

Ing. Urías Moreno
Efraín

Sistematización en la inspección de obras hidráulicas para
propósitos forenses

2024



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería

**SISTEMATIZACIÓN EN LA INSPECCIÓN DE
CAUCES Y OBRAS HIDRAULICAS PARA
PROPOSITOS FORENSES**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado
de

Maestro en Ciencias en Hidrología Ambiental

Presenta:

Ing. Efraín Urías Moreno

Dirigida por:

Dr. Martín Alfonso Gutiérrez López

Querétaro, Qro. 1 febrero de 2024



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



Sistematización en la inspección de cauces y obras
hidraulicas para propositos forenses

por

Efraín Urías Moreno

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](#).

Clave RI: IGMAC-300417



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en ciencias (Hidrología Ambiental)

**SISTEMATIZACIÓN EN LA INSPECCIÓN DE CAUCES Y OBRAS
HIDRAULICAS PARA PROPOSITOS FORENSES**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Ciencias (Hidrología Ambiental)

Presenta:

Ing. Efraín Urías Moreno

Dirigida por:

Dr. Martín Alfonso Gutiérrez López

Sinodales

Dr. M. Alfonso Gutiérrez López Presidente	_____	Firma
Dr. Eusebio Jr. Ventura Ramos Secretario	_____	Firma
Mc. Gricelda Jiménez Jaimes Vocal	_____	Firma
Dr. Jaime Garatuza Payán Suplente	_____	Firma
Dr. Yann Rene Ramos Arroyo Suplente	_____	Firma

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Febrero del 2024

México

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mis padres María Dolores Moreno Millanes y Efraín Urías Félix por apoyarme durante toda la vida, por ser mi pilar durante momentos difíciles y tristes, por enseñarme que con determinación se puede llegar a cualquier parte, además de enseñarme valores éticos que poseo hoy en día.

Al Dr. M. Alfonso Gutiérrez López, por apoyarme durante todo mi proceso de la maestría, enseñarme cada día herramientas nuevas para mi formación, además de su paciencia que tuvo conmigo a través de los años.

A mi hermana Alín Daniela Urías Moreno, por ser parte de toda mi formación desde que nací y por tener su apoyo y amor incondicional.

A toda mi familia por mostrarme su cariño, y gracias a ustedes el proyecto de maestría se logró finalizar, siendo mi principal apoyo durante los años.

A mis amigos del posgrado Adhareli, Itzel, Marisol, Eliza, Jesús, Jonathan y Francisco por estar junto a mi este tiempo en la maestría, por acompañarme y ayudarme durante todo este trabajo.

A mis amigos externos a la maestría Ares, Julia, Megumi, Claudia, Karla, Ariadne, Carlos, Evelyn, Dayana, Juan Manuel, Cesar, David, Adrián, Bruno y Delia por echarme una mano siempre que lo necesité, estando acompañado de ustedes durante estos años.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todo el personal y autoridades de la Universidad Autónoma de Querétaro en la facultad de ingeniería, por abrirme las puertas a esta escuela y poder realizar mi formación de posgrado. Gracias todos ustedes por su aporte con el que se verá reflejado finalmente en mi culminación en la universidad.

Agradezco a mis profesores en especial a Dr. Eusebio Ventura, Dr. Carlos Chávez, Dr. Josué Trejo Alonso, Dr. Samuel Villareal Rodríguez, Dr. Enrique González Sosa quienes me aportaron sus enseñanzas para formarme como profesional.

Agradezco al sínodo por su dedicación y apoyo en este trabajo, que me brindaron conocimiento, enseñanzas e ideas y ser guías para poder ejecutar esta investigación como resultado de la maestría.

Agradezco al Consejo de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por su patrocinio para poder realizar esta investigación Tesina.

Finalmente agradezco al Dr. M. Alfonso Gutiérrez López, siendo la persona que más me apoyo en mi formación académica durante la maestría y el doctor que más apoyo me dio en este trabajo siendo mi mentor para poder desarrollar este trabajo de tesis.

ÍNDICE

ÍNDICE	V
RESUMEN	X
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1 Antecedentes	12
1.2 Planteamiento del problema	15
1.3 Panorama de desastres.....	16
1.4 Motivación y Justificación	18
CAPÍTULO II. ANTECEDENTES	20
CAPÍTULO III. MARCO LEGAL	25
3.1 Fundamentación legal (leyes y reglamentos aplicables nacionales y estatales)	25
3.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.....	25
3.1.2 Ley de Aguas nacionales	26
3.1.3 Ley Federal de Protección Civil.....	26
3.1.4 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales	26
3.1.5 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental	26
3.1.6 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	27
3.1.7 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	27
3.1.8 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.....	28
3.1.9 Programa Nacional Hídrico	28
3.1.10 Plan Nacional de Desarrollo	28
3.2 Delimitación de zona federal (franja de 10 m y 5 m)	29
3.3 Cálculo del NAMO	29
3.4 Códigos urbanos en los estados (normativa local sobre cambio climático o similar).....	30
3.5 Políticas y condiciones generales de las áreas verdes, recreativas, lotes sin construcciones, parques y zonas de esparcimiento.....	31
CAPÍTULO IV. HIPOTESIS	32
CAPÍTULO V. Objetivos	33
5.1 Objetivo General.....	33
5.2 Objetivos específicos.....	33
CAPÍTULO VI. METODOLOGÍA	35

6.1 Caso de estudio.....	35
6.2 Visita de campo.....	38
6.2.1 Información básica.....	38
6.2.2 Vestimenta.....	38
6.2.3 Recorrido.....	38
6.2.4 Recomendaciones sobre visualización.....	39
6.2.5 Fotografías generales, de detalle, particulares, escala y esquemas.....	39
6.2.6 Aseguramiento de las evidencias.....	40
6.3 Ingeniería básica.....	40
6.3.1 Caracterización del sitio.....	40
Geomorfología.....	40
6.3.2 El corredor fluvial.....	41
6.4 Inspección.....	43
6.4.1 Identificación de Corrientes.....	43
6.4.2 Regímenes de flujo aguas abajo y aguas arriba.....	43
6.4.3 Perturbaciones e impacto ecológico.....	44
6.4.4 Manejo de cauces.....	45
6.4.5 Situación y obras transversales.....	47
6.4.6 Areas inundables.....	50
6.4.7 Aguas abajo.....	51
Capítulo VII Resultados.....	53
Capítulo VIII Conclusiones y Recomendaciones.....	96
Anexos.....	102
Glosario.....	163
Referencias.....	181

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 “Drenaje Peñuelas”	36
Figura 2 “Vestimenta apropiada”	55
Figura 3 “Recorrido Dren Peñuelas y perfil de elevación”	56
Figura 4 “Animal en descomposición”	58
Figura 5 “Protección del primer tramo del dren”	60
Figura 6 “Estructura de concreto ineficaz”	60
Figura 7 “Armado de acero del puente”	61
Figura 8 “Socavón en cauce”	62
Figura 9 “Microcuenca del Dren Peñuelas”	63
Figura 10 “Geomorfología”	64
Figura 11 “Inicio del recorrido”	65
Figura 12 “Contaminación en el Dren”	67
Figura 13 “Perfil de Elevación”	68
Figura 14 “Bypass en calle del Carmen y Calle Cima”	70
Figura 15 “Residuos transportados de la tubería del dren Peñuelas”	71
Figura 16 “Desbordamiento inferior de las paredes del Dren Peñuelas”	74
Figura 17 “Obra de cruce”	75
Figura 18 “Vestimenta apropiada visita Presa Santa Catarina”	77
Figura 19 ” Recorrido del arroyo el Madroño de la Presa Santa Calina y perfil de elevación”	78
Figura 20 “Construcción del dren”	80
Figura 21 “Derrumbe en dren”	81

Figura 22 “Estancamientos”	81
Figura 23 “Inicio del Dren”	82
Figura 24 “Microcuenca de la presa Santa Catarina”	83
Figura 25 “Geomorfología del dren de la presa Santa Catarina”	84
Figura 26 “Inicio de recorrido del dren de la presa Santa Catarina”	85
Figura 27 “Toma de mediciones”	87
Figura 28 “Laguna”	88
Figura 29 “Perfil de Elevación del arroyo El Madroño de la presa Santa Catarina”	88
Figura 30 “Corrientes de agua	89
Figura 31 “Laguna de la Presa Santa Catarina”	90
Figura 32 “Sedimentos rocosos”	91
Figura 33 “Contaminación en la presa Santa Catarina”	92
Figura 34 “Áreas de inundación”	94
Figura 35 “Cultivos cercanos a la presa Santa Catarina”	95
Figura 36 “Análisis empírico de funciones ortogonales”	100

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 “Características del Dren Peñuelas”	36
Tabla 2 “Características del arroyo Madroño”	37
Tabla 3 “Riesgos durante el recorrido”	57
Tabla 4 “Coordenadas de la ruta”	59
Tabla 5 “Características físicas del dren peñuelas”	66
Tabla 6 “Obras de cruce”	73
Tabla 7 “Riesgos del arroyo el Madroño de la presa Santa Catarina”	78
Tabla 8 “Coordenada de la ruta del arroyo el Madroño de Santa Calina”	79
Tabla 9 “Probables variables que afectan un meandro”	98

RESUMEN

El desarrollo urbano y aumento de áreas impermeables ha sido la principal problemática para el manejo de las aguas pluviales en zonas urbanas. En México ocurren demasiados desastres por un mal manejo de aguas pluviales, lo que podría evitarse con una buena inspección de cauces antes y después de las tormentas.

El presente trabajo se desarrolló en el Dren Peñuelas ubicado en el municipio de Querétaro por ser uno de los drenes más importantes y peligrosos de la Zona Metropolitana. Además de ello, también se analizó el arroyo El Madroño de la presa Santa Catarina. Se realizó un análisis forense en el del dren Peñuelas y el arroyo El Madroño. De igual manera, se realizaron los recorridos correspondientes para poder ejecutar, una inspección de cauces y obras hidráulicas de manera factible con el fin de prevenir desastres.

El objetivo del trabajo fue inspeccionar drenes que llegan a tener desastres por escurrimiento en áreas urbanas y rurales, como resultado, obtuvimos un manuscrito que contiene un análisis forense de inundaciones para las autoridades de Protección Civil del estado y la Comisión Nacional del Agua.

Llevando a cabo este trabajo, concluimos que no contamos con una normatividad adecuada para las necesidades actuales. Es por eso que decidimos llevar a cabo un manuscrito tomando en cuenta cada una de las áreas de oportunidad en la construcción hidráulica.

ABSTRACT

Urban development and the increase in the impervious areas has been the main problem for the management of storm water in urban areas. In Mexico, too many disasters occur due to poor storm water management, which could be avoided with a good inspection of riverbeds before and after storms.

The present article was developed in Peñuelas drain located in Querétaro being one of the most important and dangerous drains in the Metropolitan Area. Also in El Madroño stream of the Santa Catarina Dam. A forensic analysis was carried out in the El Madroño stream. A forensic analysis was carried out on the Peñuelas drain and the El Madroño stream. Likewise, the corresponding routes were carried out to be able to realize an inspection of riverbeds and hydraulic works in a feasible manner in order to prevent disasters.

The objective of the work was to inspect riverbeds that have runoff disasters in urban and rural areas. As a result, we obtained a manuscript that contains a forensic analysis of floods for the state's Civil Protection authorities and the National Water Commission.

