

REPUBLICA DE PANAMA

INMOBILIARIA MILLA 9, S.A.

**PROYECTO ACONDICIONAMIENTO DE TERRENO PARA
FUTURO DESARROLLO MILLA 9 FASE II**

**INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA
CON FINES DE VALORACIÓN DE AFLORAMIENTOS
SUPERFICIALES DE AGUAS**



HIDROGEO SERVICIOS CONSULTORES, S. A.

**PREPARADO POR: MSc. GEOL. RONELDO ARJONA
(LICENCIA PROF. No. 2011-185-001)**

ABRIL, 2021

INDICE

	Pag.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. LOCALIZACIÓN	1
3. CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DEL PROYECTO	2
3.1 CLIMA	2
3.2 PRECIPITACIÓN	3
3.3 GEOMORFOLOGÍA Y EROSIÓN	4
3.4 MARCO GEOLÓGICO	5
3.5 RECURSOS HÍDRICOS DISPONIBLES	6
3.5.1 Fuentes superficiales	6
3.5.2 Fuentes subterráneas	7
4. INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA DE SUPERFICIE	8
4.1 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	8
4.2 CARACTERÍSTICAS DE EJECUCIÓN	9
4.3 DISCUSIÓN GENERAL SOBRE CAUSAS DE AFLORAMIENTOS DE AGUA	10
4.4 RECORRIDO POR LOS PUNTOS DE OBSERVACIÓN	11
4.4.1. Caracterización del drenaje natural	11
4.4.2. Valoración de drenaje natural en el área del antigua estanque artificial	12
5. EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA	15
5.1. CONSIDERACIONES GENERALES	15
5.2. CÁLCULOS DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS	16
5.2.1. Períodos de Retorno de Diseño	16
5.2.2. Cálculo de Tiempo de Concentración	17
5.2.3. Cálculo de la Intensidad de Lluvias	17
5.2.4. Caudal máximo para periodo de retorno de 50 años	18
6. CÁLCULOS ORIENTADORES PARA ALCANTARILLA EXISTENTE	18
7. CONCLUSIONES	20
 ANEXO 1: REGISTRO FOTOGRÁFICO	 22
ANEXO 2: INFORMACIÓN SOBRE LOS MANANTIALES O NACIMIENTOS DE AGUA	27

PROYECTO ACONDICIONAMIENTO DE TERRENO PARA FUTURO DESARROLLO MILLA 9 FASE II

1. INTRODUCCIÓN

La Empresa Promotora Inmobiliaria Milla 9, S.A. ha solicitado la preparación de la presente Investigación Geológica de Superficie con fines de valoración y debida clasificación de afloramientos superficiales de agua para juzgar su papel en la eventual protección de reservas forestales en el proyecto, que comprende un globo de terreno conocido como Milla 9. En el aspecto administrativo, la finca en cuestión está ubicada en el Corregimiento de Ernesto Córdoba Campos, Distrito de Panamá, Provincia de Panamá.

2. LOCALIZACIÓN

El área del proyecto está ubicada en el Corregimiento de Ernesto Córdoba Campos, Distrito de Panamá, Provincia de Panamá (Figura 1).



Figura 1. Localización Regional del Proyecto.
Fuente: Mapa Físico de la República de Panamá, Atlas Nacional, 2007.

Concretamente, su vía de acceso es por la Carretera Transístmica a la altura de la Planta Industrial Tubotec, a mano izquierda.

3. CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS

3.1. CLIMA

El clima del área de interés, en términos generales, está determinado por la localización geográfica, la altura sobre el nivel del mar, el relieve y la extensión territorial. Para la clasificación climática se utilizó el sistema del climatológico alemán W. Köppen, teniendo en cuenta las características pluviométricas y térmicas del área de influencia (Figura 2).

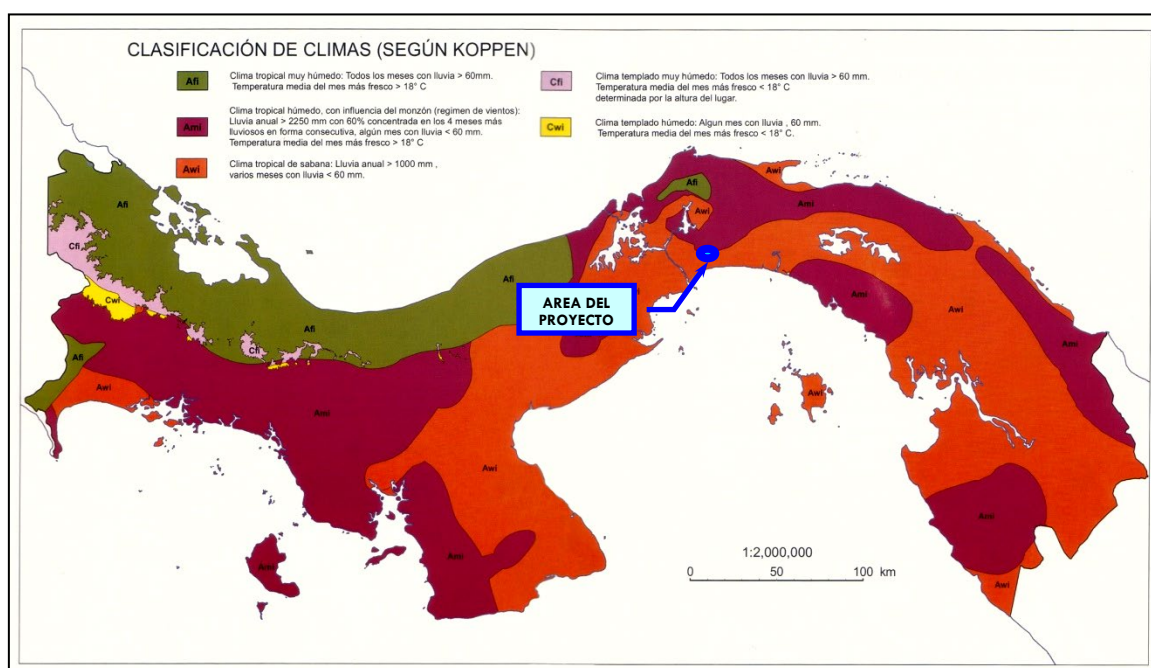


Figura 2. Clasificación de Climas (según Köppen).
Fuente: Mapa 11.3, Atlas Nacional de la República de Panamá, 2007.

Según esta clasificación, regionalmente tenemos el *clima tropical de sabana (Aw)*, con las siguientes características: *Precipitación anual menor que 2,500 mm, estación seca prolongada (meses con lluvia menor de 60 mm) en el invierno del hemisferio norte; temperatura media del mes más fresco mayor que 18°C, diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más fresco menor de 5°C.*

Este tipo de clima, como norma general en nuestro país, a nivel general es el propio de tierras bajas afectadas por la deforestación y dedicadas a potreros, áreas pobladas y agricultura de subsistencia.

