o marea alta extrema puede alcanzar en el pacífico panameño hasta 20 pies ó 6.10 m (ver explicación en el capítulo 9 de este informe).

En base a esta información inicial e información adicional que será necesaria generar, se procederá a utilizar el programa informático HEC-RAS (Hidrologic Engineering Center - River Analysis System) versión 3.1.3. para calcular el comportamiento de los niveles de los diferentes caudales de avenidas para diferentes periodos de retorno en las secciones del río Santo que se encuentran adyacentes al sitio del proyecto Residencial Mi Casita.

4. Localización de la cuenca en estudio.

El río Santo nace al sur de la comunidad de Paso Blanco y El Aserrio (al Sur del Centro Penitenciario La Joya), distrito de Panamá, corregimiento de Pacora, aproximadamente en la cota 55 msnm. **La microcuenca de este río (aunque califica más como quebrada) hasta el sitio del proyecto es de 11.38 km^2 aproximadamente**, esta área se obtuvo de los mosaicos topográfico en escala 1:50,000 PEDREGAL HOJA 4343 III y LOS NARANJOS HOJA 4343 II elaborado por Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia". El área de drenaje se obtuvo de manera digital producto de un análisis en Autocad (mapas escaneados y escalados).

En la figura 1 y figura 2 se muestra la localización regional del proyecto Residencial Mi Casita y del río Santo que corre adyacente a este proyecto.

Figura 1. Localización Regional del río Santo.