Performing this work, we conclude that we do not have the adequate regulations for current needs. That is why we propose a manuscript taking into consideration each of the areas of opportunity in hydraulic construction, so it can be in a good state and prevent these disasters.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Dentro de la hidráulica fluvial, el escurrimiento en ríos llega a ser un fenómeno físico el cual llega a ser complejo para estudiar. El ensanchamiento, la socavación o el meandro en ríos es gracias a la interacción en la sección transversal de un cauce, sus condiciones geológicas y de una onda de avenida. Siendo consecuente gracias a esta interacción, procesos como migración, las alteraciones de las aglomeraciones de sedimentos y el desarrollo de las formas del fondo. Estos procesos fluviales ocurren por componentes funcionales de un río; difundiendo así, una característica a la desembocadura de un río

y a la planicie de inundación. La migración de ríos es conocido por este conjunto de procesos fluviales

Actualmente varios estudios se ejecutan para aprender y predecir acerca del comportamiento de un río con algunos procesos antes estudiados. Sin embargo, estas características hidrodinámicas llegan a tener un grado de dificultad para poder predecir la migración de los ríos con efectos de meandro por la utilización de modelos hidrodinámicos. Varios trabajos teóricos, experimentales y en campos se pueden realizar para conocer el régimen de los eventos fluviales, pero, aun así, la verificación en campo siempre será prioridad. Un ejemplo sería el realizar un procedimiento para caracterizar el meandro en un río, el cual se debe caracterizar todas las etapas, desde la juventud hasta la madurez y su completo desarrollo (Mueller, 1968). Gracias a la topografía e hidráulica, el procedimiento se basará en identificar la sinuosidad del río. Hablando de la hidráulica, asimilando a la forma del corredor fluvial y el cambio de la plataforma continental de la corriente se definirá la forma del meandro. Este fenómeno de meandro, es de gran importancia en el país mexicano ya que existen grandes zonas costeras y ambientes fluviales donde los ríos cambian de dirección produciendo meandros en las planicies, donde se encuentran comunidades que pueden ser inundados o afectados por las aguas de estos ríos, esta sería la importancia de estudiar este fenómeno. Estos daños producidos, llegan a ocasionar que las inundaciones aumenten a través de los años en nuestro país. Con ello, una correcta inspección de cauces podría evitar muchos daños.

En la hidráulica urbana; la inspección de cuencas urbanas se basa en la inspección de drenes y canales. Estas estructuras son las que más desbordan y generan consecuencias graves con mayor frecuencia, ocasionando daños a la comunidad como inundaciones (Bouvier *et al.*, 2003; Werner, 2005; Rodriguez *et al.*, 2008). Este fenómeno es gracias al incremento de los caudales por tener una infiltración de superficie de cero (Mignot *et al.*, 2006). Estas interacciones de fenómenos climatológicos relacionadas con las manchas urbanas compuestas por construcciones de diferentes tamaños y formas geométricas, han estado afectando considerablemente los periodos de retorno y los tiempos de respuesta de los caudales en colectores y canales urbanos (Deletic, 2005). Estos impactos hidrológicos son atribuidos a la urbanización, causando el incremento de

escurrimiento, temperatura, hábitat y desordenes en la red de drenaje pluvial (Environmental Protection Agency, 2008). La traza urbana es un componente fundamental en las cuencas urbanas para poder estudiar el proceso lluvia-escurrimiento, incluso, se llegan a utilizar imágenes de alta resolución en cuencas urbanas y se aplican modelos a escala sometiéndolos a un evento de características similares a un suceso de inundación histórica (Neal *et. al.*, 2008; Onda *et. al.*, 2006). Hay pocos estudios acerca de el escurrimiento en zonas urbanas con periodos suficientemente largos para ejecutar una correcta modelación del fenómeno. No obstante, lo que es claro es que existe un efecto por los diferentes tipos de suelos (Endale *et. al.*, 2006). Unos de los procesos más importantes en la modelación urbana son los hidrogramas. El problema es que son medidos rara vez en campo, ya que llegan a mostrarse varios fenómenos que se deben medir y tomar en cuenta. Algunos de estos fenómenos son la geometría, la pendiente y las redes de alcantarillado (Rodríguez *et. al.*, 2003) siendo características necesarias para conocer la vulnerabilidad de una zona urbana ante inundaciones, sin embargo, pocos son los especialistas capaces de realizar una inspección de cauces y obtener de manera correcta dichas características.

En la parte hidrológica, algo fundamental es el conocimiento de la distribución temporal y espacial de una tormenta. Esta distribución se le conoce como hietograma siendo la distribución del tiempo de la lluvia de una tormenta. (Garcia, 1996). La lluvia de diseño se encuentra asociada a una precipitación específica con periodo de retorno y tiempo de duración. (Khu *et al.*, 2006). El hietograma sirve como entrada para producir un hidrograma de escurrimiento siendo este un sistema hidrológico. Aquí será donde se encuentre la verdadera relación del proceso lluvia escurrimiento. La selección del hietograma de diseño, tiene una gran influencia en su forma más compatible y los valores del pico del hidrograma mismo y por consecuencia los efectos y propagación de inundaciones (Gwo-Fong *et al.*, 2004).

Además de la importancia del estudio de la distribución espacial, el efecto que tienen las cuencas urbanas en la calidad del agua del cual nos demuestra la variación de parámetros que hay respecto a otros usos del suelo también lo es (Aronica *et al.*, 2005). En áreas urbanas y suburbanas la superficie del suelo es cubierto por su uso, como

construcciones y vías pavimentada ocasionando que no admite la lluvia y el escurrimiento, con ello al obtener una lluvia en exceso causa daños y arrastre de objetos.

Con ello se propone estudiar los daños históricos en cauces y obras hidráulicas a través de un análisis hidráulico forense para conocer posteriormente el evento, causas que provocaron el desordenamiento y sobre todo la metodología que se debió seguir en la inspección si es que hubo (recorridos en campo), antes de que sucediera el evento. De esta forma se podrá definir la hidrología forense, como la parte de la hidrología en la cual se encarga de reconstruir la ocurrencia de un desastre y de identificar la participación de los componentes mecánicos, físicos, químicos, biológicos, hidráulicos, meteorológicos; como posibles agentes causantes del desastre.

1.2 Planteamiento del problema

Se encuentra un gran aumento de escurrimiento pluviales en las zonas urbanas, esto es consecuencia del desarrollo urbano, pavimentación y reducción de espacios verdes en las zonas edificadas (Segond *et al.* 2007). En los poblados chicos, los cuales llegan a tener muy poca pavimentación con casas que tienen fondos de tierra o bien jardines, es donde se encuentra una gran proporción de zonas de infiltración en relación a zonas impermeables. En las ciudades densamente urbanizadas la intensidad de escurrimiento llega a ser inferior, por el hecho de tener superficies impermeables siendo prácticamente el 100% (Chocat y Andrieu, 2004; Mignot, 2006). Por ello, los factores de interés a analizar son: precipitación, intercepción de lluvia por vegetación (Guevara-Escobar *et al.*, 2007) y rugosidad de edificaciones (Burns, *et al.*, 2005; Shaw *et al.*, 2009). Para poder estudiar el proceso de transformación; lluvia- escurrimiento se debe tomar, como de mayor importancia la precipitación. La intensidad de precipitación es definida como una lámina de lluvia en un periodo de tiempo determinado, siendo en las zonas urbanas lo que llega a causar directamente las inundaciones (Cunderlik y Ouarda, 2007; Svensson, 2007; Ben-Zvi, 2009). Por efecto del desarrollo urbano y el aumento de áreas impermeables el manejo de aguas pluviales llega a causar problemas en zonas urbanas. Por lo mencionado anteriormente, el gran aumento en la precipitación y escurrimiento es la causa por la que se provocan las inundaciones y los daños asociados (Semadeni-Davies, 2008).

Es de gran importancia la distribución temporal y espacial de las precipitaciones en las zonas urbanas para el manejo de la infraestructura hidráulica urbana (Franchini *et al*, 2005; Kay *et al*, 2006a; Kay *et al.*, 2006b; Aronica y Candela, 2007; Leonard *et al.*, 2008; Villarini *et al*, 2009; Petersen-Øverleir y Reitan, 2009). La distribución espacial es afectada por el crecimiento urbano y el aumento de edificaciones en las ciudades. Es por ello, que se debe estudiar las zonas impermeables, siendo de gran importancia estudiar las formas y tamaños de los edificios en las zonas urbanas expuesta a intensidades de lluvias considerables (Berndtsson y Niemczynowicz, 1986); y por consecuencia, el arrastre de escombros, materiales y objetos dañinos, para la misma estructura, bienes y personas, siendo esto la clave de la investigación.

La extensión de las fronteras de las ciudades, por causa del crecimiento poblacional provocan un desarrollo urbano complejo. Este desarrollo favorece el ordenamiento e incremento de las relaciones socio-culturales, económicas y legales de la sociedad (Murillo, 2005), pero también ocasiona impactos negativos en las cuencas naturales, algunas de ellas son:

- Meandro y desbordamiento de cauces, canales y drenes urbanos
- Colapso y falla de obras hidráulicas
- La impermeabilización del suelo y disminución de infiltración
- La aceleración de los escurrimientos superficiales
- La construcción de obstáculos al escurrimiento superficial
- Contaminación de cuerpos de agua y mantos acuíferos.

1.3 Panorama de desastres

Mundo

La ONU realizó un informe el cual presentan como los eventos climáticos han llegado a dominar el siglo XXI. Entre los años del 2000 al 2019, fueron registrados 7348 desastres extremos ocasionando la muerte de 1.23 millones de personas con afectaciones a 4.2 mil millones de personas ocasionando un daño económico mundial de 2.97 billones de dólares. A diferencia de los años entre 1980 y 1999 se llegaron a registrar 4212 desastres naturales, que produjeron la defunción de 1.19 millones de seres humanos, llegaron a afectar a 3.25 mil millones y generaron un daño económico de 1.63 billones de dólares.

También se produjeron el doble de las inundaciones de 1389 a 3254, mientras que las tormentas aumentaron de 1457 a 2034 siendo estos eventos los que más se produjeron. Las estadísticas obtenidas del informe procedieron de la Base de Datos sobre Situaciones de Emergencias que tiene el Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres. Asia fue la región que más sufrió obteniendo un resultado de 3068 desastres, seguidos de América con 1756 y África con 1192 entre los años del 2000 al 2019.

América Latina y el Caribe

La Oficina de las Naciones Unidas de Coordinación de Asuntos Humanitarios y la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (OCHA y UNDRR, 2021), mencionan que se pronostica una temporada por encima de lo normal de huracanes en el Atlántico en el año 2023, siendo afectadas algunas partes del Caribe. América Latina y el Caribe llegan a ser la segunda región del mundo más expuesta a desastres, solo superada por Asia, siendo afectadas 190 millones de personas desde el año 2000 con más de 1500 desastres. Los eventos climáticos y sísmicos extremos sucede con mayor ocurrencia en lugares donde la pobreza y la desigualdad son parte de la vida diaria, ocasionado pérdidas humanas y materiales. Algunos otros factores de riesgo llegan a ser el crecimiento humano y la urbanización, además del cambio climático, los desplazamientos y la explotación de los recursos. Las amenazas de origen natural no siempre se pueden prevenir, sin embargo, en el futuro, no todas las amenazas pueden convertirse en desastres.

México

México llega a tener ciertos lugares geográficos, en especial, aquellos que se encuentran alrededor del golfo de México y de la misma manera la costa del Pacífico, los cuales son los que se exponen mayormente a desastres naturales como tormentas tropicales, huracanes y volcanes. Algunos efectos secundarios llegan a ser causados por estos peligros, incluyendo movimientos masivos de tierra, inundaciones, oleadas y desertificación. Cada una de ellos, puede inhibir el desarrollo económico y social, además de poder tener un impacto en el transporte y el comercio. Desde 1980 hasta 1998, México ha sufrido 79 desastres naturales extremos provocando una pérdida

económica de 6.5 billones de dólares. Debido a estos desastres, se presentaron en varios lugares de México inundaciones provocadas por una crecida de ríos y el escurrimiento general. Durante los años del 2000 al 2018 se tuvo un costo anual por pérdidas económicas de 2357 millones de dólares siendo 86.8% de origen hidrometeorológico (CENAPRED, 2018)

1.4 Motivación y Justificación

Un fenómeno muy recurrente en el país de México son las inundaciones. Estas llegan a provocar a través de los años, pérdidas económicas importantes en la agricultura, estructura, turismo e industrial siendo el fenómeno natural que más llega a perjudicar. Las fuertes lluvias producidas por fenómenos extremos llegan a provocar daños materiales y humanitarias en la zona urbana y natural (Molina-Aguilar & Gutiérrez-López, 2020). Dentro de la ciencia en el área de ingeniería, hay muy pocos estudios acerca del movimiento de un río. Se necesita conocer la dinámica fluvial en condiciones de meandro. Por este motivo es necesario conocer las posibles trayectorias que un río puede tomar después de la ocurrencia de las precipitaciones extremas, para poder evadir estas pérdidas económicas y humanas. Es por esto que se requiere una correcta inspección para poder detectar con anterioridad donde puede haber desbordamientos e inundaciones. En la actualidad existen recomendaciones para inspección de presas, pero no de las demás obras hidráulicas. Por ello no llegan a existir manuales con una correcta inspección en cauces y obras hidráulicas por lo que es necesario uno.