3.2. PRECIPITACIÓN

El régimen anual de precipitación, característico del área evaluada, es de tipo monomodal, con un período seco de 5 meses de diciembre a abril, acentuado de febrero a marzo y un período lluvioso de 7 meses, de mayo a noviembre, siendo mayores las lluvias en octubre (Figura 3)

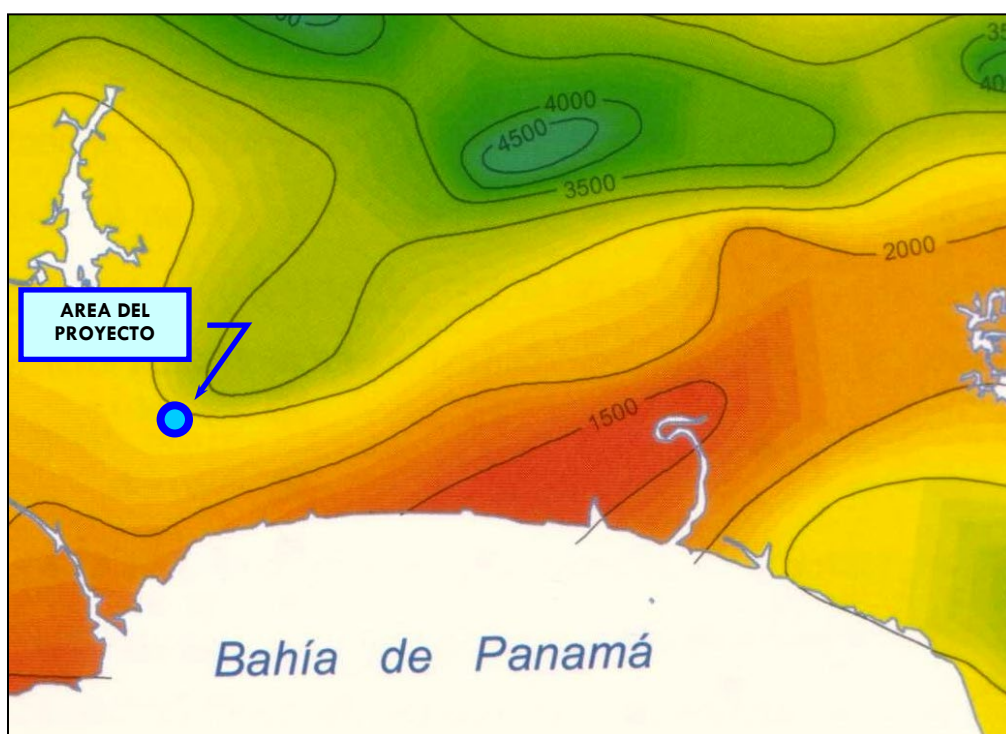


Figura 3. Precipitación Media Anual en milímetros del área del Proyecto.
Fuente: Mapa 9.1, Atlas Nacional de la República de Panamá, 2007.

Este período, en términos generales, se caracteriza por los máximos de precipitaciones coincidentes con el paso de la ITCZ (Zona de Convergencia Intertropical) en dirección al norte (junio) y en sentido meridional (octubre) en su desplazamiento, siguiendo la

trayectoria de la declinación anual del sol. Para nuestro caso concreto, la precipitación en la zona de estudio es aproximadamente de 2,500 mm por año.

3.3. GEOMORFOLOGÍA Y EROSIÓN

El área investigada morfoestructuralmente está representada por la unidad geomorfológica denominada como *Regiones de Cerros bajos y Colinas* (Figura 4). En el contexto estructural corresponde a litología de rocas sedimentarias y deposiciones volcánicas ubicadas morfocronológicamente en el Terciario Medio.

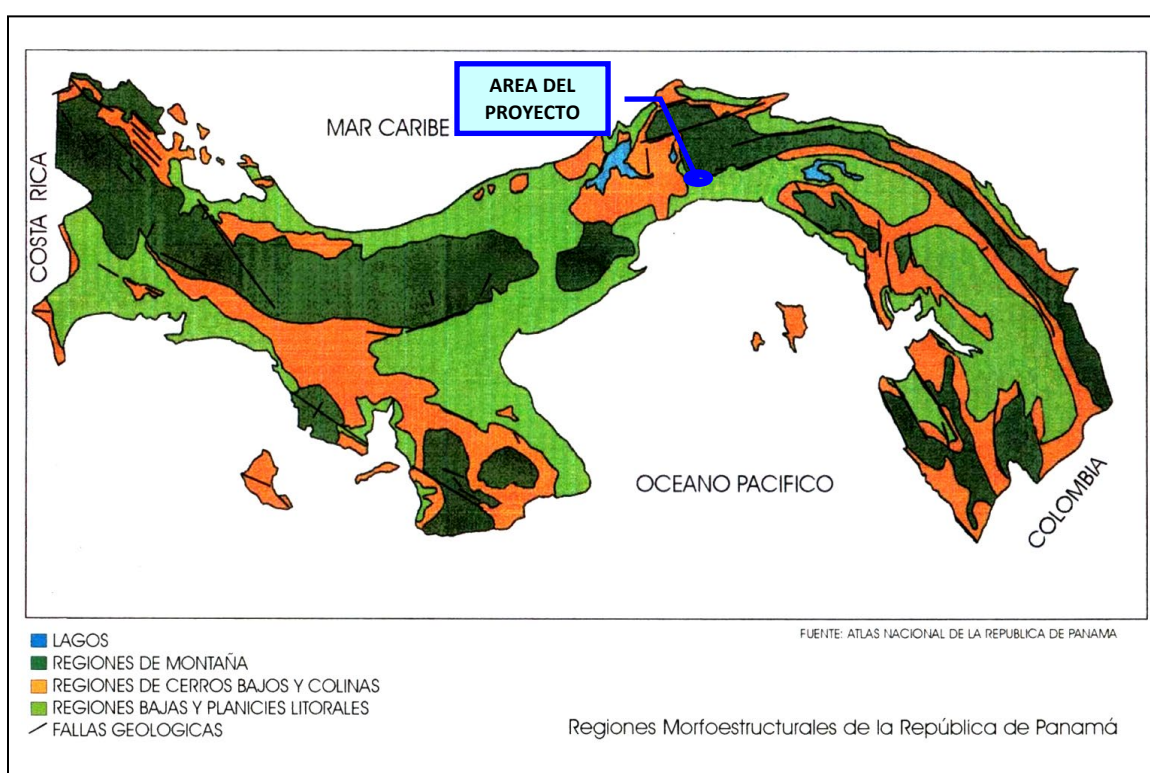


Figura 4. Región Morfoestructural del área del Proyecto.
Fuente: Mapa 4.1, Atlas Nacional de la República de Panamá, 2007.