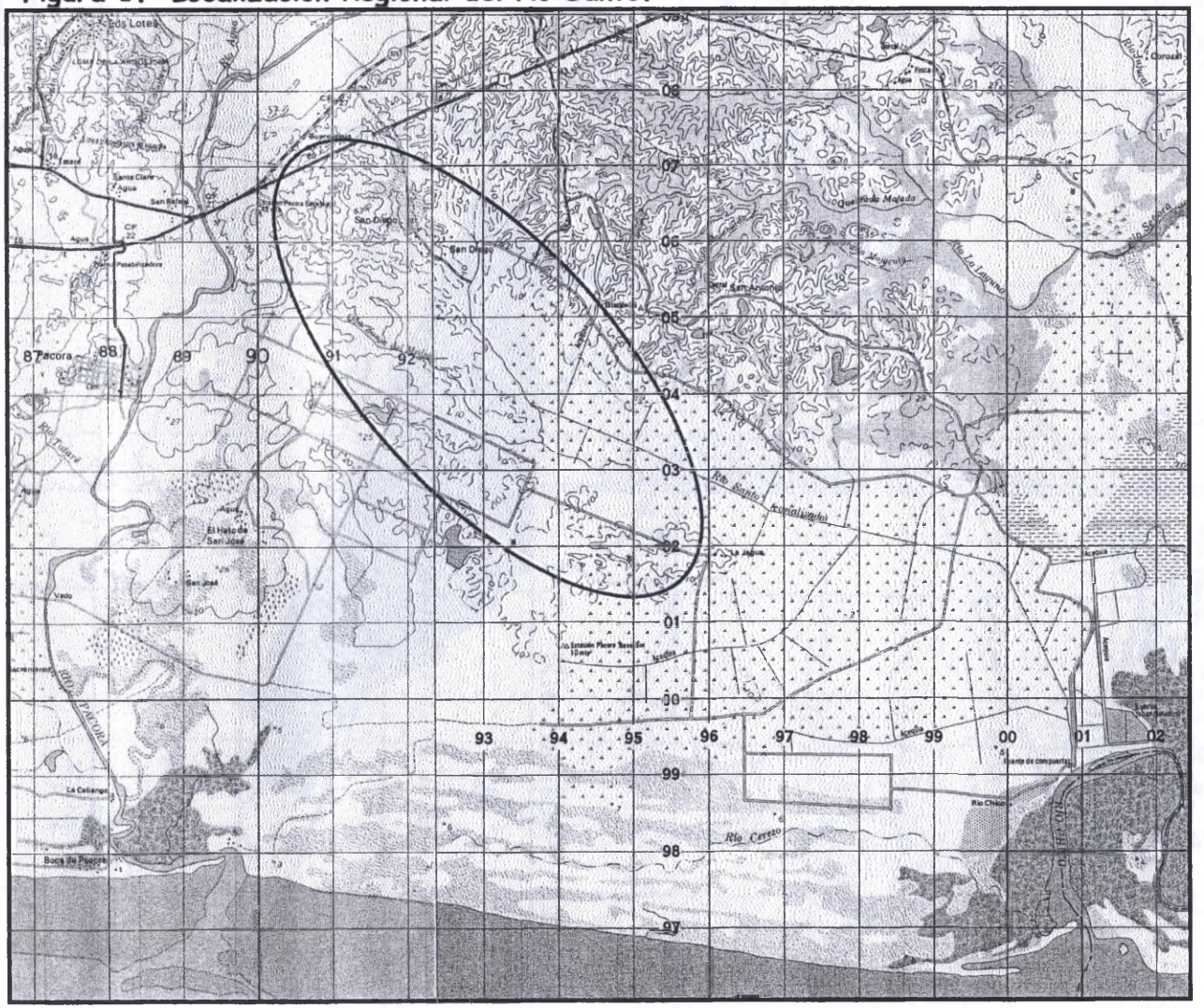

Figura 2. Planta de Localización del proyecto Residencial "Mi Casita" y el río Santo.