Adicionalmente a las inspecciones de campo, es importante conocer en laboratorio y el análisis forense de un sitio afectado; algunos parámetros que ocasionaron el desastre. Por ejemplo, al conocer los caudales producidos por una tormenta, se puede conocer el comportamiento de un río, sus componentes funcionales y obtener las herramientas para mitigar daños que se producen a las vidas humanas, estructuras y bienes económicos.

En la actualidad, no se encuentra una normativa o escrito, que mencione como se debe ejecutar una metodología que ensamble todos los requisitos para verificar que una estructura se encuentre en buen estado y pueda funcionar en su totalidad para poder prevenir impactos negativos en las estructuras hidráulicas y en la comunidad.

CAPÍTULO II. ANTECEDENTES

Los factores relacionados con la inspección en la infraestructura hidráulica han sido investigados desde diversas perspectivas como lo hizo la Dirección General de Carreteras de Turquía en los puentes de Esenboga, aproximadamente a 19 km de Ankara pasando sobre el canal Cubuk. Realizaron una inspección evaluando las condiciones geotécnicas, hidráulicas, estructurales y los materiales con los que está compuesta el puente Esenboga. La metodología realizada por la dirección general, se basaba en tres aspectos: inventario, la revaluación de cada puente inspeccionado y el historial de reparación de cada uno de los puentes. La inspección se realizó de manera visual, además de utilizar herramientas específicas para verificar claramente si el material con el que se construyó sigue en buen estado o no. La inspección, cuantificaba el estado de la estructura para saber si seguía en un estado seguro o inseguro. La cuantificación se basa en varios componentes como deformación estructural, número de

rupturas en las estructuras, textura del suelo, entre otros. Los resultados arrojan que las estructuras observadas se encuentran en un estado seguro y aceptable, pero al investigar específicamente cada componente revisado de las estructuras, en el puente más antiguo, se obtuvieron resultados preocupantes. Algunos componentes no llegan a estar en la sección satisfactorio, mencionando que se deberían tener una revisión más profunda, para poder arreglar estas fallas que se encuentran en el puente más antiguo (Yanmaz, 2007).

Los recientes crecimientos en el campo de la inspección han estimulado a aprender sobre el movimiento de sedimentos, como lo fue en el río Shi-Wen en Taiwan. Al tener grandes problemas por los tifones buscaron una manera para observar el movimiento de sedimentos antes y después de un tifón. Ellos utilizaron dos métodos: muestra granulométrica y el muestreo de rejilla o malla. El primero método (Muestreo granulométrico) se utilizó de una manera en la cual se obtienen muestras antes y después de la tormenta para poder observar cómo cambia la granulometría del sitio, en varios lugares diferentes del río. El segundo método se colocó una malla en cada uno de los lugares posicionados y se fueron colectando guijarros del lugar de una manera aleatoria, después de la tormenta se volvieron a observar las muestras de cada uno de los lugares para observar la granulometría del lugar. Este proyecto fue ejecutado principalmente por el departamento de ingeniería civil de: National Pingtang University of Science and Technology. Como resultados se obtuvieron que, en el muestreo volumétrico, se llega a observar principalmente que las partículas más pequeñas se encuentra ríos abajo, diciendo así, que el sector más cercano al océano llega a tener más arena que la de hasta arriba, mientras que el muestreo de malla, llega a tener un 49% mayor de grava en las muestras de las zonas. La sedimentación nos apoyara a saber de qué manera se llegan a mover siendo uno de los componentes que afectan a la infraestructura (Lin,Wang,Tfwala,Chen, 2014).

Hasta la fecha ha habido escaso acuerdo en cuanto a una metodología establecida para poder realizar una inspección en la infraestructura hidráulica. En el caso de Japón que ellos efectuaron una inspección en el río Leeve a consecuencia de los maremotos y tormentas que suceden gracias a la proximidad que tienen con el océano Pacífico. Los

ingenieros de Japón efectuaron una metodología en la cual se basaban en dos fallas, la primera era por deslizamiento ocasionado por el aumento del nivel freático por lluvia o penetración del agua, y la segunda era por tubería causada por el aumento de agua provocando la salida del agua ocasionando levantamiento del suelo por su baja permeabilidad. Basándose en las anteriores fallas mencionadas, la metodología era planteada en dos secciones del río, el cauce continuo y el cruce entre cauces. El objetivo era identificar las fallas principales en el cruce de cauces, en el cual, todo será juzgado como en mal estado para revisar cada una con claridad, ocasionando que los cauces continuos que se encuentren en esta intersección sean clasificados de la misma forma. Como resultados la serie de análisis realizados fueron que el 59% de los cauces se encuentran en buen estado, mientras que el 41% no está en condiciones óptimas, teniendo problemas por falla de infiltración y tubería. (Honjo, 2015)

Un método de evaluación del riesgo de inundación es realizado considerando el remanso, la inundación fluvial y pluvial. Este método es una alternativa para identificar los beneficios de la reducción del riesgo de inundación en términos monetarios, así también como las oportunidades que ofrece la inundación a la comunidad rural. Este método considera la hidráulica, la geomática, el conocimiento local y técnicas para la gestión de riesgos. Este es un nuevo método que tiene 4 fases: la definición del contexto, la identificación de riesgos en el lugar, evaluación y análisis. El método se aplicó a los cuatro asentamientos principales alrededor del río Sirba. Los 4 asentamientos son Touré, Labra Birno, Garbey Kourou y Tallé en Nigeria. El tratamiento implícito en los asentamientos anunció que tienen 100 puntos de riesgo antes del tratamiento de riesgo, y después de completar las 4 fases (mencionadas anteriormente) en el área solo llega a tener de 2-6 puntos después del tratamiento, lo que demuestra que el método se puede aplicar en cualquier contexto siguiendo la metodología para apoyar una planificación para reducir riesgos de inundación. (Tiepolo , 2021).

La Universidad Estatal de Ingeniería Civil de Moscú realizó un estudio para las estructuras hidráulicas y los cuerpos de agua en Nueva Moscú. Se buscó que los accidentes son causados por 3 razones: diseño, construcción y operación, siendo la construcción la principal causa de estos accidentes. Usan algunas expediciones de

campo para inventariar las estructuras hidráulicas y asignan algunas clases de peligro para estas estructuras. Hicieron cálculos de estas estructuras prediciendo escenarios para el accidente más severo que podría ocurrir. Las encuestas que utilizan muestran algunos problemas en las estructuras hidráulicas, resolviendo algunos de ellos y dando algunas recomendaciones para las estructuras. Además, crean un registro de las estructuras hidráulicas y el nivel de seguridad de las mismas (Kozlov & Yurchenko , 2020).

Una metodología fue ejecutada para inspeccionar la tubería de TRANSPETRO en Espirito Santo Brasil, el cual tiene cruces de agua por lo cual es importante asegurar la integridad de la tubería. Se divide en 3 tipos de cruces de agua, cada uno de ellos con su propio método de inspección. La inspección se realiza en razón de la degradación, invasión, separación, corte de meandro o socavación que pudiera tener la tubería. La metodología que utilizaron fue visualizar la vulnerabilidad del oleoducto y la probabilidad de un evento hidrológico para poder comprobar la susceptibilidad y tener un intervalo de inspección. En los ductos de Espirito Santo Brasil hubo 164 cruces, los cuales fueron divididos en 3 tipos de cruce de agua, y luego divididos en su susceptibilidad. 131 cruces de agua fueron insignificantes, por lo que no pueden ser inspeccionados en un período determinado. A 30 cruces se les dio una frecuencia propuesta entre 2 a 10 años. Con ello TRANSPETRO obtiene un costo menor del 92 % en la inspección (Lopes, Silva Rodrigues, Moratti, Pinheiro, 2017).

Se presenta una nueva metodología para evaluar los riesgos de inundación en el Centro Histórico de Guimaraes, Portugal. Esta metodología prueba el nivel de riesgo de una inundación estudiada con un periodo de retorno de 100 años correspondiente a la amenaza y la vulnerabilidad de cada parte de un área específica. La metodología se basa en extensión, velocidad y profundidad ocasionada por la inundación (módulo de peligrosidad) y la sensibilidad y exposición (módulo de vulnerabilidad). Acercando los módulos se obtiene la matriz de riesgo de inundación. Utilizando el software del SIG, se obtienen diferentes mapas que muestran los peligros de la inundación. Considerando todos los aspectos antes mencionados, se puede identificar que 77 edificaciones fueron identificadas con riesgo bajo, 34 con riesgo medio y 5 con riesgo alto. Con esta

información las autoridades pueden tener un plan de emergencia para poder evacuar las personas de los edificios (Ferreira, 2020)

El ministerio de Tierra, Infraestructura y Transporte de Corea estableció un plan fluvial para que pueda implementarse cada 10 años. Este plan es para la gestión de los ríos además de ser más económico y preciso. Este plan implica el uso de vehículos aéreos sin nombre con punto de control terrestre. Se establece, para estudiar un banco de pruebas en el río Nam en Jinju, Corea. El objetivo principal llega a ser la evaluación de la precisión del uso de puntos de control en tierra con el UAV (*Undefined Aerial Vehicle*). Finalmente, utilizando fotogrametría UAV y procesamiento de datos, se concluye que el uso del punto de control terrestre ayuda enormemente en la precisión de los resultados finales. Con estos resultados, la fotogrametría de UAV puede implicarse en levantamientos topográficos de ríos en el futuro (Lee 2022).

Se presenta una Metodología como herramienta para orientar la planificación y la intervención urbana del casco antiguo de Coimbra. Esta metodología se utiliza básicamente para contribuir en la organización y decisión sin comprometer la naturaleza del edificio. Esta metodología divide el casco antiguo de la ciudad de Coimbra en 8 zonas, en función de las características arquitectónicas, funcionales y ocupacionales a inspeccionar y analizar. Se tomaron fotografías y notas durante el viaje de campo. Con la salida de campo, notas y fotografías, la Universidad de Coimbra y de Aveiro pudieron realizar once listas de verificación y un informe final de la metodología implementada. Estas listas de verificación se realizaron en función de: tipo de edificio, nivel de intervención y para fines del proyecto final y también incluyen los niveles de interés de cada edificio. Con estas especificaciones, hicieron las listas de verificación para ayudar a cualquier organización a restablecer el edificio sin perder la arquitectura antigua (Vicente, Ferreira,2014).

CAPÍTULO III. MARCO LEGAL

3.1 Fundamentación legal (leyes y reglamentos aplicables nacionales y estatales)

3.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos habla principalmente de los derechos humanos que las personas pueden gozar, además de los tratados internacionales que México llega a tener.

Los mares territoriales en la extensión y los términos que fije el Derecho Internacional son propiedad de la Nación. Las aguas marinas interiores, las lagunas, esteros que se comuniquen con el mar o intermitentemente, las de los lagos interiores, ríos, llegan a ser de la propiedad Nacional.

La constitución menciona que todas las personas del país tienen derecho al acceso, disposición y saneamiento del agua, esto siendo para consumo personal y doméstico.

3.1.2 Ley de Aguas nacionales

La ley de Agua Nacionales es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Tiene como objetivo el regular la explotación de este bien, el aprovechamiento de las aguas nacionales, la distribución y control, así también, como su preservación hablando de la cantidad y calidad para poder tener un desarrollo sustentable.

Esta ley menciona que se busca construir, equipar, mantener y ampliar la infraestructura hidráulica federal, así también como la realización periódica de inventarios de la infraestructura hidráulica. Además de ello, se comunica que se necesita la realización de censos de la infraestructura, los volúmenes entregados y aprovechados y el estado que guarda la infraestructura y los servicios.

