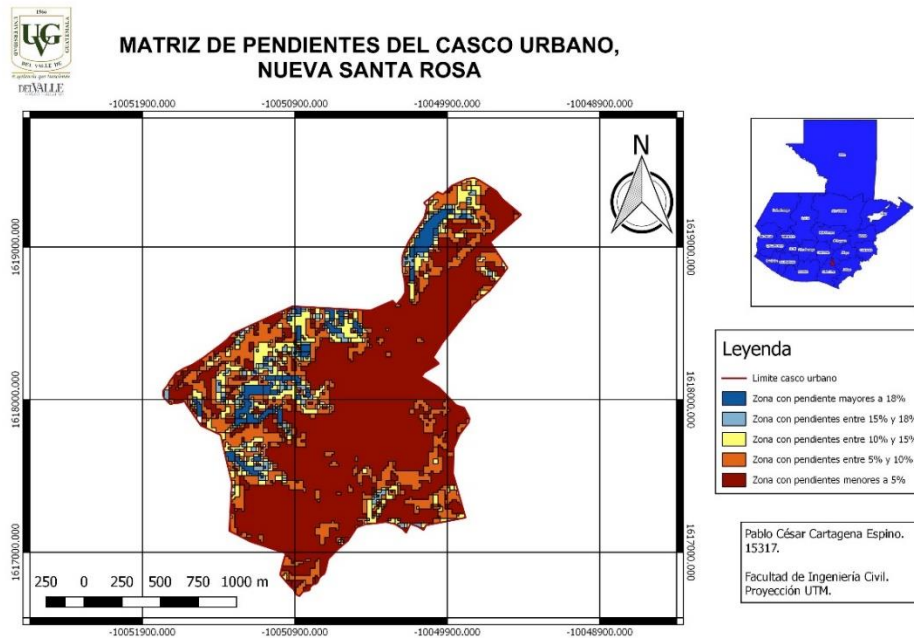


Figura 44: Mapa de matriz de pendientes generado en QGIS.

7.4.5 Metodología de zonificación

Se propone una nueva zonificación que permite el crecimiento del casco urbano. Su fin es obtener un mejor control de cada espacio y mejorar la cobertura de servicios públicos en cada una de ellas.

La nueva propuesta se desarrolla a partir de la división y nomenclatura de zonas de la siguiente forma:

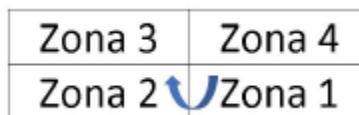


Figura 45: Metodología de zonificación propuesta.

7.4.6 Metodología de nomenclatura de predios

El código de nomenclatura para las lotificaciones se genera a partir de cuatro partes:

1. El nombre de la avenida o calle donde se ubica el frente del lote se coloca al inicio.

2. El código previo al guion se genera a partir del nombre de la calle o avenida desde donde se realiza la medición para el código post-guion.
3. El código post-guion se genera a partir de la medición realizada desde una calle o avenida definida, hasta la esquina donde comienza el predio. Sin embargo, cuando existen manzanas con una distancia mayor a 100m, se crea un factor de medición que equivale al cociente entre 100 y la longitud total de la cuadra en metros.
4. El nombre de la zona se coloca después del código generado.

Por lo general, las manzanas se componen de un máximo de 4 lados. En efecto, el código post-guion se coloca en terminación par cuando el lote se ubica en la parte sur u oeste de la manzana; y se coloca en terminación impar cuando el lote se ubica en la parte norte o este de la manzana.

La siguiente imagen ejemplifica un caso típico de las lotificaciones de una manzana. Además cada lote debe tener un perímetro de fachada, lo cual se cumple en el casco urbano del municipio.

	Calle					
	Nomenclatura Par	Nomenclatura Impar	Nomenclatura Impar	Nomenclatura Impar	Nomenclatura Impar	
Avenida	Nomenclatura Par			Nomenclatura Impar		Avenida
	Nomenclatura Par	Nomenclatura Par	Nomenclatura Par	Nomenclatura Par	Nomenclatura Par	
	Calle					

Figura 46: Metodología propuesta para la nomenclatura de predios.