La erosión en menor medida puede ser eólica pero la principal pudiera ser en este caso de orden hídrico es decir precipitación en época de lluvias. Esta última es la de mayor incidencia en forma de red de drenajes de trayectoria dendrítica en el marco de procesos normales para tierras de cerros bajos y colinas con gradiente hidráulico intermedio, actualmente exhiben pastizales en gran medida del llamado pasto canalero de lo que

anteriormente fueran potreros o una finca orientada a fines recreativos. El área investigada cuenta con vegas de ángulos pronunciados pero poco profundos debido a esta erosión.

3.4. MARCO GEOLÓGICO

En el área de influencia del proyecto afloran rocas sedimentarias de la formación Panamá (TO-PA) fase marina. En general, está constituida por arenisca tobácea, lutita tobácea, caliza albacea y foraminífera e incidencia de capas piroclásticas depositadas en ambiente marino. El material aflorante en el área del proyecto es un aglomerado pobremente consolidado fácilmente erosionable por su matriz de ceniza volcánica no calcinada. La formación geológica Panamá fase marina, que se presenta en la zona evaluada y que han sido documentados en material fotográfico realizados durante la presente evaluación y que muestra afloramientos en la zona investigada es de la Época del Oligoceno Medio del Período Terciario con 28.1 millones de años de antigüedad según la escala de tiempo geológico (Figura 5).

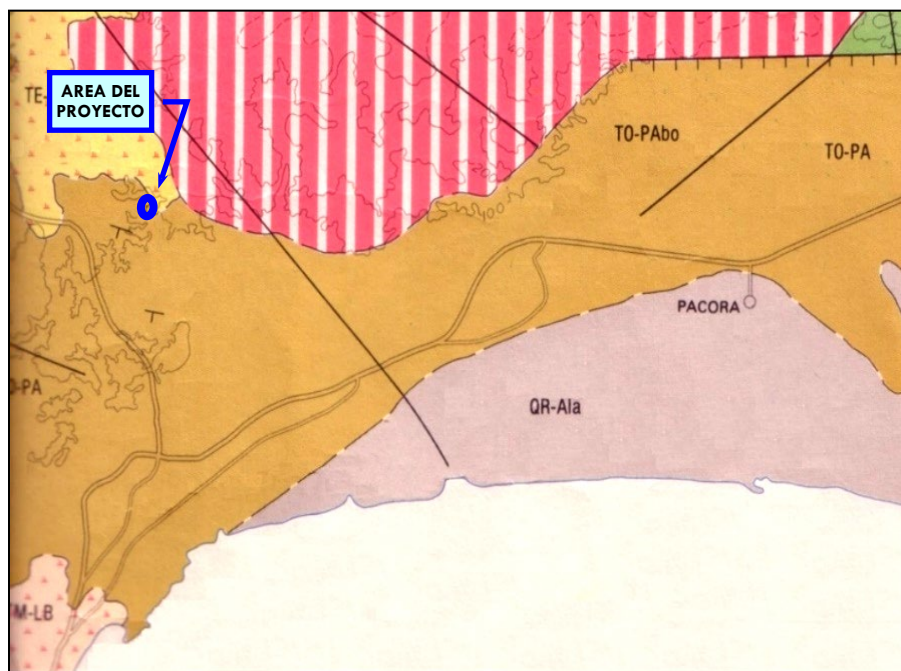


Figura 5. Mapa Geológico del Área del Proyecto
Fuente: Mapa Geológico de la República de Panamá, DGRM, 1991.

La descripción e interpretación de los materiales observados que se hace en este trabajo está sustentada a su vez en el Mapa Geológico de la República de Panamá, escala 1:250,000 (1991), además del de Geología y Geomorfología del Catastro Rural de Tierras y Aguas de la República de Panamá escala 1:50,000 (1968).

Para poder comprender las condiciones geológicas imperantes en un área investigada también es importante conocer los procesos históricos que dieron origen a las diferentes rocas en la zona. En este caso particular de Milla 9, se debe señalar lo siguiente: hace unos 28.1 millones de años existía un pequeño mar interior con aguas cálidas que generó vida como pequeños crustáceos, algas y foraminíferas. También existieron períodos donde el agua se empezó a encerrar en caletas y creó capas de lama y arena. Estos procesos genéticos dieron origen a dos tipos de rocas sedimentarias básicas a nivel regional de la zona investigada: una relacionada con la actividad bioquímica de organismos con caparazones calcáreos que generaron limolita con cementante de tipo calcáreo y por otra parte, las deposiciones en ambientes de pobre circulación de agua generaron roca arenisca con cementante limolítico. Luego se dieron procesos de levantamientos y asentamientos de la corteza terrestre, a su vez producen respectivas regresiones y transgresiones del mar hasta nuestros días. También en el caso de la Formación Panamá marina se dieron procesos volcánicos de expulsión de partículas piroclásticas formando capas de aglomerado observados en Milla 9 de distintos grosores y consistencia de manera aleatoria.

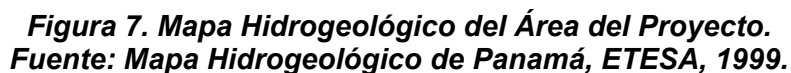
3.5. RECURSOS HÍDRICOS DISPONIBLES

3.5.1. Fuentes superficiales

La cuenca hidrográfica donde está localizada la Finca o polígono evaluado es la del “*Río Juan Díaz y entre Río Juan Díaz y Pacora*”, identificada como la No. 144, y se encuentra ubicada en la Vertiente Pacífica (Figura 6). La zona de investigación tiene como más importantes del área los ríos Las Lajas y Juan Díaz. La trayectoria del río Las Lajas bordea la propiedad en su sector más al norte entre las cotas de elevación 80 a 70 msnm, percibiéndose un gradiente hidráulico bajo de aguas principalmente tranquilas.



La referencia del Mapa Hidrogeológico de Panamá, Escala 1:1, 000,000 atribuye al área de estudio el siguiente tipo de acuíferos (Figura 7):



- 7 -

geológico Panamá fase marina (TO-PA)”. Acuíferos constituidos por depósitos marinos generalmente de naturaleza clástica, con secciones ocasionales de origen bioquímico (calizas). La granulometría predominante de estos materiales es fina teniendo como origen limos y arcillas. En estas formaciones se encuentran aleatoriamente intercalaciones de basaltos y andesitas en forma de diques así como capas poco potentes de aglomerado. Se puede obtener cierta producción buena en pozos individuales. La calidad química de las aguas es variable.

4. INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA DE SUPERFICIE

4.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Ante la necesidad de poder formar una imagen general del bloque geológico que conforma el área del Proyecto “Acondicionamiento de Terreno para Futuro Desarrollo – Milla 9 Fase II”, relacionado con el tema de afloramientos de agua, se decidió definir este factor a través de un recorrido por los drenajes naturales de la propiedad (26/04/2021), teniendo como referencia colateral el análisis de los mapas geológicos e hidrogeológico de la zona evaluada para la interpretación respectiva, así como también el resultado de observaciones de campo en el sitio de investigación. Se dejó constancia de la evaluación de campo realizada en un registro fotográfico georreferenciado con respecto la fecha 24/04/2021.