3.1.3 Ley Federal de Protección Civil

La presente ley es la que se encarga de identificar y analizar riesgos como sustento para poder implementar medidas de prevención. Encargada de fomentar la participación social para evadir efectos negativos que puedan suceder por desastres y con ello recuperar actividades económicas, sociales y productivas en el menor tiempo posible. Las autoridades de protección civil priorizan la vida integridad y salud de las personas, buscara la inmediatez en la prestación del auxilio y en caso de emergencia, proporcionara los recursos a la población.

3.1.4 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

El reglamento presenta la manera en que se debe cumplir y ejecutar acciones para favorecer el uso del agua del país mexicano. Se busca principalmente un manejo y aprovechamiento del recurso hídrico del país. Se menciona claramente con que organizaciones se deben de trabajar para manejar el uso de agua, y de qué manera se deben ejecutar y presentar los planes que se buscan realizar para el ahorro o utilización del recurso hídrico.

3.1.5 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

La presente ley, es la encargada de la responsabilidad ambiental por daños ocasionados al ambiente, además de su reparación y compensación. Además de ello, habla de los procesos judiciales federales, los mecanismos para la solución de controversias,

procesos administrativos además de corresponder a la comisión de delitos contra el ambiente y gestión ambiental.

La ley sigue los reglamentarios del artículo 4º. Constitucional, que tiene como objetivo la preservación, la protección y restauración del ambiente y el equilibrio ecológico. Esto es para asegurar los derechos humanos proveyendo un medio ambiente sano para el ser humano, y además de la responsabilidad generada por daños y deterioro ambiental.

El régimen de responsabilidad ambiental dicta que el daño provocado al medio ambiente, será independiente del daño patrimonial sufrido por los propietarios de los recursos y elementos naturales.

Se encuentra también el proceso judicial que se dirige a determinar la responsabilidad ambiental, esto para que lleguen a proceder en términos patrimoniales, administrativos o penales.

3.1.6 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

La ley general de desarrollo forestal sustentable es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Tiene como objeto fomentar un manejo integral y sustentable de los territorios forestales, conservación, restauración, protección, producción, ordenación y manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos.

La política nacional en materia forestal promueve un desarrollo sustentable para mejorar el ingreso y calidad de vida de las personas mediante un manejo forestal comunitario e instrumento de política pública, esto con el propósito de promover la generación de valor agregado, diversificando alternativas productivas y creando fuentes de empleo.

3.1.7 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Tiene como objetivo reglamentar la ley general de desarrollo forestal sustentable en el área de competencia federal, en materia de protección, restauración, producción, ordenación, cultivo, protección, manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos de los ecosistemas forestales.

Están incluidas las estrategias, políticas, medidas y acciones para la reducción de emisión por degradación forestal y deforestación que la Comisión llegue a implementar. Cuando estas estrategias se apliquen a los pueblos o comunidades pequeñas, se deben garantizar los derechos establecidos por el marco legal nacional e internacional.

3.1.8 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

La actual ley es reglamentaria de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refiere a la protección del ambiente y a la restauración y preservación del equilibrio ecológico en el territorio nacional. Tiene como objeto propiciar un desarrollo sustentable y establecer las bases para garantizar un ambiente sano para que cualquier ser humano sea beneficiado en su desarrollo, salud y bienestar. De la misma forma busca la preservación de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales.

3.1.9 Programa Nacional Hídrico

El Programa Nacional Hídrico es sustentado por elementos estratégicos que dan soporte, forma y razón de ser, en respuesta a necesidades hídricas actuales y de un futuro. Esto es para anticiparse a los posibles desafíos que puede haber en las futuras décadas en producto de crecimiento y desarrollo nacional.

Como estrategia global, el Gobierno de la Republica hizo una apuesta para atender la seguridad hídrica, el derecho humano al agua, saneamiento básico y el apoyo a la población haciendo un mejoramiento en la gestión del agua.

Con ello la visión del Programa Nacional Hídrico es lograr la seguridad y sustentabilidad hídrica en México. Con esta visión, hoy en día las reformas están orientadas para extraer el máximo potencial a los elementos que dan forma y contenido al PNH (Programa Nacional Hídrico) como un instrumento para el desarrollo de los recursos hídricos.

3.1.10 Plan Nacional de Desarrollo

El Plan Nacional de Desarrollo se basa principalmente en ejecutar estrategias para que el país, llegue a desarrollarse a través de los años. En este plan se encuentra planes en la política y gobierno, política social y en la economía.

En este plan se menciona un Programa Nacional de reconstrucción. El programa esta operado por la Comisión Intersecretarial para la Reconstrucción. Se habla de un programa el cual se buscará reconstruir, reparar, reubicar, acondicionar, equipar, restaurar, rehabilitar, mantenimiento y capacitación para la conservación y prevención de los bienes afectados por los desastres que pueden ocurrir en el país.

3.2 Delimitación de zona federal (franja de 10 m y 5 m)

La Comisión Nacional del Agua, es responsable de realizar proyecto de delimitación de las zonas federales, cumpliendo la Ley de Agua Nacionales. En casos que asentamientos humanos invadan cauces y zonas federales, se deben consideres como irregulares, ocasionado que se lleven a cabo las medidas necesarias para su desocupación.

Se le denomina como zona federal a la faja de 10 metros de anchura continua al cauce de las corrientes o bien el vaso de los depósitos de la propiedad nacional. La ampliación de la zona federal será de cinco metros cuando los cauces cuenten con una anchura no mayor de cinco metros.

En los ríos, estas fajas se delimitan a partir de los 100 metros desde la desembocadura de estos en el mar. En los cauces que no tengan una anchura mayor a 5 metros, se le calculara el NAMO a partir de la media de los gastos máximos anuales durante diez años. Las fajas se delimitarán a los ríos a partir de cien metros ríos arriba desde la desembocadura del mar.

Para llevarse a cabo una delimitación de cauce y zona federal, se necesitan hacerse estudios topográficos, fotogramétricos, hidrológicos, batimétricos e hidráulicos, para poderse determinar los límites del cauce y la zona federal.

3.3 Cálculo del NAMO

Anadiana Gómez y Luis Antonio Mujica (2009) dicen lo siguiente:

El NAMO (nivel de aguas máximas ordinarias) es el nivel máximo el cual una presa pueda satisfacer las demandas; el NAMO coincide con la cresta del vertedor, esto pasa cuando el vertedor no es controlado por compuertas. En el caso que la descarga pueda ser

controlado el NAMO puede llegar a esta por encima de la cresta del vertedor y puede cambiar a lo largo del año.

Para estimar el volumen útil de operación y la altura del NAMO es necesario tener los planos topográficos y los registros hidrológicos. Los planos sirven para obtener la relación entre volúmenes, áreas y elevaciones del vaso, siendo resumido por las curvas elevación-volumen y elevación-área. Mientras que los registros hidrológicos nos apoyará para estimar los volúmenes o gastos que llegan al vaso durante su operación.

Para decretar el volumen útil de una presa es necesario obtener datos de volúmenes escurridos por el río durante un lapso de tiempo largo, es necesario que sean 20 años para tener una buena estimación.

La estimación del volumen útil se ejecuta en dos pasos: el primero es el realizar una estimación usando datos mensuales ignorando la evaporación y precipitación; el segundo paso es el simular el funcionamiento del vaso para un largo periodo.

Al hacer la primera estimación se puede utilizar el método de curva o diagrama de Rippl, cuando la demanda es constante; o bien se utiliza el algoritmo del pico secuente, cuando las demandas son variables.

3.4 Códigos urbanos en los estados (normativa local sobre cambio climático o similar)

En el código urbano del estado de Querétaro, se encuentra un apartado para la materia de protección del Medio Ambiente. El código busca proteger y evaluar, el cumplimiento de la legislación ambiental, el cual habla de la prevención y control de la contaminación, el impacto, adaptación y mitigación por el cambio climático, así como la protección, restauración y preservación de los recursos naturales, los ecosistemas y áreas naturales, en base a los lineamientos aplicables.

Junto con la Comisión Estatal de Aguas y los Municipios, se busca mitigar la contaminación hidrológica, de la misma forma el vigilar el correcto uso de las aguas residuales.

Se practicarán visitas de inspección, esto con el motivo de cumplir las normativas en el sector ambiental con el fin de evitar acciones que puedan llegar a generar daños al medio ambiente.

3.5 Políticas y condiciones generales de las áreas verdes, recreativas, lotes sin construcciones, parques y zonas de esparcimiento.

Los espacios públicos llegan a ser componentes de las poblaciones rurales y centros urbanos, con el cual determina la calidad de vida de las personas al ser proporcionados servicios de bienestar social. De la misma forma apoya las actividades sociales, económicas, culturales entre otros. Estos espacios se subdividen en áreas verdes, miradores, plazas, y espacios abiertos en el equipamiento público.

Estos espacios públicos, contribuyen a los servicios ambientales. Estos espacios benefician a las personas y a ellos mismos mientras que la intervención del ser humano sea menor, por lo que estos espacios llegan a ser fragmentados al interior o la periferia de áreas naturales, las cuales llegan a no ser públicos. Se compone principalmente por bordes de frentes de agua, y por espacios designados por las autoridades.

Las plazas, parques públicos y paseos están a cargo del Gobierno Municipal, Estatal y Federal siendo bienes de uso común.

En los lotes sin construcción, no se pueden hacer excavaciones que hagan perder las propiedades del suelo del lote vecino, a menos que se hagan obras de consolidación para evitar cualquier daño.

CAPÍTULO IV. HIPOTESIS

La combinación de un análisis experimental controlado, con modelos matemáticos y recomendaciones para inspecciones en campo de cauces y obras hidráulicas, es capaz de identificar zonas vulnerables para evaluar y proponer acciones de prevención (mitigación de daños) en zonas propensas a desastres provocados por fenómenos extremos relacionados con el agua.

CAPÍTULO V. Objetivos

5.1 Objetivo General

Proponer una metodología de inspección de cauces y obras hidráulicas que permita reproducir las condiciones hidráulicas de una inundación. De tal forma que la velocidad, profundidad del agua, desplazamiento de escombros, identificación de marcas y demás evidencias forenses permitan reconstruir el fenómeno extremo que provocó la inundación, con el fin de evitar pérdidas económicas y humanitarias.

5.2 Objetivos específicos

- Probar, en modelos hidráulicos físicos, el movimiento y desplazamientos de escombros urbanos por inundaciones
- Proponer nomogramas de desplazamiento de escombros
- Proponer una sistematización para realizar un análisis forense de inundaciones

- Plantear una sistematización de acciones para una inspección de campo de las condiciones fisiográficas de un río para reconocer las zonas vulnerables
- Proporcionar recomendaciones sobre criterios de mitigación del riesgo para condiciones como desbordamiento y falla estructural hidráulica

CAPÍTULO VI. METODOLOGÍA

6.1 Caso de estudio

En esta investigación, se desarrolló una metodología para inspección de cauces y obras hidráulicas en un dren urbano y uno natural:

Dren Urbano

El estudio fue en la cuenca urbana “Drenaje Peñuelas” ubicada en la ciudad de Querétaro, cuyo nombre real es “Santiago de Querétaro”. Se encuentra entre las coordenadas 100° 20’ a 100° 30’ de longitud oeste; y 20° 30’ a 20° 45’ de latitud norte. El Drenaje Peñuelas se encuentra en el municipio de Querétaro al noroeste del estado de Guanajuato, sur de los municipios Huimilpan y Corregidora y al este del municipio El Marqués. El estado de Querétaro cubre 11 690.6 km^2 divididos en 18 municipios con una población de 2 368 467. (INEGI, 2020). En Querétaro existen más de 30

infraestructuras hidráulicas superficiales y subterráneas. La figura 1 “Drenaje Peñuelas” es uno de los tramos de la infraestructura que se va a trabajar.



Fig., 1 “Drenaje Peñuelas” (Elaboración propia)

Las “características del Dren Peñuelas (Tabla 1),” se obtuvieron de INEGI en el 2021:

Característica	Observación
Subprovincia	Zona urbana, Llanuras y Sierras de Querétaro a Hidalgo
Topografía	Zona urbana
Geología	Zona urbana
Tipo de clima	Semiseco semicalido con lluvia de verano
Suelo dominante	Vertisol
Superficie de vegetación	Zona urbana

Tabla 1. “Características del Dren Peñuelas” (Elaboración propia)

Se escogió el dren Peñuelas por ser uno de los más importantes y peligrosos de Querétaro. El drenaje tiene una parte natural y otra urbana, lo que permite utilizar la metodología desarrollada en este trabajo. Una vez delimitado el caso de estudio, también lo estarán las cuencas urbanas.