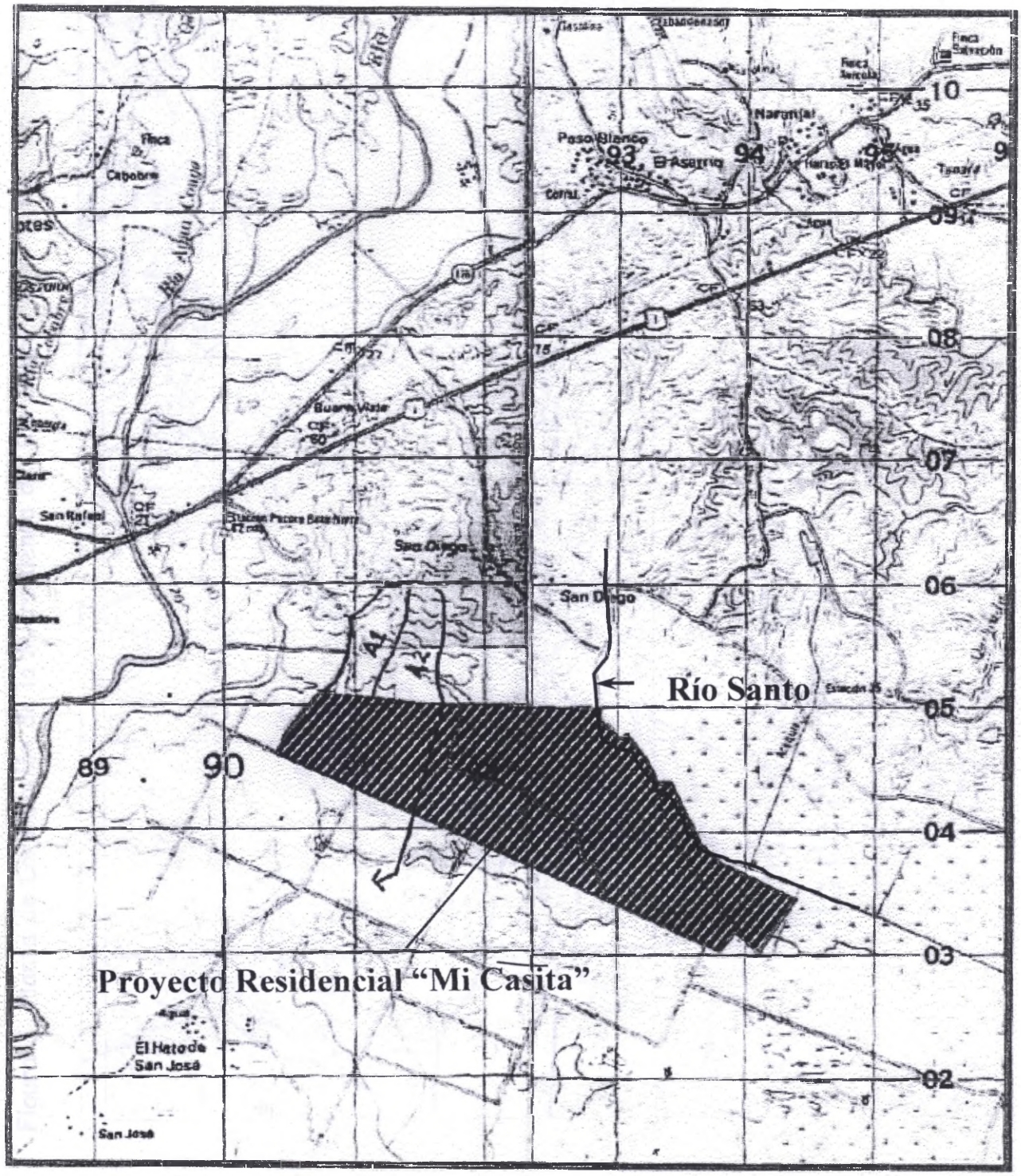

Figura 3. Planta de Localización de la Microcuenca del Río Santo.

En la figura 3 se muestra el área de drenaje del río Santo hasta el sitio del Proyecto Residencial "Mi Casita",

Al momento de visitar el cauce del río Santo en el sitio analizado se comprobó que mantenía un pequeño caudal, no se evidenció presencia de basura en su cauce. Lo que si se pudo evidenciar fue la intrusión del mar en el caso de mareas altas. Esto se pudo comprobar luego, con el levantamiento topográfico, que demostró que el cauce del río Santo en la zona analizada está muy pocos metros por encima del nivel medio del mar, y en casos hasta por debajo del mismo. Ver información de las secciones transversales.

A continuación se presentan algunas fotos del río Santo al momento de la visita de campo.

Foto 1. En la fotografía se muestra el cauce del Río Santo. Nótese el pequeño caudal que conduce este río, aun ya entrada la temporada húmeda.

Foto 2. Otra vista del cauce del Río Santo, se puede apreciar que el lecho del río es de material sedimentario fino, producto de erosión y lavado, mientras que a las orillas se encontró material sedimentario también pero presencia abundante de vegetación. La pequeña acumulación de la derecha evidencia que los niveles del río son mayores, muy posiblemente por la intrusión del mar en marea alta.

Foto 3. Bosque de Galería adyacente al cauce del Río Santo.

Foto 4. Otra vista del cauce del Río Santo y la vegetación presente en ambas orillas.

Foto 5. Otra vista de la vegetación presente en las orillas del Río Santo, en la zona de estudio.

3 4189 00060 5690

Figura 6. Apréciese la poca corriente (casi nula) que muestra la foto del Río Santo. Lo que evidencia la intrusión de las mareas, así como del poco caudal que normalmente acarrea este río en condiciones normales. Además, se puede evidenciar flora propia de zonas costeras tolerantes al agua salada, otra evidencia de la intrusión de mareas.

Figura 7. Evidencia de intrusión de mareas, lo cual es bastante recurrente y normal según la imagen. Se puede ver que el nivel de agua estuvo por lo menos 0.80 m por encima del nivel mostrado.