El objetivo de la presente investigación geológica ha sido brindar las referencias sobre el papel de los manantiales como signo de reservas de agua subterráneas de cara a la protección de reservas forestales. Esto es importante, pues depende de los componentes del subsuelo, así como de sus propiedades acuíferas, que sean aplicables a la protección o no de tales manifestaciones de agua subterránea. Concretamente, se refiere a la Ley 1 del 3 de febrero de 1994 (Artículo 23, numeral 1), tratándose de terrenos relativamente planos, se considera un radio de protección de 100 metros desde el punto de nacimiento de agua si lo hubiera.

Las lluvias una vez infiltradas son la fuente de recarga que inician las reservas de agua subterráneas, creando de esta manera los depósitos subterráneos. Estos son afectados por la gravedad y tienden a la horizontalidad, lo que se conoce como la mesa freática. Si el perfil del terreno experimenta un declive, el agua tiende a escapar por ese punto en una acción de vertido y se produce un nacimiento si el agua es suficiente para mantenerse en la época de estiaje. De esta manera, los puntos más bajos del relieve son los más aptos para verificar si existe algún fenómeno de este tipo, como en el drenaje natural en el área investigada, que fue documentado fotográficamente (Puntos de evaluación del P-1 al P-8).

Para el caso del sector donde se localiza el punto P-9 de este drenaje que fue represado antiguamente, sólo se verificó si existen “ojos de agua” en sus predios y si las obras en cauce como un camellón de acceso a la propiedad que tiene una alcantarilla, cuenta con el diámetro suficiente para no causar afectación al ambiente bajo la condición de una lluvia máxima con periodo de retorno de 50 años.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE EJECUCIÓN

En el recorrido de inspección al ser un terreno baldío actualmente, no se experimentaron dificultades con ninguna interferencia natural que eventualmente puede afectar algunos objetos de estudio, obstáculos físicos o cualquier otra perturbación (Tabla 1 y Figura 8).

Tabla 1. Localización de los puntos evaluados en el predio del Proyecto.
Fuente: Equipo Consultor, 2021.

No. Puntos observados	Coordenadas		Elevación, m
	Este (m)	Norte (m)	
P-1	662425	1004573	111
P-2	662451	1004572	107
P-3	662480	1004602	99
P-4	662489	1004606	97
P-5	662490	1004609	96
P-6	662503	1004599	93
P-7	662540	1004615	92
P-8	662553	1004644	88
P-9	662139	1004695	92

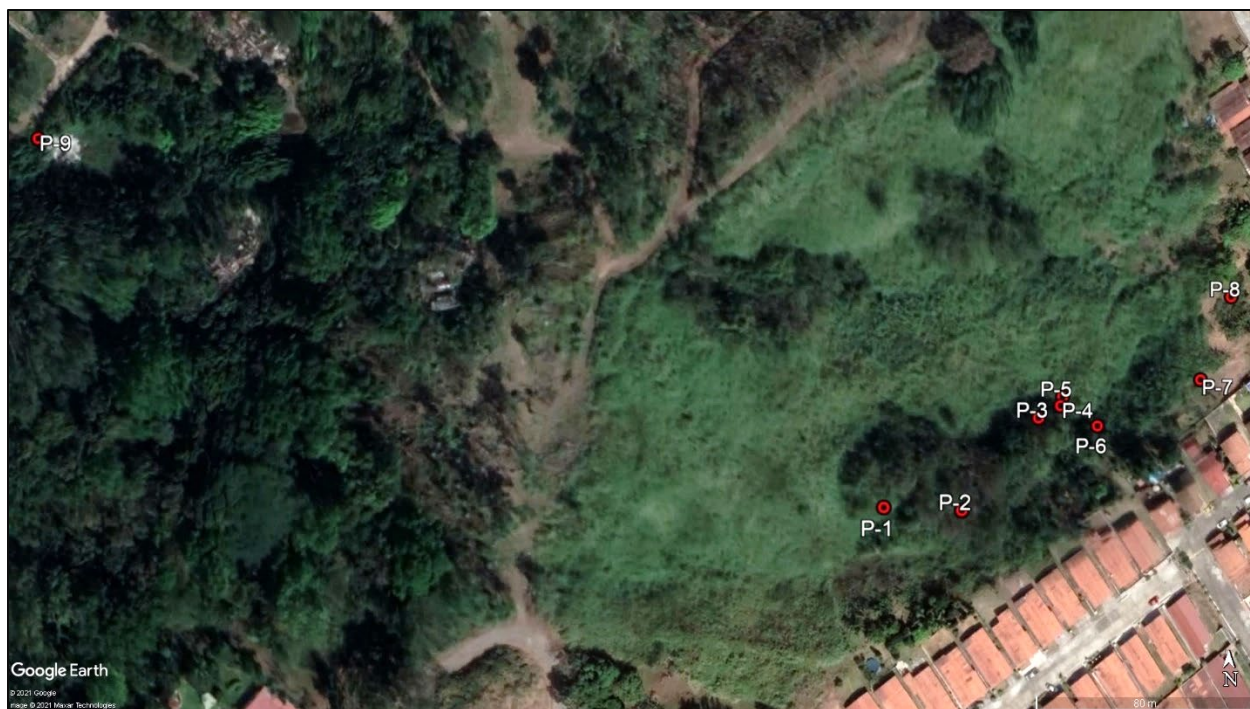


Figura 8. Imagen satelital con la localización de los Puntos verificados.
Fuente: Google Earth, 2021. Equipo Consultor.

4.3 DISCUSIÓN GENERAL SOBRE CAUSAS DE AFLORAMIENTOS DE AGUA

Para un análisis objetivo de la situación imperante en materia de afloramientos de agua se analizan diferentes aspectos, considerando en primera instancia la protección forestal de la Ley 1 del 3 de febrero de 1994 (Artículo 23, numeral 1). Esta Ley se refiere a nacimientos de agua en terrenos relativamente planos en su parte baja y se considera un radio de protección de 100 metros desde el punto de nacimiento, si el mismo existiera. Se consideró oportuno incluir referencias sobre la protección del paso del flujo de agua, con el dimensionado adecuado de las estructuras hidráulicas como canaleta, alcantarilla o cajón, si se debe atravesar, por ejemplo, un camellón de camino, muro perimetral en su curso inmediato aguas abajo, para lo cual se dan indicaciones muy concretas sobre la protección del “nacimientos de agua” o de drenaje natural. Existiendo a su vez la similar manifestación, pero su condición de existencia es de tipo intermitente o estacional, estos últimos no están clasificados como nacimiento, y se consideran como simples drenajes naturales. Por lo tanto, los mismos no están contemplados en la mencionada ley. Por

otra parte, a nivel nacional a los manantiales se les suele llamar “ojos de agua”, para ambos casos se trata de agua subterránea. Los nacimientos son más graduales en su manifestación, en cambio los manantiales por lo general surgen de un punto fijo. Los manantiales pueden y deben ser considerados nacimientos si dan origen a un curso de agua permanente. Para manantiales, producto de acuíferos colgados de reservas limitadas, no se consideran nacimientos y no están contemplados por la ley arriba citada.