En el dren Peñuelas, ya se han encontrado varios problemas a través de los años, comunicados en reportes como los siguientes:

Una persona de tercera edad tuvo una fuerte caída en el dren peñuelas perdiendo su vida, las autoridades de emergencia llegaron, pero no pudieron hacer algo para salvarlo (Quadratin, 2019)

Un reporte menciona que el flujo de agua ha salido de la construcción del dren Peñuelas por una infraestructura de un puente peatonal sin la autorización del gobierno y las organizaciones que se encarga de ello con lo cual provocó taponamientos (El universal Querétaro, 2021)

El dren Peñuelas se desbordó en el cruce de Obreros y Ferrocarrileros provocando arrastres de un taxi y vehículos particulares que estaban estacionados. Se obtuvo una intensidad de la tormenta de 80 mm/hr. (Noticias de Querétaro, 2023).

Dren Natural

El estudio fue realizado en el dren Natural arroyo El Madroño que se encuentra conectado a la presa Santa Catarina. Llega a estar ubicado en el estado de Querétaro entre los poblados de Santa Catarina y Corea, ubicándose en el municipio de Santa Rosa Jáuregui. Este arroyo se encuentra en la cuenca R. Laja con una clave de RH12H, en la subcuenca R. Apaseo con clave de RH12Hd siendo de tipo exorreica encontrándose en la región hidrológica Lerma-Santiago. La parte del arroyo que fue estudiada fue entre 20°47'34.23" N y 100°27'56.59" O con 20°47'34.2" N y 100°27'40.2" O.

“Características del arroyo Madroño” se presentan en la Tabla 2 y fueron obtenidas de INEGI en el 2021:

Característica	Observación
Subprovincia	Llanuras y Sierras de Querétaro a Hidalgo
Topografía	Lomerío
Geología	Sedimentaria
Tipo de clima	Seco semicálido con lluvia de verano
Suelo dominante	Vertisol
Superficie de vegetación	Agricultura

Tabla 2. “Características del arroyo Madroño” (Elaboración propia)

Durante la investigación, no se encontraron reportes que hablen de desastres previos al estudio.

6.2 Visita de campo

6.2.1 Información básica

Aseguramiento, delimitación y acordonamiento del sitio. Todos los empleados que realizarán la visita de campo necesitan tener un seguro de gastos médicos mayores para prevenir cualquier accidente que pudiera ocurrir en el lugar. El caso de estudio tiene que estar delimitado antes de que los empleados hagan la visita de campo y también acordonar el sitio para que no cualquier persona pueda ingresar al área.

6.2.2 Vestimenta

Equipo y suministros.

El empleado debe usar la siguiente ropa:

- Protección de los ojos: protectores faciales, anteojos de seguridad
- Protección de los pies: Cubre zapatos o botas de trabajo
- Protección de manos: Si se necesitan, llevarse guantes
- Protección para cabeza: Si se necesita, llevarse casco

El empleado no puede usar: sandalias, pantalones rotos, camisas sin mangas.

6.2.3 Recorrido

Tipo de recorrido y ruta

El empleado necesita saber cómo va a hacer la ruta, ya sea terrestre, marginal o fluvial. También el empleado debe saber qué ruta va a tomar para que sea segura y también para obtener toda la información necesaria.

Riesgos durante el recorrido

Los empleados deben saber que puede haber algunos riesgos durante la visita de campo, se debe conocer la altitud, la temperatura y humedad del lugar y también saber

sobre la flora y fauna que podría haber en el lugar para que el patrón pueda tener las herramientas necesarias para prevenir cualquiera de estos riesgos.

Ubicación, geo-posicionamiento

El personal necesita una brújula o cualquier otra herramienta que obtenga los datos geográficos, para poder tener la geolocalización exacta del lugar donde se encuentra. También esto ayudará a obtener los datos geográficos de cualquier foto que tome.

Tipo de vehículos utilizados

El vehículo que se utilizará para cualquier salida de campo, dependerá principalmente del lugar. Puede ser terrestre, marginal o fluvial. Los vehículos deben estar en buen estado y aptos para el lugar.

Registros y bitácora

Los trabajadores deben tener un libro de registro o un dispositivo electrónico para tener notas sobre lo que sucede todos los días. En las notas se deben tener la hora en que se escriben y también se deben tomar fotografías, por lo que se necesita una cámara profesional o UAV.

Dirección de recorrido

La ruta debe estar delimitada antes de iniciar el viaje de campo, esto ayudará al empleador a dar un excelente informe y también a prevenir riesgos en el viaje.

6.2.4 Recomendaciones sobre visualización

Identificación de sitios en peligro, definir la situación de riesgo

La ruta tomada debe mostrar dónde hay sitios peligrosos y también informar durante el viaje de campo si hay otro sitio peligroso. Estos sitios peligrosos pueden ser por tener gran altitud, lugares con baches o lugares con animales peligrosos o flores que lleguen a poner en peligro al ser humano que realice la inspección.

6.2.5 Fotografías generales, de detalle, particulares, escala y esquemas

Se deben tomar fotografías durante todo el viaje de campo, se necesita una cámara profesional o UAV. Debe haber fotografías panorámicas del lugar, pero también específicas. Es necesario tomar fotografías de la infraestructura desde todos los ángulos, desde arriba, abajo y los costados, y también fotografías de las rupturas que pudiera

tener la infraestructura. Hay una gran importancia en tomar fotografías en lugares donde haya un estancamiento de escombros o bien de flora. Es importante tomar fotografías de los lugares donde puede ocurrir una tragedia para crear un plan de prevención.

6.2.6 Aseguramiento de las evidencias

Cuando termina la excursión, el personal debe asegurarse de que todas las pruebas estén en el libro de registro y que la memoria de la cámara o UAV esté en buen estado para que pueda mostrarse en la oficina después de la excursión.

6.3 Ingeniería básica

6.3.1 Caracterización del sitio

Características físicas de la cuenca

Las cuencas llegan a tener características físicas, que son las que reflejan los efectos topográficos, hidrológicos, climatológicos y de la vegetación sobre los caudales de los ríos. Es importante determinar la evaporación potencial y la precipitación anual como factores climatológicos y la densidad de drenaje además de la pendiente mediana para los factores topográficos (Identificación de las características de la cuenca que interactúan en la variación espacial del caudal de los ríos). Además, es importante obtener el área de drenaje de la cuenca, la pendiente y la longitud del canal de drenaje principal (Mazvimavi, 2006).

Geomorfología

En este apartado es importante en una inspección realizar una salida de campo para conocer la geomorfología del lugar. Es valioso conocer los procesos que crean la superficie de los ríos, la tierra y los canales, entendiendo los procesos como erosión, deposición, transporte, meteorización y procesos tectónicos, pero también, el efecto de la acción humana (Goudie 2004).

Características del cauce

Las características más importantes son el tipo de estabilidad del cauce, si es dinámico o morfológico. La estabilidad dinámica es aquella en que todo el caudal pasa por un solo cauce. La morfológica es aquella en la que cambia el alcance, la anchura, la profundidad

y la longitud y también la ramificación de los cauces. Es necesario inspeccionar el caudal y el diseño geométrico del cauce (Reque 2018).

Ambiente

Para preservar el medio ambiente, es importante observar en la cuenca el estado del agua, la infraestructura y si existe remanso en algún lugar cercano a los cauces de los ríos. Además, es importante buscar y marcar los sitios donde hay zonas de escombros que están dificultando el correcto paso del agua. Con ello se buscará la manera de dar recomendaciones en para cuidar el medio ambiente.

Estructuras físicas

Debe haber una lista de la infraestructura física que estará cerca de la zona que será inspeccionada. Esta lista te ayudará a notar si esas construcciones están provocando incidentes en el cauce del río. Estas incidencias pueden ser por problemas de infiltración o por problemas de contaminación. También se deben marcar las estructuras físicas si están abandonadas u ocupadas.

Continuidad de las estructuras ambientales y funciones

En todos los países hay organizaciones que preservan el medio ambiente. En México esta organización se llama SEMARNAT siendo la secretaria de medio ambiente y recursos naturales. La importancia que otorga esta organización son los criterios e instrumentos para asegurar una óptima conservación y protección de los recursos naturales del país. La función principal de la SEMARNAT es (SEMARNAT,2018):

- Conservación y uso sostenible de la biodiversidad y ecosistemas y
- Control y prevención de la contaminación
- Gestión de recursos hídricos
- La lucha contra el calentamiento global y cambio climático

Con ello, es importante avisar a las autoridades indicadas y tener el permiso de las mismas.

6.3.2 El corredor fluvial

Hoy en día, existen diferentes visiones sobre la definición de un corredor fluvial. El corredor fluvial es una composición de cauces fluviales, planicies de inundación y zonas de transición de altura, que brindan espacios habitables, definiendo lo que podría ser la zona de vegetación distribuida a lo largo del río. El corredor fluvial está compuesto por

cuatro características dimensionales; siendo la dimensión transversal, longitudinal, vertical y temporal (Han,2022).

Transversalidad: cauce, planicie de inundación y transición entre la ribera y el cauce

Esta dimensión incluye la planicie de inundación, el cauce del río y la zona de transición del borde del altiplano. La planicie de inundación se ubica a un lado de ambos lados del cauce del río, y cambia con el nivel del agua. La vegetación varía según la estructura del corredor ecológico del río, terreno inundable, bosque de planicie inundable, pastizal de ladera y vegetación emergente.

Longitudinal: ríos de montaña, ríos intermedios, ríos de planicie y desembocadura de ríos

En la dimensión longitudinal existen diferentes características geomorfológicas e hidrológicas desde el nacimiento del río, aguas arriba hasta aguas abajo y estuario. Los gradientes cambian continuamente, lo que constituye el proceso físico y químico del río.

Vertical

En esta dimensión es donde se forma una conexión hidráulica, estando compuesta por aguas superficiales, aguas subterráneas y aguas del suelo. También se incluyen las áreas de recarga de aguas subterráneas y pozos de agua.

Temporal

En esta parte se incluye la morfología del río y la zona de amortiguamiento, también se menciona el rango espacial, ubicación, tipo y flujo de agua del hábitat.

Zona sujeta a efectos de remanso

Dependiendo de la tasa de flujo, se podrían tener efectos de remanso. El cauce principal del río llega a ser el lugar de intercambio de sedimentos y agua, siendo una zona de supervivencia de la vegetación acuática. Posteriormente es la planicie de inundación donde hay un área de inundación, donde es la zona con mayor diversidad de especies, es el lugar donde se tiene un mantenimiento de hábitat y donde se protegen las especies. Continúa con la zona de transición donde está en el borde de la sierra, tiene una densa vegetación y es la que controla la conservación del agua y la erosión del suelo. También

hay zonas que el agua queda aislada, siendo un lugar que en ocasiones puede tener vegetación baja y dar nutrientes al suelo. Esto sucede gracias a la topografía, y debido a la alta precipitación. Inspeccionando la zona se podrá observar de la misma manera el flujo del agua, gracias a la dirección que tienen las plantas del cauce.

Topografía del área

Es importante conocer la topografía del lugar, es necesario conocer el caso de estudio, infraestructura, hidrografía y tipo de suelo. En el lugar donde se va a realizar la inspección se necesita principalmente conocer la altura y altitud de toda la cuenca, y también los tipos de suelo, saber cómo se formó el río en primer lugar, y conocer el movimiento de las aguas.

6.4 Inspección

6.4.1 Identificación de Corrientes

La identificación de la corriente será muy importante para la inspección; el campo tiene que estar delimitado antes de realizar la visita de campo. Una vez delimitada la zona, se puede utilizar un SIG para poder identificar los arroyos. Los datos se pueden obtener de organizaciones particulares. En México, "INEGI" y SIATL son las organizaciones que proporcionan la información geográfica. Luego de la identificación de los arroyos, se requiere realizar la visita de campo para comprobar que la información geográfica no sea incorrecta y también para identificar otros arroyos que fueron omitidos de la información.