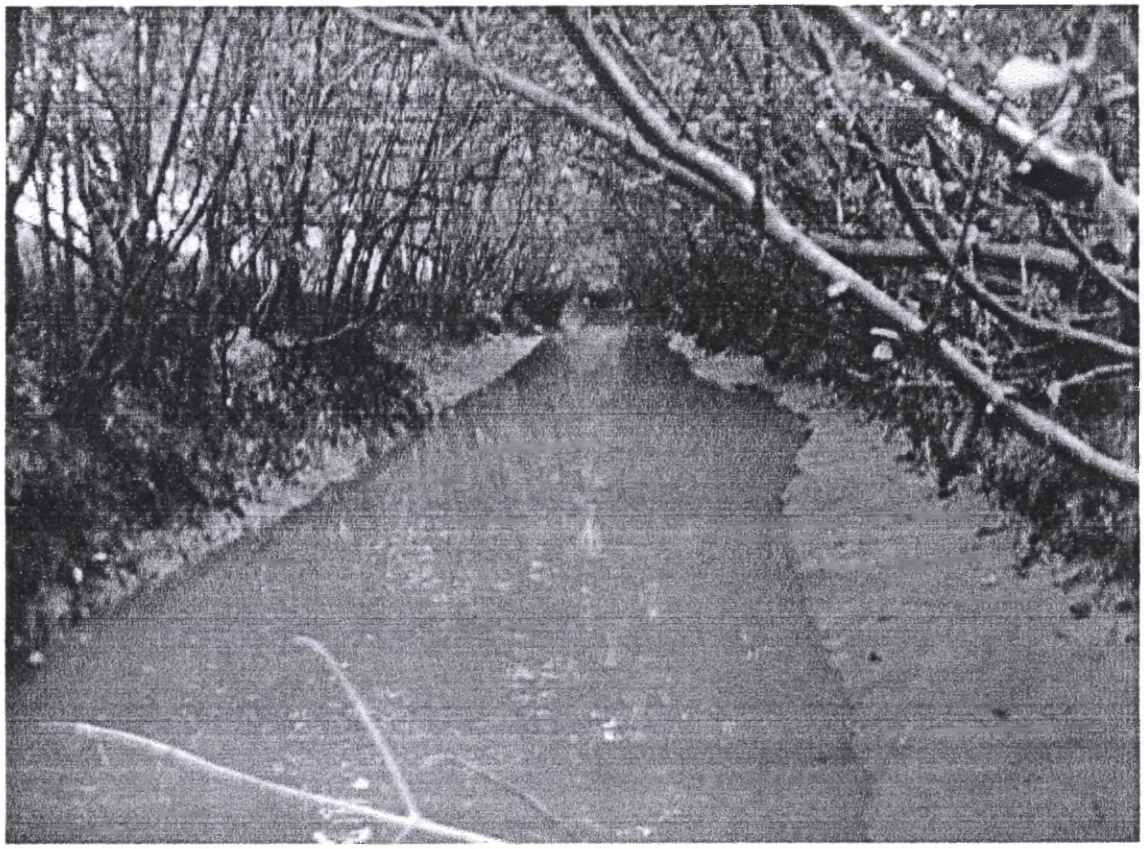

Figura 8. Foto del tramo del Río Santo canalizado, nótese el material del cauce (sedimentario), así como la vegetación en la orillas. Además se puede apreciar aquí que el nivel del agua sobre por lo menos 1.00 m por encima del nivel actual normalmente.

Como parte de este estudio, se hace necesario determinar inicialmente un caudal de avenida de diseño ajustado a los parámetros que exige el MOP, y luego de obtenido este valor realizar una simulación de cómo sería el comportamiento de los niveles de agua en caso de darse ese evento de crecida.

Para realizar está modelación se han realizado 69 secciones transversales a 20 metros entre ellas, de tal manera que se pueda analizar y comprobar el comportamiento de las aguas en este río, en el sitio analizado.

5. Determinación del Caudal de Avenida para Análisis.

Debido al tamaño que posee está cuenca en estudio, el método que se recomienda y utilizará es el Método Racional.