7.4.7 Redes de cobertura

Las redes de cobertura se generan según el tipo de elemento o parámetro que se esté evaluando. Para esta guía se toman en cuenta parámetros básicos, los cuales se muestran a continuación:

- Agua potable.
- Drenajes.

- Áreas Verdes.
- Salud y Educación.
- Bomberos y Policía.

Para la cobertura de agua potable, se utiliza un archivo shape de línea acerca de una red de tuberías de agua potable, la cual se puede obtener en el IGN para todo el país. En efecto, se selecciona el shapefile de la red y utilizamos la herramienta Buffer y utilizamos una distancia de 10 metros para cada lado en las direcciones perpendiculares a la tubería.

Luego utilizamos la herramienta de selección para seleccionar únicamente los predios que se encuentran dentro del buffer generado, con ello ya se obtiene un porcentaje de área de cobertura.

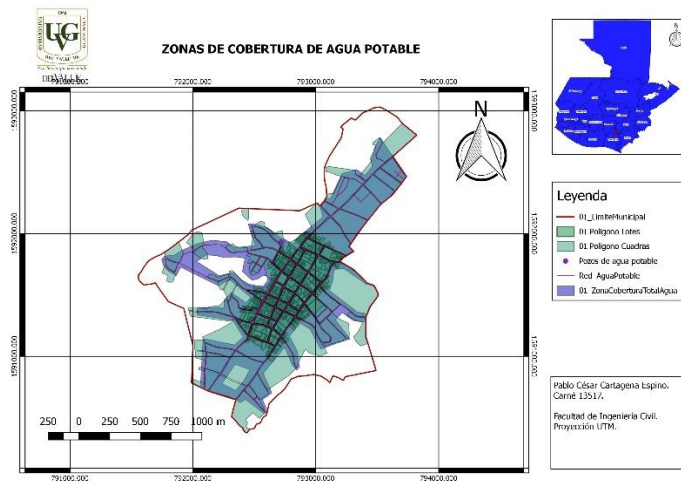


Figura 47: Mapa de cobertura de agua potable.

Repetimos los pasos anteriores, solo que esta vez utilizando un shapefile de líneas sobre una red de drenajes.

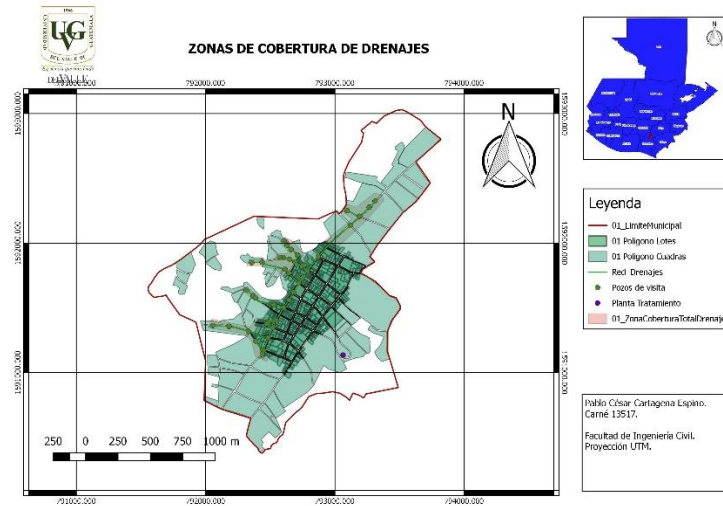


Figura 48: Mapa de cobertura de drenajes.

Se prosigue con los parámetros de Áreas Verdes, Salud, Educación, Bomberos y Policía. En efecto, para cada uno de ellos se genera un área cuadrada de cobertura, la cual posee un área definida dependiendo del que se esté utilizando.

Para Salud, Educación, Bomberos y Policía, se recomienda utilizar un área de 1 km x 1 km; y para las Áreas Verdes utilizar una de 900 m x 900m.