Con el interés de brindar un marco de referencia de los conceptos, que a nivel hidrogeológico se tiene sobre lo que es un manantial o nacimiento de agua superficial, se puede citar íntegramente la definición del Doctor en Ciencias Geológicas Manuel Ramón Llamas (Custodio y Llamas, 1976): *“Un manantial puede definirse como un punto o zona de la superficie del terreno en la que, de modo natural, fluye a la superficie una cantidad apreciable de agua procedente de un acuífero o embalse subterráneo”*. Este enunciado científico es el término de referencia para la aplicación de la Ley de protección forestal nacional, por lo tanto, cualquier otro fenómeno natural estaría fuera de esta referencia.

4.4. RECORRIDO POR LOS PUNTOS DE OBSERVACIÓN

4.4.1 Caracterización del drenaje natural

Como las cotas superiores de la propiedad investigada no mostraron manifestación de agua que pueda considerarse como nacimiento de agua superficial alguna, se decidió buscarla en un drenaje natural ubicado en las cotas intermedias a bajas que empalman con la propiedad vecina al noreste. Las aguas de este drenaje se integran a la red pluvial de una Urbanización con lotificación existente.

Dado el caso de que, en resumen, no se detectó manifestación de agua natural ni artificial, generadas por obras antrópicas en 8 puntos considerados y debidamente fotografiados por el Consultor Ambiental Carlos Herrera, quien también participó en esta inspección, se pudo comprobar que a pesar de que las fotos se tomaron el día 24 de abril

del año en curso, las condiciones de ausencia de agua se mantenían dos días después (26/04/2021). En consecuencia, se puede considerar que el mencionado registro fotográfico se mantiene como prueba fehaciente de que se trata de un drenaje natural seco. Por lo tanto, el mismo se encuentra fuera de protección alguna como “nacimiento de manifestación de agua superficial” (Ver Anexo 1).

4.4.2 Valoración de drenaje natural en el área del antiguo estanque artificial

En el área de acceso al proyecto se observó sobre una depresión del terreno un camellón con una alcantarilla para permitir el flujo de este drenaje natural (Figura 9).



Figura 9. Vista general del drenaje natural que se utilizó anteriormente para retener agua de manera artificial. Fuente: Equipo Consultor, 2021.

El fondo de esta depresión está cubierto de pasto verde en brotes tiernos, tiene forma elíptica orientada al noroeste con unos 20 m de largo y 10 m de ancho, que puede apreciarse en la Figura 9, que enfoca su vista general. Mientras tanto, la Figura 10 sobre las coordenadas UTM 662139 E 1004695 N, da fe de la condición de este drenaje, pues en ella puede verse un suelo desecado sin flujo de agua, que presenta agrietamiento.



Figura 10. Punto más bajo frente a la alcantarilla, donde puede apreciarse la sequedad del fondo de este drenaje. Fuente: Equipo Consultor, 2021.

Hay que destacar, que este es uno de los puntos más bajos de este drenaje y por lo tanto, de haber emanaciones u otra manifestación de agua, este punto habría exhibido por lo menos humedad proveniente de tales flujos, cosa que no se da en este terreno. El suelo es limo arcilloso color chocolate claro y contiene restos de hojas secas de pocos centímetros con textura similar a la turba.

Con respecto a la alcantarilla que asegura la circulación del flujo de este drenaje, en la Figura 11 puede apreciarse que con 1.37 m de diámetro existente, puede dar libre circulación al agua de la mini cuenca respectiva. No obstante, para sustentar que este drenaje no ha sido afectado, pese a la construcción del camellón de acceso a la antigua finca (Figura 12), se realizaron los cálculos hidrológicos e hidráulicos aplicables para la verificación de caso extremo de flujo de una tormenta con periodo de retorno de 50 años, según la normativa del Ministerio de Obras Públicas para alcantarillas. Cabe destacar, que la presente valoración se circunscribe solamente a la situación existente al momento de realizar la inspección técnica el 26/04/2021 y no se refiere a obras de ningún tipo proyectadas a futuro en esta finca.



**Figura 11. Medida de alcantarilla de 4.5 pies de diámetro interior (1.37 m).
Fuente: Equipo Consultor.**



**Figura 12. Vista general del camellón de acceso con alcantarilla.
Fuente: Equipo Consultor.**

5. EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA

5.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Como no se dispone de los datos de caudales, las descargas máximas para la evaluación y diseño de los canales y/o cunetas de drenaje en el área a proteger, han sido estimadas en base a las precipitaciones y a las características de la microcuenca colectora, tomando en consideración el Método Racional. Para el presente capítulo hidrológico e hidráulico se determinaron las descargas que pueden incidir con la aplicación de procedimientos Precipitación – Escorrentía.

Este método es el más ampliamente utilizado hoy en día para la estimación de caudales máximos en cuencas de poca extensión y se aplica para superficies menores a 250 hectáreas (Fuente: Resolución No. 008-03 del Ministerio de Obras Públicas de Panamá, MOP). En este caso concreto, el área a considerar es relativamente pequeña cumpliendo con tales criterios de aplicación. El método de la Fórmula Racional considera la precipitación constante y uniformemente distribuida en toda la cuenca de drenaje.

Aplicando el Método Racional, se tienen las descargas máximas. La descarga máxima instantánea (Q) es determinada sobre la base de la intensidad máxima de precipitación y según la relación:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Donde:

Q = Descarga pico en m³/s.

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de precipitación en mm/hora

A = Área de captación en Km²

Para efectos de la aplicabilidad de esta fórmula el Coeficiente de Escorrentía "C" varía de acuerdo con las características geomorfológicas de la zona: topografía, naturaleza

del suelo y vegetación de la cuenca. El MOP exige en sus Normas Técnicas la utilización como valor mínimo de $C = 0.90$ para diseños pluviales en áreas urbanas deforestadas y $C = 0.85$ para diseños pluviales en áreas suburbanas y en rápido crecimiento (como lo es el área de drenaje evaluado).

La duración de la intensidad de lluvia (I) corresponde a la duración del tiempo de concentración de la cuenca (t_c), la cual se determina de acuerdo con la fórmula de *Kirpich*.

$$t_c = 0.0078 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right)$$

Donde:

L = Longitud del recorrido de las aguas, m

S = Gradiente hidráulico calculado para la cuenca

5.2. CÁLCULOS DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS

5.2.1. Períodos de Retorno de Diseño

Según las Normas Técnicas del MOP, se establece que *“el diseño de las alcantarillas pluviales, los aliviaderos de sistemas pluviales y zanjas de drenajes pluviales en urbanizaciones nuevas deben ser diseñados para la peor lluvia de un periodo de retorno (PR) de uno en diez años. De hacerse conexiones al alcantarillado pluvial existente el mismo deberá tener la suficiente capacidad para desalojar la peor lluvia de 1 en 10 años. Tomando en consideración esta normativa vigente, de no tener la capacidad antes mencionada el sistema deberá ser adecuado a las nuevas exigencias”*.