6.4.2 Regímenes de flujo aguas abajo y aguas arriba

Cuando se identifiquen los arroyos, la topografía nos indicará si los arroyos están aguas abajo o aguas arriba. También determina la carga de sedimentos, la morfología y la temperatura del río. Esto ayudará en la inspección para conocer la historia de los arroyos y cómo han ido cambiando (IHA 2020).

En el río Shi-Wen en Taiwan se realizó una metodología para conocer acerca del movimiento de sedimentos aguas abajo y aguas arriba. Se utilizaron dos métodos el granulométrico y el de malla. Con ello se logró observar, que se encuentra mayor grava ríos abajo, mostrando que las partículas más pequeñas se encuentran más cerca del mar o donde la topografía es inferior (Lin,Wang,Tfwala,Chen, 2013).

6.4.3 Perturbaciones e impacto ecológico

Hidrodinámica

La hidrodinámica estudia el movimiento de los fluidos. Es importante conocer la velocidad, la presión y el caudal de las corrientes que se inspeccionarán. Esta ciencia nos ayudará a comprender cómo se comporta el fluido y cómo esto podría afectarnos si hay fuertes precipitaciones que causan inundaciones o deterioran algunas estructuras cercanas a los arroyos.

Calidad del agua

Esta es la parte donde se describe el estado del agua. Esto puede ser referido como las características biológicas, químicas y físicas de la misma. Se necesita una muestra de la corriente para determinar su condición. Deben ser necesarios experimentos de laboratorio para determinar todas las características del agua.

Transporte de sedimentos

El movimiento de sedimentos llega a ser un punto importante en la investigación. Es importante identificar los lugares del canal que llegan a tener más e identificar qué tipo de sedimento tiene el caudal. La importancia del transporte de sedimentos radica en cómo estos mismos pueden deteriorar la estructura hidráulica o cauce.

En el río Parana Argentina, se calculó el transporte de sedimentos durante 8 años con mediciones disponibles de los caudales líquidos y sólidos en el tramo medio. Se logró hacer estimaciones del transporte de lavado. Este sin embargo llegó a tener un 20% de error, el cual se puede encontrar otra manera para reducir este error. Se dividió en 4 y se realizó por separado cada uno. Este estudio se realizó ya que la sedimentación llega a abarcar espacio en el río, el cual puede llegar a ocasionar inundaciones por el poco espacio que puede dejar para el caudal líquido y de la misma forma ocasiona una velocidad de flujo menor a la que debería ser normalmente (Alarcón, Szupiany, Montagnini, Gaudin, Prendes, Amsler, 2003)

Estabilidad de cauces

La estabilidad del río se estudia para el diseño y construcción de cauces y predecir los cambios de pendiente y también la geometría de un río si cambian sus características.

Este estudio ayudará al investigador a comprender cómo el río cambia su ruta y forma, y cómo el río puede crear erosión lateral o meandros.

Se realizó un estudio en el caudal de La Mucuy Alta que se encuentra en Mérida, Venezuela, por medio de un aforo químico al ser un río de montaña. En este trabajo se inyectó un caudal constante para que una solución salina con una concentración conocida y conocer las concentraciones antes y después de inyectar la concentración. Se utilizó el método de Altunin para poder observar la estabilidad del cauce. Con ello se obtiene el comportamiento físico de la hoya hidráulica y la curva de gasto. Gracias a este método se conoció la pendiente, la profundidad y el ancho en la cual debe de tener la estabilidad del cauce, el cual en este caso todos coincidían, más sin embargo la pendiente resulto ser inferior a la del cauce, el cual ocasionara meandros en un futuro (Mogollon, Sánchez 2018).

Indicadores bióticos

El índice biótico se selecciona para programas de monitoreo para responder a un tipo de contaminación en un cuerpo de agua. Los indicadores bióticos deben mostrar la interacción en un amplio rango de diversas condiciones ambientales, pero también deben reaccionar ante un cambio repentino. El índice biótico también mostrará cómo interactúa la macro fauna gracias a los sedimentos y la calidad del agua. Esto ayudará principalmente a aprender sobre calidad del agua. Además de ello un indicador en el cauce muy común puede llegar a ser el color del agua del cauce.

En Chile en el Puerto Montt, se buscaba determinar, que efecto llegaría a tener el límite inferior de las aberturas de las mallas dentro de sus estimaciones por los indicadores. Se estimó el índice biótico marino, la diversidad y la riqueza de especies de Shannon-Wiener. Se localizaron cuáles son las especies más abundantes. Se utilizaron dos mallas, la cual la de 500 um (micrómetro) aumento la abundancia de posible especie con respecto a la malla 1 um, el cual se concluyó que no cambio la clasificación de una manera significativa (Pino, Marin, Núñez, 2015).

6.4.4 Manejo de cauces

Ubicación

Es necesario definir la ubicación del curso inspeccionado. Se puede utilizar un SIG para identificar el curso en el área delimitada.

Componentes funcionales (corredor fluvial)

Los componentes más importantes son la pendiente o topografía del lugar, y la precipitación de la zona. Se necesita en la salida de campo investigar el tipo de suelo que tiene y cómo la erosión ha ido modificando a través de los años el corredor del río. También se necesita saber sobre el período de tiempo en que se presentan las precipitaciones y también tener las curvas de intensidad-duración-frecuencia o las isoyetas para precipitación anual (Han, 2022)

Reglas de operación

Es importante que la investigación respete las reglas de funcionamiento del gobierno. En México el Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas es el encargado de promover y crear este reglamento. Esta organización pretende hacer un uso eficiente y racional en la gestión del recurso hídrico. Esta organización también busca la generación de energía, la conservación del medio ambiente y la reducción de riesgos (SEGOB 2022).

Efectos de embalses

Al momento de la inspección se necesita conocer los efectos de los embalses. El embalse tiene muchos beneficios, pero también tiene desventajas, algunas de ellas son que aumentan la sedimentación, la evaporación y también la redistribución de los recursos hídricos. Esto da como resultado que las sequías pueden favorecer en ciertas zonas, pero pueden afectar a otras.

En el país de España se realizó una investigación acerca de los sedimentos que se encuentran en los embalses. Se encontró la pérdida de capacidad de las cuencas hidrográficas en España y la posible pérdida de capacidad después de los 50 años gracias a los sedimentos. Se dieron como recomendaciones para poder evitarlo, como lo es el vaciado de embalse, dragado por succión, con bomba sumergida o mediante carga de agua, para poder eliminar o bien disminuir los sedimentos en los embalses (Cobo 2008)

Control de calidad del agua

En la inspección se deben realizar experimentos de laboratorio, con el motivo de conocer la calidad del agua del curso. Se necesitarán algunas muestras para estudiarlas y conocer las características biológicas, químicas y físicas de la misma. Esto ayudará a la comunidad a entender la clasificación de aguas superficiales que tiene el agua del curso. Esto puede ser para riego, propagación de vida silvestre, suministros públicos de agua o fines recreativos (Alley, 2007).

Medio ambiente

La inspección debe cuidar el entorno. Es necesario obtener información sobre la fauna y la flora para protegerla y preservarla de cualquier riesgo. En la salida de campo se necesita recolectar información de cómo interviene el cauce en la flora y fauna del lugar, y también cómo puede afectar el curso o cómo puede ser favorable para el medio ambiente.

6.4.5 Situación y obras transversales

Obras de cruce

Las obras de cruce son estructuras que integran el cauce a través de un campo que rodea, obliga al diseño de estructuras para hacerlo posible. Estas obras de cruce necesitan una entrada y una salida, y también algunas estructuras de transición y protección.

En Japón en el río Leeve se utilizó una metodología la cual identificaban todas las obras de cruces como zonas de riesgo. esto se debe a que pueden tener un gran deterioro gracias al transporte de sedimentos que pueden quedarse en la estructura, pero también gracias a las altas precipitaciones que pueden provocar desbordamientos o inundaciones. Cuando esto sucede, afecta el campo cercano a la estructura, dañando la estructura misma. Con ello se basó en dos fallas, el deslizamiento que se ocasiona por el incremento del nivel freático y segundo por la tubería por el aumento de agua. Con ello, encontraron las fallas en sus estructuras (Honjo, 2015).

Identificación del tipo de estructura

En la salida de campo, es necesario inspeccionar los materiales con los que se hizo la estructura. En este paso el personal necesita ver si hay grietas en la estructura o si

parece que está deteriorada. Después de definir la estructura dañada, es importante investigar cómo sucede. También hay que ver si la estructura es pretensada o postensada y cuántas aberturas tiene.

Tareas de restauración

Se debe hacer un plan de restauración programado para reparar la parte de las estructuras que están dañadas. Una vez identificado el tipo de estructura, se podrá reparar la estructura dañada con la maquinaria o equipo necesario, respetando las normas de seguridad.

En la infraestructura que se encuentra a 4500 metros de la desembocadura del río Júcar, donde el mar Mediterráneo se encuentra como modo de estuario se encuentra la infraestructura azud de la Marquesa en Cullera (Valencia) se analizó la reconstrucción de la presa. Se ejecutó un nuevo perfil hidráulico en la presa, siendo construido por hormigón armado y fibras metálicas, con el motivo de mejorar la capacidad hidráulica y disminuyendo la erosión. Con esto disminuyeron el riesgo de inundar el recinto de trabajo. Con ello también ayudo a la restauración del medio ambiente y la fijación de riberas del río frente a avenidas.

Cuantificación de la fragilidad y restauración de un puente

En esta parte, luego de la salida de campo, se debe realizar la cuantificación de la fragilidad y restauración de un puente. En la salida de campo se necesita observar cómo funciona la estructura, si parece estar deteriorada o si está en buenas condiciones. Esto ayudará a hacer una recomendación sobre cómo se debe hacer la restauración y preservar los daños que podrían ocurrir gracias a ella.

En el año 2012 se realizaron diferentes modelaciones en el Pacífico mexicano. Una de ellas se encuentra en el puente Motín de oro. Se utilizó el SAP para poder observar cómo se desarrolló el movimiento sísmico en el puente dando como resultado cuánto fue el movimiento máximo de la estructura. Con ello se obtiene la fragilidad de la estructura (Rodríguez, 2011).

Tipo de cimentación

Lo más importante de toda estructura es la base. En el puente u otras obras, es necesario conocer la base de cada una y cómo funciona. Esto ayuda al investigador a comprender las grietas en lo superficial. Teniendo esta información, las estructuras hidráulicas pueden ser reparadas si es necesario o cambiarlas por completo dependiendo de cómo esté la base de la construcción.

El arquitecto Daniel Trujillano en el 2012, menciona 3 lesiones que se presentan en la estructura gracias a la cimentación;

Las fisuras de 1 mm de espesor: se buscará confirmar si el daño es gracias a los movimientos de la cimentación

Grietas entre 1 a 25mm: buscar conocer la extensión, velocidad y magnitud de la cimentación

Grietas de más de 25mm: se tiene que buscar monitorizar el edificio completo para controlar la inestabilidad.

Tipo de estribos y muros de contención

Los estribos son los que proporcionaban apoyo lateral. Las diferentes formas de los estribos son rectangulares, cuadradas, circulares, triangulares y alguna otra que no tiene una forma básica. Los muros de contención están hechos principalmente de mampostería, hormigón y bloques de hormigón. Estos muros de contención se utilizan principalmente para resistir la presión lateral del suelo. Se van a inspeccionar los estribos y muro de contención, para ver el deterioro del mismo, y decidir si es necesario restaurarlo o si está en buen estado.