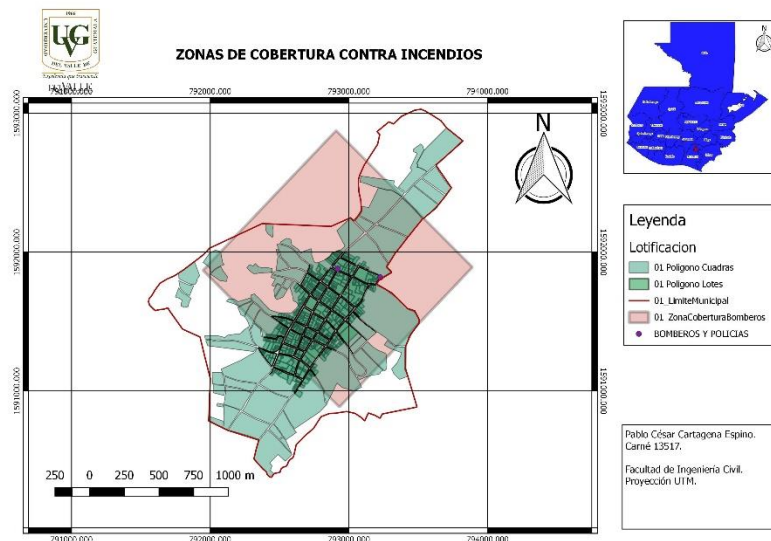


Figura 49: Mapa de cobertura del servicio de bomberos.

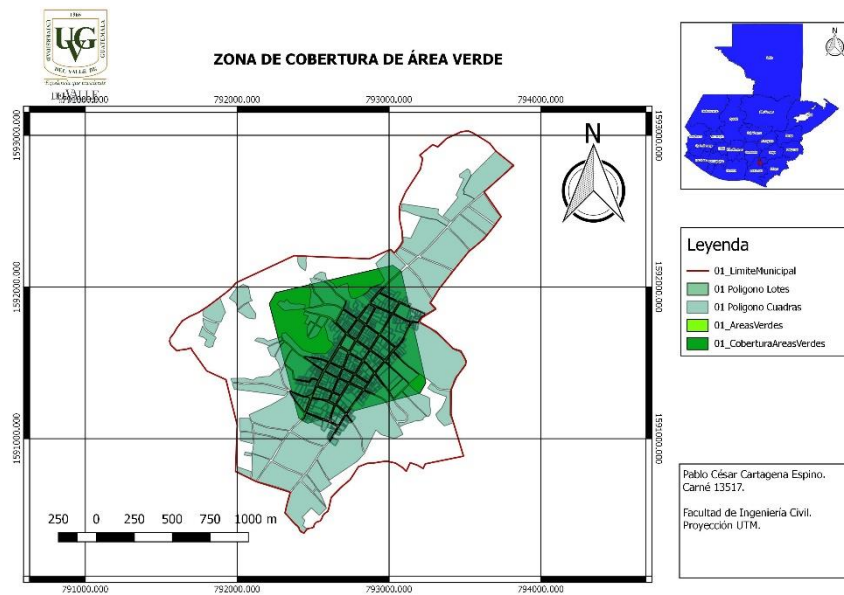


Figura 50: Mapa de cobertura de áreas verdes.