Para el caso concreto de algunos Proyectos urbanísticos, el Periodo de Retorno considerado para la evaluación ha sido el siguiente: PR = 10 años pero, dado el caso de que se trata de la protección de un curso de agua naciente como un objeto natural permanente pues supera los criterios de la vida útil de tales infraestructuras urbanas, se consideró también el probable escenario de comportamiento de la peor lluvia de un periodo de retorno (PR) de uno en cincuenta (50) años, aunque debemos destacar que

no se detectó nacimiento de agua superficial. Para este probable escenario, las Normas Técnicas del MOP consideran lo siguiente: *“Entubamiento, cajones pluviales, muros de retén en cauces y otras estructuras permanentes del sistema pluvial, así como estructuras hidráulicas, zanjas abiertas, deberán diseñarse para un periodo de retorno de uno en cincuenta años (1:50 años)”*. De esta manera, para los cálculos hidráulicos de este drenaje natural se aplicó un periodo de retorno: uno en cincuenta años.

5.2.2. Cálculo de Tiempo de Concentración

Tiempo de concentración en la microcuenca toma en consideración el punto de ubicación de la alcantarilla y la geometría aproximada del cauce en base a distancia entre cotas para la vertical y la longitud del sector considerado.

De esta manera se tiene lo siguiente:

$H_{\max} = 112 \text{ m}$ = Elevación en la parte alta de la microcuenca

$H_{\min} = 92 \text{ m}$ = Elevación en la parte baja de la microcuenca donde está el camellón

$L = 143 \text{ m}$ = Longitud del recorrido de las aguas de la microcuenca

$S = 0.139860$ = Gradiente hidráulico calculado para la microcuenca

Como la microcuenca es tan pequeña que tiene rango de tiempo de concentración cercano al minuto (0.76 min), los errores en los cálculos pueden ser mayores debido a un tiempo tan pequeño que resulta ilógico. Por lo tanto, se utilizará entonces como el mínimo $T_c = 2$ minutos.

5.2.3. Cálculo de la Intensidad de Lluvias

Para la determinación de la Intensidad de Lluvias en el área evaluada, se utilizó el Tiempo de Concentración ya estimado para el drenaje S/N en los predios del proyecto y se aplicó el periodo de retorno contemplado 50 años, (Resolución No. 008-03 del Ministerio de Obras Públicas, MOP para la vertiente Pacífica del Istmo de Panamá), tomando en consideración el tipo de proyecto que sería desarrollado.

Para el cálculo de la Intensidad de Lluvias se ha utilizado la información de Intensidad-Duración-Frecuencia de Lluvias, recomendada por el MOP para el sector Pacífico en sus Normas Técnicas. De acuerdo con lo calculado, la Intensidad de lluvia para el área del Proyecto Milla 9 y su zona de influencia evaluada para el Periodo de Retorno recomendado para el sector Pacífico, ha sido la siguiente:

Intensidad de lluvia I = 268.51 mm/hora (PR = 50 años)

5.2.4. Caudal máximo para periodo de retorno de 50 años

El caudal máximo recomendado para el diseño de elementos de conducción como medida de protección de este cauce natural, se estimó que debe llevar revestimiento de concreto para resistir mejor el paso del tiempo. De esta manera, los parámetros a utilizar en este cálculo son:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Donde:

C = 0.85 = Coeficiente de escorrentía

I = 268.51 mm/hora = Intensidad de precipitación

A = 0.025 Km² = Área de captación

Caudal máximo Q = 1.58 m³ /s

6. CÁLCULOS ORIENTADORES PARA ALCANTARILLA EXISTENTE

A continuación, se presenta la variante circular de paso de alcantarilla para tirante normal de agua, de este drenaje natural en el punto del camellón. Se trata de cálculos comparativos de geometría de la estructura de conformidad con lo instalado en el campo. Se utilizó el software *H-Canales* especializado en análisis de flujos en canales y tuberías para alcantarillas y estructuras hidráulicas, propiedad intelectual de Villón-Béjar, M.

(2019), desarrollado para Windows. (Revista Tecnología, En Marcha, 13(5), Pág. 148–151. <https://doi.org/10.18845/tm.v13i0.2919>).

Para una mejor comprensión de los resultados de análisis, se puede indicar como referencia, que William Froude (1810-1879) fue un ingeniero hidráulico y arquitecto naval inglés. Froude fue el primero a establecer leyes confiables respecto a la resistencia que el agua ejerce al avance de los navíos y a calcular su estabilidad, y, por ende, sobre diferentes superficies de tuberías o revestimientos de canales. En la mecánica de fluidos un parámetro adimensional lleva su nombre: el número de Froude. En este caso concreto del proyecto, el número de Froude se mantiene en rango de flujo subcrítico medio, que es lo normal debajo de la unidad. Es bueno el resultado si este parámetro da menos de uno. Si se obtienen resultados de uno, se considera crítico y superior a la unidad - supercrítico, ambos parámetros no son aceptables para el flujo laminar deseado. A continuación, el detalle del cálculo orientador obtenido para el diámetro medido en el campo, tratándose de un diámetro interior de tubería de 4.5 pies es decir 1.37 metros (Figura 13). Como podrá verse la tubería instalada puede manejar el flujo del cálculo con un tirante normal holgadamente inferior al diámetro de la tubería evaluada y un número de Froude inferior a la unidad.

Lugar:	Ciudad de Panamá	Proyecto:	Milla 9
Tramo:	Carretera transísmica	Revestimiento:	Concreto

Datos:			
Caudal (Q):	1.58	m ³ /s	
Diámetro (d):	1.37	m	
Rugosidad (n):	0.014		
Pendiente (S):	0.001	m/m	

Resultados:			
Tirante normal (y):	1.0869	m	
Área hidráulica (A):	1.2541	m ²	
Espejo de agua (T):	1.1095	m	
Número de Froude (F):	0.3783		
Tipo de flujo:	Subcrítico		
Perímetro mojado (p):	3.0109	m	
Radio hidráulico (R):	0.4165	m	
Velocidad (v):	1.2598	m/s	
Energía específica (E):	1.1677	m-Kg/Kg	

Figura 13. Cálculo de la sección circular de la alcantarilla evaluada.