En la Cd. Cuenca, que se encuentra ubicada en Azuay, Ecuador en el año 2021, se realizó una inspección en los daños de los estribos de un puente armado de hormigón. De esta manera se revisó el estado estructural del puente Ochoa León sobre el río Machángara. En la investigación no se ejecutaron estudios hidrológicos para conocer el origen de las grietas. Se ubicaron y evidenciaron las grietas las cuales atraviesan los estribos. Se dieron a conocer el tamaño de las grietas, y de la misma forma lo que ocasionaron. Con ello buscaron dar recomendaciones para proponer un mantenimiento

correctivo en la estructura, y de la misma forma dar a conocer que deberá ser remplazado en un futuro no lejano (Illescas,2021)

En el año 2019 en Lima, Perú, se realizó una investigación en el asentamiento Humano Bellavista, ejecutando una inspección visual. En esta inspección se revisó principalmente las eflorescencias, grietas, fisuras y erosión. Se calculaba el área de cada una de ellas, para poder conocer el área total afectada del muro de contención. Con ello se pudo observar el porcentaje de la estructura afectada para poder dar recomendaciones y un plan de rehabilitación para la estructura (Castro, 2019).

6.4.6 Areas inundables

Consecuencias de la urbanización en zonas de riesgo por inundación

Estar en un lugar, con riesgo de inundación, puede tener algunos beneficios, pero las consecuencias son mayores. Actualmente las precipitaciones extremas pueden afectar a la comunidad teniendo grandes daños materiales y pérdidas humanas, tanto en áreas naturales como en áreas urbanas. Estos eventos han estado ocurriendo en todo el mundo y ayudaría tener un plan para estos escenarios.

Los cambios de uso de suelo

En las áreas urbanas los espacios han ido cambiando a través de los años, no teniendo infiltraciones. En estas áreas urbanas la superficie del suelo está cubierta por su uso, como la edificación, y caminos pavimentados, los cuales no admiten lluvias y escorrentías, gracias a un exceso de precipitaciones puede ocasionar daños y arrastre de sedimentos.

Evidencia de drenaje pluvial sustentable

El drenaje pluvial sustentable es aquel, que el drenaje de las áreas urbanas, puede reducir el caudal másico de la precipitación y puede reducir los contaminantes arrastrados por la escorrentía. Además, estos sistemas pretenden mejorar la calidad del recurso hídrico.

Un estudio fue realizado en la Universidad de Sonora, Hermosillo, el cual consta de estudiar el escurrimiento pluvial en el territorio de la universidad. Se analizó el proyecto

mediante microcuencas por los niveles topográficos del interior del territorio, ocasionando tener varios ingresos de agua pluvial. Se tomaron los registros de 34 años y aplicaron un método racional para calcular el gasto máximo de cada una de las microcuencas. Con ello se propuso un sistema de tuberías y captación de agua pluvial en algunas secciones (Orona, 2017)

6.4.7 Aguas abajo

Recubrir de vegetación del suelo y asegurar estabilización

El componente estructural mecánico y el uso de la vegetación están diseñados para la protección y estabilización de taludes. Esto evita las fallas de masas poco profundas y la erosión de la superficie. El componente mecánico estructural está hecho para posibles movimientos de taludes profundos. El uso de vegetación y mantillos son los más rentables para estabilizar las superficies de suelo desnudo, esta técnica se utiliza para minimizar los sedimentos (FAO 1998)

Pavimentos permeable e impermeables

El principal objetivo del pavimento impermeable es generar zonas donde no se infiltre el agua y se establezca la cantidad de agua de lluvia incrementando su tiempo de concentración.

El pavimento permeable es aquel el cual llega a tener porosidad el cual permite infiltrarse el agua con el fin de ayudar en la infiltración. Hoy en día se ha construido infraestructura vial donde son para uso peatonal, vehículos ligeros y tránsito masivo. Con el motivo de favorecer a la sociedad y la sustentabilidad de la misma, se busca una alta resistencia en el diseño vial, siendo como requisito la preservación de agua y movilidad de las personas. Se menciona que el pavimento permeable comparado con el concreto hidráulico y asfáltico llega a ser competitivo en el costo anual y teniendo un valor significativo en el volumen de agua infiltrada (Cárdenas, Rodríguez, Jaramillo, 2016)

Uso de espacios en zonas urbanas

Es una recomendación para que el agua fluya, en condiciones de reducir las inundaciones en las áreas urbanas. Estos espacios se pueden aprovechar para construir camellones o zanjas. En las áreas verdes, se puede crear un río artificial para ayudar en el movimiento del agua.

Los patrones desordenados de la urbanización en México transformaron el sistema hidrológico en hidráulica, provocando que se altere la cantidad y distribución del agua. Por ello se debe buscar alternativas o estrategias para un uso eficiente del agua, buscando que una ciudad funcione como una esponja con la capacidad de infiltrar, potabilizar y almacenar el agua de lluvia (Castro 2017).

Identificación de tanques para el aprovechamiento del agua de lluvia

El sistema de recolección de agua de lluvia llega a ser una opción confiable. Los depósitos se pueden colocar en las zonas de mayor precipitación y esta agua se puede utilizar para tareas domésticas como lavar el coche, regar el jardín entre otros. Estas pequeñas ideas ayudarán a la escasez de agua. La SEMARNAT tiene un manual el cual explica los lineamientos técnicos para ejecutar un proyecto de captación de agua de lluvia (SEMARNAT,2016).

Identificación de zonas para uso ecológico, pecuario, de alojamiento temporal, forestal

Usando el sistema de información geográfica, puede dividir el uso de cada espacio, siendo una forma importante de estudiar cómo funciona el ciclo hidrológico y dar recomendaciones, para construir camellones o zanjas para no tener inundaciones en algunos lugares y ayudar en la escorrentía de los lugares. En INEGI, la carta de uso potencial es aquella que identifica las zonas por el tipo de su uso. (INEGI, 2021)

Funcionamiento de bordos perimetrales y marginales

Los tableros marginales y perimetrales tienen un diseño funcional para adaptar la traza geomorfológica del río. También asegura la estabilidad de las estructuras durante un período de tiempo. Principalmente llegar a ser estructuras formadas de tierra con el cual confina el escurrimiento con el fin de proteger las llanuras de inundación contra el desbordamiento (Bonola, 2013).

Capitulo VII Resultados

Visita Dren Peñuelas

El recorrido se llevó a cabo el 20 de marzo del 2023 al Dren Peñuela en Santiago de Querétaro, con el objetivo principal de inspeccionar el dren para evitar inundaciones o desbordamientos en el dren y peligros para la comunidad vehicular y peatonal.

En el informe se describe las etapas del índice propuesto para la inspección del dren y de la misma manera lo que se observó de cada una de ellas. La inspección se llevó a cabo por los alumnos de la maestría en ciencias especialidad en Hidrología Ambiental de la Universidad Autónoma de Querétaro junto con protección Civil

Visita de campo

Información básica

Aseguramiento, delimitación:

En la visita al Dren Peñuelas, las personas que realizaron la inspección llegaron a contar con un estado de salud apto, ninguna de ellas llegaba a tener enfermedades crónicas o algunas otras enfermedades, gracias a ello no se retrasó el recorrido. La visita contaba con el apoyo de la Dirección de Protección Civil, por lo cual no hubo problemas con grupos de asaltantes.

Vestimenta

Equipo y suministros

Durante la visita se le recomendó al personal utilizar la siguiente vestimenta:

Protección de ojos: Lentes oscuros

Protección de pies: Zapato botín cómodo para poder realizar la visita de una manera efectiva

Protección para la cabeza: Utilizar gorra para evitar la fatiga por el sol

Protección de cuerpo: Utilizar chaleco de alta visibilidad, pantalón de mezclilla y camisa.

De la misma forma se recomendó llevar ropa del instituto, llevar pañuelo para secarse del sudor y no utilizar ropa de colores blancos o colores llamativos como el color rojo. Se puede ver en la Fig. 2 “Vestimenta apropiada” el personal vestido de una forma apropiada.



Fig. 2 “Vestimenta apropiada” (Elaboración Propia)

Recorrido

Tipo de recorrido y ruta

En trabajo en gabinete se realizó una propuesta para poder realizar el recorrido de una manera segura. La Fig. 3 “Recorrido Dren Peñuelas y perfil de elevación”, muestra la ruta que se tomó y el perfil de elevación propuesto que llega a tener la inspección.

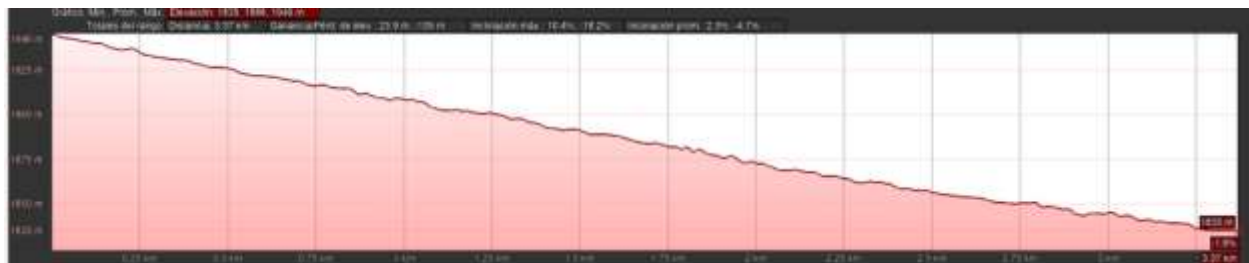


Fig. 3 “Recorrido Dren Peñuelas y perfil de elevación” (Elaboración propia)

Riesgos durante el recorrido

Durante la visita del Dren Peñuelas se estudiaron riesgos ambientales, físicos o de carácter humano y de seguridad que podríamos llegar a tener. Por lo cual se obtuvo la tabla 3 “Riesgos durante el recorrido” para tomar precauciones de estos riesgos:

Riesgos	Problemáticas	Recomendaciones
Ambientales	Presencia de insectos y animales	Recomendaciones de llevar repelente de insectos

	Contaminación en la atmósfera Tormentas	y un bastón de seguridad por si se necesita. Evitar zonas que llegan a tener mal olor o bien lugares donde se presente mucha contaminación Verificar antes de la visita si se presentaran precipitaciones en el lugar de estudio.
Carácter humano	Deshidratación	Se recomendó llevar botella de agua embotellada para el recorrido.
Seguridad	Robo o asalto a los trabajadores	Durante la visita estuvo la Dirección de Protección Civil, la cual nos mencionaba los lugares más peligroso durante la inspección.

Tabla 3. "Riesgos durante el recorrido" (Elaboración propia)

Durante el recorrido se logró observar animales en descomposición como se logra apreciar en la Fig. 4 "Animal en descomposición", por lo cual se buscaba evitar el contacto con ellos para no atraer enfermedades. La mayoría de estos animales eran pájaros y perros.



Fig. 4 “Animal en descomposición” (Elaboración Propia)

Ubicación, geo-posicionamiento

Durante el recorrido se fueron tomando coordenadas para poder saber precisamente donde se realizó la ruta del recorrido, en la tabla 4 “Coordenadas de la ruta” se muestran las coordenadas obtenidas durante todo el recorrido.

	Latitud	Longitud
Inicio	20°39'10.8" N	100°23'46.3" O
	20°39'06.1" N	100°23'47.4" O
	20°39'03.2" N	100°23'48" O
	20°39'02.5" N	100°23'48.2" O
	20°38'57.7" N	100°23'48.3" O
	20°38'54.7" N	100°23'48.1" O
	20°38'53.6" N	100°23'46.8" O
	20°38'44.4 N	100°23'46.4" O
	20°38'38.3" N	100°23'45.3" O
	20°38'24.6" N	100°23'48.1" O
	20°37'57.8" N	100°23'48.2" O
	20°37'39.3" N	100°23'47.4" O

Final	20°37'30.4" N	100°23'44.1" O
-------	---------------	----------------

Tabla 4 "Coordenadas de la ruta" (Elaboración propia)

Tipos de vehículos empleados

Las personas que realizaron el recorrido se transportaron en vehículos de 4 llantas y camionetas. Durante el recorrido, no se utilizaron principalmente los vehículos, sin embargo, se utilizó en un pequeño tramo que era peligroso para desplazarse a pie. Se utilizaron los vehículos principalmente para desplazarse hacia el inicio del recorrido y para desplazarse al terminar el recorrido.

Registros y bitácora

Durante el recorrido se tuvieron dos bitácoras diferentes, uno de los integrantes anotaba las mediciones que se obtenían, mientras que otra persona de los integrantes anotaba las recomendaciones que se lograban visualizar, mencionadas por todo el equipo de trabajo. En la toma de fotografías, se encargaron dos personas de tomarlas, una de ellas se encontraba dentro del dren, y el otro integrante se encontraba fuera del dren.