8. Bibliografía

- [1] *Catastro Nacional (Ley de Registro de Información Catastral, Guatemala, agosto 2006)*. En *Ley de Registro de Información Catastral*, Guatemala, agosto 2006, Decreto 41-2005, Guatemala, Guatemala, 2006. Organismo Judicial.
- [2] Aguilera, M.: *Desarrollo de una metodología de evaluación de las redes de apoyo catastral*. Universidad de Córdoba, 1ª edición, 2001.
- [3] Berné, J.: *GPS: Fundamentos y aplicaciones en Geomática*. Editorial Universitat Politecnica de Valencia, 1ª edición, 2014.
- [4] Bustillos, J.: *Modelado en 3D mediante fotogrametría de puente en sangonera la verde*. Universidad de Cartagena, 1ª edición, 2014.
- [5] Chuvieco, E.: *Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio*. Editorial Ariel., 1ª edición, 2009.
- [6] Cruz, P.: *Serie de procesos técnicos de catastro. Manual de Levantamiento Catastral. Programa Fortalecimiento del Régimen Municipal y el Desarrollo Local en Honduras*, 1(1):45, 2009.
- [7] Divas, J.: *Desarrollo de una metodología de evaluación de las redes de apoyo catastral*. Universidad de San Carlos, 1ª edición, 2012.
- [8] Fernández, I: *El Datum*. Universidad de Valladolid, 1ª edición, 2001.
- [9] Guzmán, A. et al: *Desarrollo de habilidades en el uso de tecnologías de la información y la comunicación*. Universidad Autónoma de Puebla, 1ª edición, 2013.
- [10] *Información Catastral, Registro de: Manual de Normas Técnicas y Procedimientos Catastrales del RIC*. Centro de documentación, 1ª edición, 2008.

- [11] Labrador, M: *Satélites de teledetección para la gestión del territorio*. Conserjería de Agricultura, Gobierno de Canarias., 1a edición, 2012.
- [12] Olaya, V: *Sistemas de Información Geográfica*. Creative Common Attribution, 1a Edición, 2011.
- [13] P. Wolf, et al.: *Topografía*. Editorial Alfaomega, 9a edición, 2015.

9. Anexos

Figura 51: Ficha técnica de puntos geodésicos.

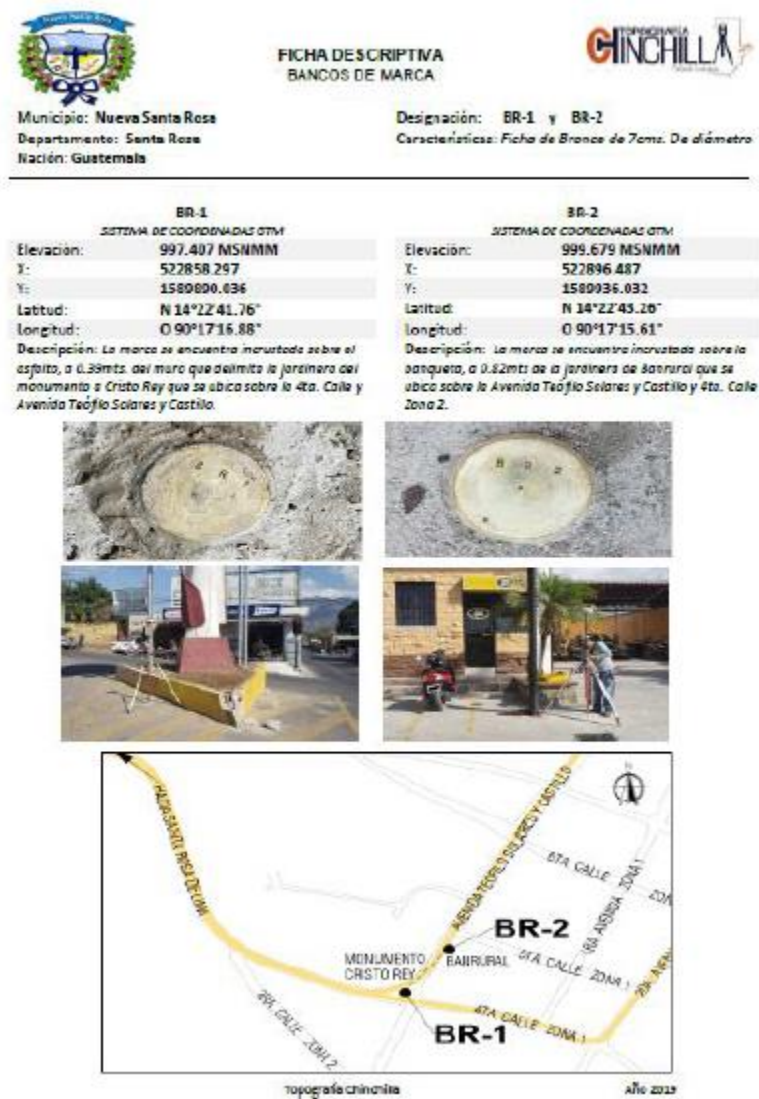


Figura 53: Mapa de zonas de cobertura educativa.