7. CONCLUSIONES

Luego de realizar el día 26/04/2021 la prospección geológica de superficie con fines de valoración de eventuales afloramientos, nacimientos de agua o manantiales en los predios del Proyecto “Acondicionamiento de Terreno para Futuro Desarrollo – Milla 9 Fase II”, se puede concluir lo siguiente:

- El resultado final de la evaluación geológica de superficie realizada permite que, al haberse documentado la no existencia de manantiales o nacimientos de agua en la zona de mayor probabilidad que son los puntos medios a bajos de la finca investigada en Milla 9, los drenajes existentes no cumplen con el interés de la ley de protección para tales fuentes, al presentarse los mismos secos en el sector noreste de la propiedad (ver en Anexo la secuencia de fotos georreferenciadas). La única manifestación de agua superficial encontrada fue el río Las Lajas en el sector limítrofe del área del proyecto y que corre con orientación noreste entre las elevaciones 80 y 70 msnm.
- Según referencias de Custodio y Llamas (1976), que para ser digno del calificativo de “ojo de agua”, manantial o nacimiento de fuente superficial el objetivo analizado debe cumplir lo siguiente: ***“Un manantial puede definirse como un punto o zona de la superficie del terreno en la que, de modo natural, fluye a la superficie una cantidad apreciable de agua procedente de un acuífero o embalse subterráneo”***. Por consiguiente, a nuestro juicio, si no se cumple con este dictamen científico, tampoco puede reconocerse como fuente natural de agua.
- Con respecto al sector cercano a las coordenadas UTM 662139 E 1004695 N (P-9), referente a obras necesarias en drenajes naturales para el normal uso de rutas de acceso a espacios de terrenos, no entran en conflicto con el medio ambiente ya que se confirmó que el flujo natural no es obstaculizado en su paso por la estructura como camellón con alcantarilla, que no desvían el flujo original. En tal sentido, esta condición fue verificada mediante análisis hidrológico e hidráulico

presentado en el respectivo Informe Técnico con resultados satisfactorios a favor de lo actuado anteriormente, concerniente al diámetro de alcantarilla utilizado, ya que además no se observó alteración del perfil original del terreno por acción antrópica alguna en otros puntos de este drenaje natural.

- En el Anexo 2 de este Informe se presenta como referencia información adicional sobre valoración de manantiales bajo diferentes condiciones geológicas, siendo uno de sus principales parámetros a considerar, la medida del flujo y su variabilidad. No obstante, en este caso concreto de la finca o proyecto Milla 9, la ausencia de flujo es notoria.

ANEXO 1: REGISTRO FOTOGRÁFICO

FOTOS AREA DE DRENAJE NATURAL



Foto No.1. Inicio del Drenaje Natural. Coordenadas UTM 662425 E – 1004573N



Foto No.2. Recorrido del Drenaje Natural. Coordenadas UTM 662451 E – 1004572 N



Foto No.3. Recorrido del Drenaje Natural. Coordenadas UTM 662480 E – 1004602 N



Foto No.4. Recorrido Drenaje Natural. Coordenadas UTM 662489 E – 1004606 N



Foto No.5. Recorrido Drenaje Natural. Coordenadas UTM 662490 E – 1004609 N



Foto No.6. Recorrido del Drenaje Natural. Coordenadas UTM 662503 E – 1004599 N



Foto No.7. Recorrido del Drenaje Natural. Coordenadas UTM 662540 E – 1004615 N

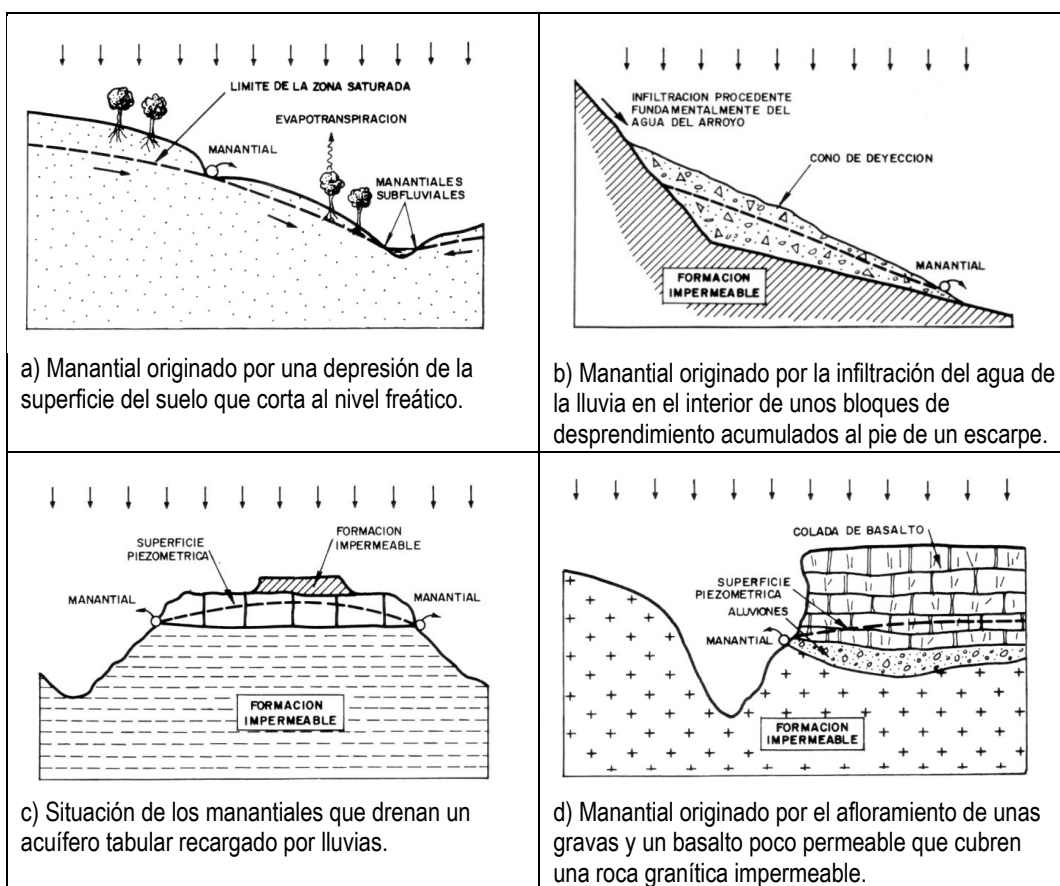


**Foto No.8. Recorrido FINAL del Drenaje Natural Dentro del Polígono del Proyecto.
Coordenadas UTM 662553 E – 1004644 N**

ANEXO 2: INFORMACIÓN SOBRE LOS MANANTIALES O NACIMIENTOS DE AGUA

1. DIFERENTES TIPOS DE MANANTIALES

El funcionamiento de los manantiales resulta muy claro, si como antes se ha indicado, se tiene en cuenta que son simplemente el desagüe de un medio poroso que recibe una cierta recarga o infiltración. Así pues, los dos factores más importantes a considerar serán los parámetros geométricos e hidrológicos del embalse subterráneo y sus condiciones de recarga, casi siempre dependientes de la infiltración de las precipitaciones lluviosas. En la siguiente figura pueden verse algunos esquemas representativos de diversos tipos de manantiales (Figura 1).