El Método Racional se basa en que cuando la precipitación sobrepasa la rata de infiltración en la superficie del terreno, el exceso de agua comienza a acumularse como almacenamiento superficial en pequeñas depresiones del terreno originadas por la topografía; eventualmente el flujo escurre sobre la superficie del terreno en algunas porciones de la cuenca y el flujo se concentra rápidamente en arroyos o canales pequeños, los cuales fluyen a su vez hacia corrientes más grandes. En especial, en el caso de pequeñas cuencas la duración de la lluvia es superior al tiempo de concentración de la cuenca por lo

que se alcanza el máximo de caudal posible y el caudal se mantendrá constante incluso para duraciones mayores. La fórmula general del Método Racional es:

$$Q = C\ I\ A$$

Donde:

Q = caudal

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de la tormenta

A = área de la cuenca

En el caso del sistema internacional esta fórmula se transforma en:

$$Q = 0.278\ C\ I\ A$$

Q = caudal (m^3/s)

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de la tormenta (mm/hora)

A = área de la cuenca (km^2)

6. Metodología para la determinación de la Intensidad de la lluvia.

Para poder determinar el caudal de avenida de determinado periodo de retorno, es necesario conocer primero la intensidad de la lluvia para ese periodo de retorno; en Panamá el MOP recomienda el uso de fórmulas que permiten obtener estos valores de intensidad de lluvia para diferentes periodos de retorno, siempre que no existiese data de alguna estación de lluvia cercana al sitio analizado.

Desafortunadamente, en la zona del proyecto no existe una estación de lluvia, pero las fórmulas de intensidad del Manual del MOP se consideran adecuadas para determinar estos valores de intensidad.

Siendo así se utilizarán las fórmulas del MOP para determinar intensidades,

Las fórmulas recomendadas por el MOP son:

Período de Retorno de 2 Años:

$$i = \frac{227}{29 + t_c}$$

Período de Retorno de 5 Años:

$$i = \frac{294}{36 + t_c}$$

Período de Retorno de 10 Años:

$$i = \frac{323}{36 + t_c}$$

Período de Retorno de 20 Años:

$$i = \frac{357}{37 + t_c}$$

Período de Retorno de 25 Años:

$$i = \frac{370}{37 + t_c}$$

Período de Retorno de 30 Años:

$$i = \frac{370}{36 + t_c}$$

Período de Retorno de 50 Años:

$$i = \frac{370}{33 + t_c}$$

En donde

i = intensidad de lluvia en plg/hora.

t_c = tiempo de concentración en minutos.

Ahora surge otro parámetro a determinar, el tiempo de concentración que tiene la cuenca del río Santo hasta el sitio en estudio. Este tiempo de concentración permitirá determinar la duración de la tormenta de diseño para seleccionar las intensidades basadas en las fórmulas propuestas por el MOP.

7. Metodología para la determinación del Tiempo de Concentración.

El tiempo de concentración es el tiempo requerido por una gota de agua para fluir desde el punto más remoto en la cuenca hasta el punto de interés.

En vista que no se tienen hidrogramas reales en el punto de análisis, se hace necesario el uso de fórmulas empíricas para su estimación. Entre las fórmulas sugeridas están:

Kirpich: utilizable en cuencas pequeñas y con suelos dedicados al cultivo.

$$T_c = 0.00025^* \frac{L^{0.8}}{(H/L)^{0.5}}$$

Siendo L la longitud del cauce más largo en metros y H el desnivel máximo en metros.

California: fórmula utilizada en el método racional.

$$T_c = \left(\frac{0.871 L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Siendo T_c = tiempo de concentración en horas

L = longitud del cauce principal en Km.

H = desnivel máximo de la cuenca en m.

Temez:

$$T_c = 0.3 \left[\frac{L}{(H/L)^{0.35}} \right]^{0.75}$$

Siendo T_c = tiempo de concentración en horas.

L = longitud en Km del cauce.

H = desnivel en metros.

Giandutti:

$$T_C = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

Siendo T_C = tiempo de concentración en horas

L = longitud del cauce principal en Km.

H = desnivel máximo de la cuenca en m.

A = área de cuenca en Km^2.

Turaza:

$$T_C = 0.1272\ (A * L/H)^{1/2}$$

Siendo T_C = tiempo de concentración en horas

A = área en Km^2.

L = longitud en kilómetros

H = desnivel máximo en m.

Passini:

$$T_C = \frac{0.108(AL)^{1/3}}{\sqrt{H/L}}$$

Siendo T_C = tiempo de concentración en horas

A = área en Km^2

L = longitud del cauce principal en metros

H = desnivel máximo en m