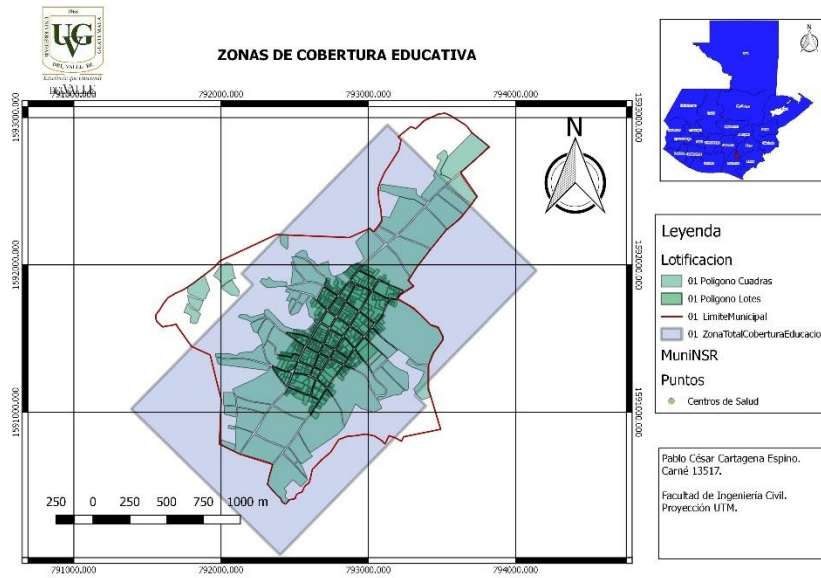


Figura 54: Mapa de cobertura de zonas de salud.

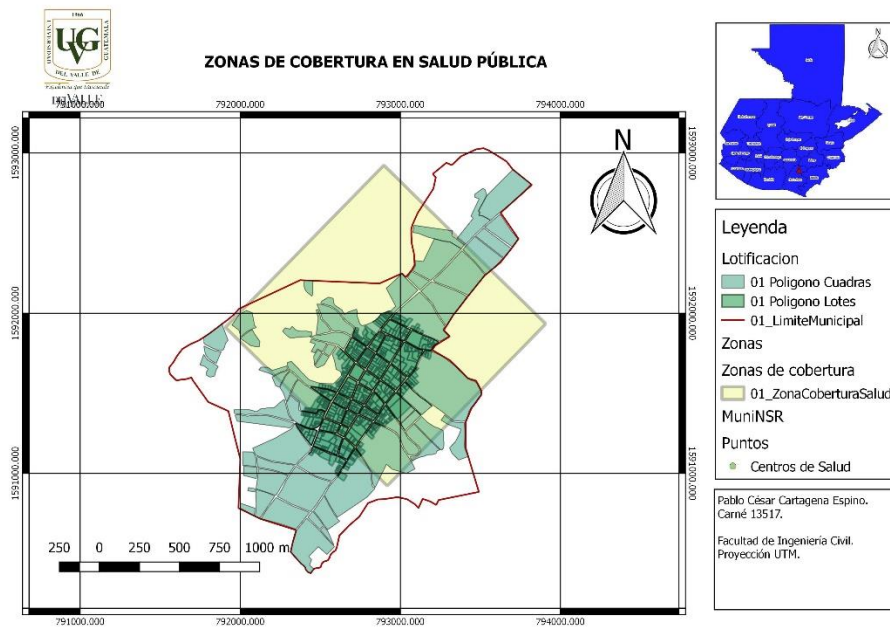


Figura 55: Mapa de zonas de cobertura de la policía.