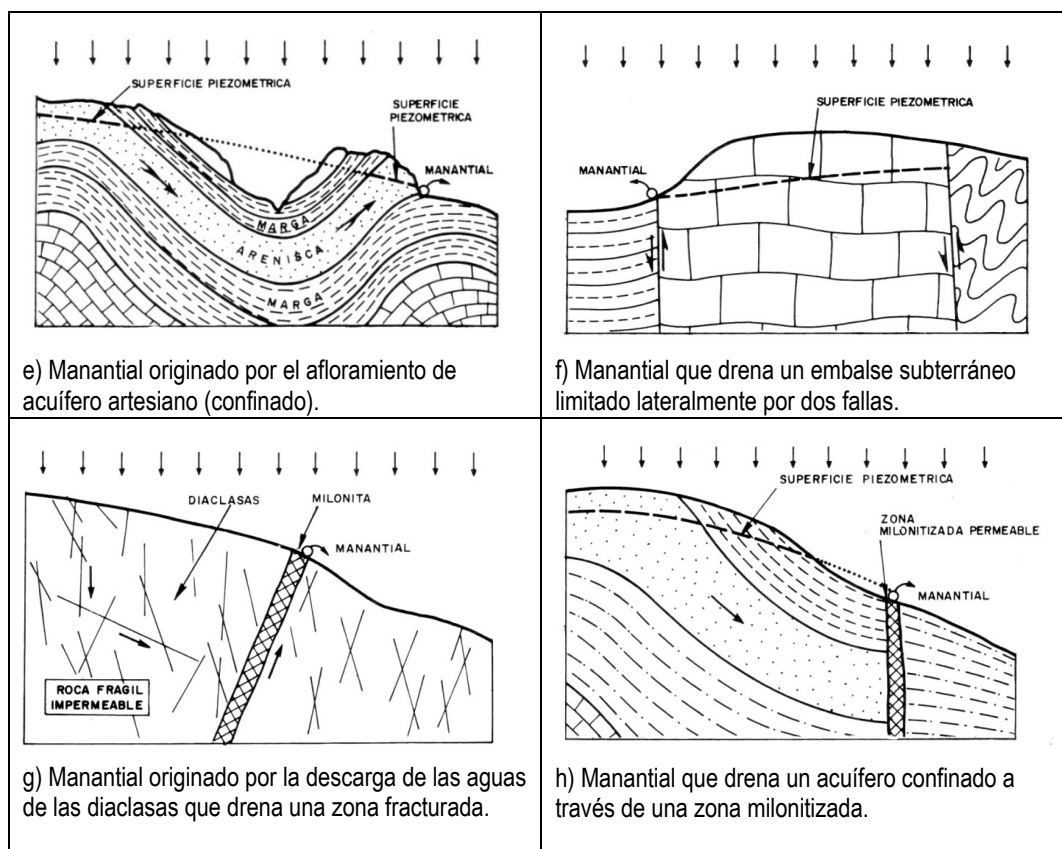


Figura 1. Origen de diversos tipos de manantiales

2. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS MANANTIALES

Los manantiales han despertado el interés de los estudiosos desde hace muchos años, y como consecuencia de ello, se ha sugerido clasificaciones de tipos muy diversos. Fácilmente se comprende que el número de variables que puede tenerse es tal que resultarían con facilidad varios centenares o miles de clasificaciones. De acuerdo con Davis y De Wiest (1966, pag. 62), se considera que lo más importante es tratar los principios básicos y describir algunos manantiales representativos sin perderse en tecnicismos artificiosos.

Las clasificaciones más frecuentes suelen estar basadas en el volumen o caudal suministrado por el manantial (Tabla 1), en el tipo de acuífero que lo alimenta, en las características químicas de sus aguas, en la temperatura, en la dirección del flujo, en su

relación con la topografía y su relación con la estructura geológica que los condiciona. Evidentemente, pese a este esfuerzo de simplificar los parámetros de clasificación, sigue siendo una labor ardua, por lo cual muchos autores dan mayor prominencia a la clasificación de la descarga del manantial como elemento primario de referencia.

Tabla 1. Clasificación de la descarga de los manantiales

Categoría	Volumen o caudal suministrado	
Primera	Superiores a 2.80 m ³ /s	(Superiores a 44,386 gpm)
Segunda	Entre 0.28 y 2.80 m ³ /s	(4,438 y 44,386 gpm)
Tercera	Entre 28 y 280 l/s	(444 y 4,438 gpm)
Cuarta	Entre 6.3 y 28 l/s	(100 y 444 gpm)
Quinta	Entre 40 y 400 l/min	(10.6 y 106 gpm)
Sexta	Entre 4 y 40 l/min	(1.06 y 10.6 gpm)
Séptima	Entre 0.5 y 4 l/min	(0.13 y 1.06 gpm)
Octava	Menor de 0.5 l/min	(Menor de 0.13 gpm)

3. CAUSAS DE LA FLUCTUACIÓN DEL CAUDAL DE LOS MANANTIALES

El caudal de la mayoría de los manantiales varía considerablemente, pero sin embargo en algunos casos es casi constante. Tales variaciones responden fundamentalmente a los cambios en los niveles piezométricos del embalse subterráneo drenado por el manantial, que a su vez, dependen de las relaciones entre la recarga y la descarga. Puede decirse que cualquier causa que dé lugar a una fluctuación de nivel piezométrico del embalse subterráneo puede originar también un cambio en el caudal de sus respectivos manantiales.

Se presentan fluctuaciones apreciables de descarga como respuesta a la precipitación pluvial. La mayoría de los manantiales de octava categoría, por ejemplo, fluyen solamente durante el corto periodo de tiempo que sigue inmediatamente a cada aguacero. Otros manantiales procedentes del acuífero de mayor capacidad pueden

presentar por el contrario fluctuaciones apenas perceptivas. La **variabilidad del caudal de un manantial** puede expresarse mediante la siguiente formula:

$$V_a = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{md}} \times 100$$

en donde:

V_a es el porcentaje de variabilidad

Q_{\max} es el valor de la descarga máxima

Q_{\min} es el valor de la descarga mínima

Q_{md} es el valor de la descarga media

Este factor es importante debido a que se tiene como referencia la clasificación propuesta por Meinzer, en la que debe considerarse que los caudales en muchos casos no son un elemento permanente. Por otra parte, la longitud del periodo de tiempo utilizado para estos cálculos debe ser claramente especificada en el momento de dar una cifra, ya que no es lo mismo describir un manantial diciendo que posee una variabilidad de 30 % medida entre un mes de un año cualquiera, o bien refiriéndose a un periodo comprendido entre varios años. Esto nos sugiere que se debe tener entre la documentación técnica de estas fuentes los registros sistemáticos de fluctuaciones de caudales según cada estación anual.