Recomendaciones sobre visualización

Identificación de sitios en peligro, definir la situación de riesgo

Durante el recorrido se observaron varios lugares que pueden ser situaciones de riesgo para la comunidad y para el dren, unas de ellas son las siguientes:

Al observar la protección del dren se logra visualizar que no se encuentra estable, llega a tener movimiento y puede perjudicar la vida de las personas. Una de las barras de los barandales no se encuentra asegurado firmemente al concreto como se logra observar en la Fig. 5 "Protección del primer tramo del dren".



Fig. 5 “Protección del primer tramo del dren” (Elaboración propia)

En el primer cruce se encuentra una estructura la cual se analiza que fue destruida probablemente por un accidente de auto, con la cual se puede llegar a recorrer en el dren. Se recomienda retirar dicha estructura en la cual se puede observar en la Fig. 6 “Estructura de concreto improductiva”.



Fig. 6 “Estructura de concreto ineficaz” (Elaboración propia)

En las construcciones de cruce peatonal se localizaron fallas en algunas de las estructuras, ya que se pueden observar en la Fig. 7 “Armado de acero del puente” que se cortaron parte del armado de acero del puente. Esto podría llegar a ser un sitio de riesgo, por lo que se recomienda informar a las organizaciones correspondientes para que ejecuten una inspección para saber si se encuentra en buen estado o si necesita mantenimiento la estructura. Esta estructura puede llegar a funcionar durante varios años por ser un cruce peatonal, pero de la misma manera se necesita un estudio de ello.



Fig. 7 “Armado de acero del puente” (Elaboración propia)

Casi al finalizar la visita se encuentra una zona peligrosa de avanzar dentro del dren, es un área que, a la vista, no parece muy profunda, sin embargo, llega a tener una profundidad aproximada de medio metro como se aprecia en la Fig. 8 “Socavón en cauce”. Por lo que se busca informar a las organizaciones correspondientes para darle mantenimiento al lugar.



Fig. 8 “Socavón en cauce” (Elaboración Propia)

Aseguramiento de evidencias

Como fue mencionado anteriormente, se dividieron las tareas al momento de anotar en las bitácoras y tomar las fotografías. Para asegurar las evidencias, se enviaron las fotografías a los demás integrantes para asegurarlas y de la misma manera se tomaron fotos a las anotaciones de los dos cuadernos y se enviaron a los demás integrantes para no perder ni un apunte o fotografía del recorrido.

Ingeniería Básica

Caracterización del sitio

Características físicas de la cuenca

La cuenca pertenece a la red hidrológica con clave de RH12Hd, La subcuenca es la rio Apaseo, la microcuenca del bordo Benito Juárez.

La intensidad de precipitación en la microcuenca conforme a las isoyetas de la SCT con un periodo de retorno de 25 años (de acuerdo a las recomendaciones de CONAGUA

para obras de drenaje pluvial) y un tiempo de concentración aproximado de 40 minutos es de 51 mm/hr.

En la Fig. 9 “Microcuenca del Dren Peñuelas” se logran a observar la ruta principal del dren además de las curvas de nivel y las corrientes de agua que llegan a él.



Fig. 9. “Microcuenca del Dren Peñuelas” (Elaboración propia)

Geomorfología

En la Fig. 10 “Geomorfología” se pueden llegar a observar las curvas de nivel que llega a tener la microcuenca y como se transporta toda el agua de la zona delimitada hasta el final del tramo del recorrido. De la misma forma se logra apreciar la topografía del lugar y como toda el agua pluvial llega hasta el Dren Peñuelas, siendo el dren principal de esta microcuenca.

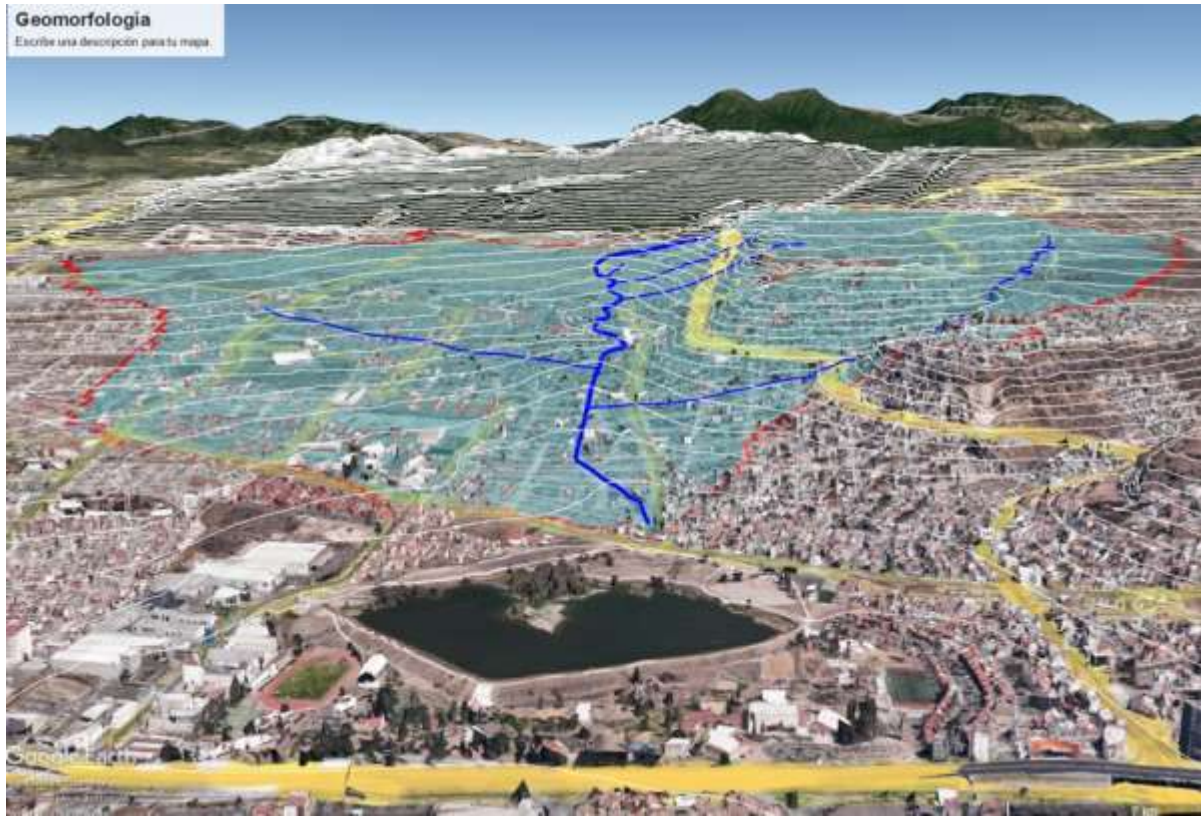


Fig. 10 “Geomorfología” (Elaboración propia)

Características del cauce

El recorrido tuvo una distancia de 3.5 km y una diferencia de elevación de 21.2 m, teniendo como una elevación máxima de 1950 m.s.n.m. y descendió hasta 1834 m.s.n.m. Se observó el parteaguas en las coordenadas 29.6544167, -100.39600555. Se inició el recorrido en las coordenadas 20.6530038,-100.39362520 ya que antes de eso el dren se encuentra de manera subterránea en la cual no se puede inspeccionar. En la Fig. 11 “Inicio de recorrido” se puede lograr a observar el inicio del dren.



Fig. 11 “Inicio del recorrido” (Elaboración propia)

Días anteriores a la visita se tuvo una preparación del equipo necesario, en la cual fue cámara, flexómetro, y material para calcular las coordenadas del lugar. En la delimitación en gabinete se ejecutó un estudio para observar que el Dren Peñuelas llega a ser un drenaje fluvial el cual llega a ser un sistema el cual conduce las aguas pluviales de una zona urbana para descargarlos en cuerpos de agua. En la tabla 5. “Características físicas del dren peñuelas” se pueden observar las características físicas de la cuenca con lo cual se ejecutó una visita para obtenerlas

Descripción	Latitud	Longitud	Material del fondo	Material de paredes laterales	Sección Transversal en el cauce	Altitud (msnm)
Inicio (Portal de la alegría con Calle Santiago de la machaca-)	20°39'10.8" N	100°23'46.3" O	Mampostería	Mampostería	Trapezoidal	1950
Primer Cruce (Portal de Alegría cruce)	20°39'06.1" N	100°23'47.4" O	Mampostería	Mampostería	Trapezoidal	1939

con Santiago Tlatelolco						
Segundo cruce (Portal de Alegría cruce con Santiago del Sur)	20°39'03.2" N	100°23'48" O	Mampostería	Mampostería	Trapezoidal	1935
Unión de cauce secundario	20°38'53.6" N	100°23'46.8" O	Concreto	Mampostería	Trapezoidal	1922
Cruce (Calle Turmalina y Calle belén)	20°38'49.8"N	100°23'45.5"W	Concreto	Mampostería	Trapezoidal	1918
Cauce con problemas en la infraestructura en el fondo (Calle cima y calle del Carmen)	20°38'24.6" N	100°23'48.1" O	Concreto	Mampostería	Trapezoidal	1890
Último Tramo del dren (Calle virtud con calle Obreros)	20°37'39.3" N	100°23'47.4" O	Concreto	Mampostería	Trapezoidal	1835

Tabla 5. "Características físicas del dren peñuelas" (Elaboración propia)

Ambiente

Durante el recorrido, se buscó que no afectáramos el medio ambiente si no ayudar a la comunidad y al mismo. sin embargo, durante el recorrido se lograron observar lugares donde llegan a afectarlo. En todo el recorrido se lograron observar varios lugares los

cuales pueden llegar a afectar el medio ambiente. Como se logra apreciar en la Fig. 12. “Contaminación en el Dren” se observa durante todo el recorrido que se encuentran desperdicios humanos, ocasionando olores putrefactos que provocan que el dren no pueda funcionar en su totalidad además de la contaminación en el aire que llega a ocasionar.



Fig. 12. “Contaminación en el Dren” (Elaboración propia)

De la misma manera como se mencionaba anteriormente en el apartado Riesgos durante el recorrido, en la Fig. 4. “Animal en descomposición”, se llegaron a encontrar animales domésticos como perros y gatos muertos, los cuales llegaron a ocasionar olores malolientes, y de la misma manera atraen insectos con lo cual pueden llegar a ocasionar enfermedades para la comunidad.

Además de ello se obtuvieron comentarios de la comunidad que se encuentra viviendo a los alrededores del Dren Peñuelas, la más alarmante de ellas, fue el comentario de una señora, al mencionar que algunos de los vecinos de la comunidad, colocaron instalaciones sanitarias desde sus casas hasta el dren, ocasionando principalmente en momento de verano que se encuentren grandes olores dentro del dren llegando a contaminar al medio ambiente, en este momento es cuando se necesitan notificar a las

organizaciones necesarias para quitar estas instalaciones sanitarias, ya que el dren es para transportar el agua pluvial.

Estructuras físicas

Las estructuras físicas principales que se encuentran alrededor del dren peñuelas son viviendas de las colonias: Lomas de San Pedrito y Peñuelas. Además de ello se pudieron observar establecimientos de trabajo de la misma comunidad. También se encuentran zonas recreativas para poder hacer ejercicio y escuelas.

Continuidad de las estructuras ambientales y funciones

Este informe debe ser reportado a las organizaciones como SEMARNAT, Protección Civil, Dirección de Desarrollo Urbano y CONAGUA, siendo las organizaciones que son encargadas de erradicar los inconvenientes del dren.

Topografía de la zona

Sobre el Dren Peñuelas se levantó una topografía de un tramo longitudinal de 3.5 km. Y una pérdida de elevación de 21.2 m, que llega a tener un inicio en las calles de: Portal de la alegría con la Calle Santiago de la machaca terminando hasta la Calle virtud con calle Obreros antes de integrarse al Parque Querétaro 2000. En la Fig. 13. “Perfil de Elevación” se puede observar el perfil de elevación que llegamos a tener durante todo el recorrido, esta figura, se obtuvo del programa *Google Earth*.

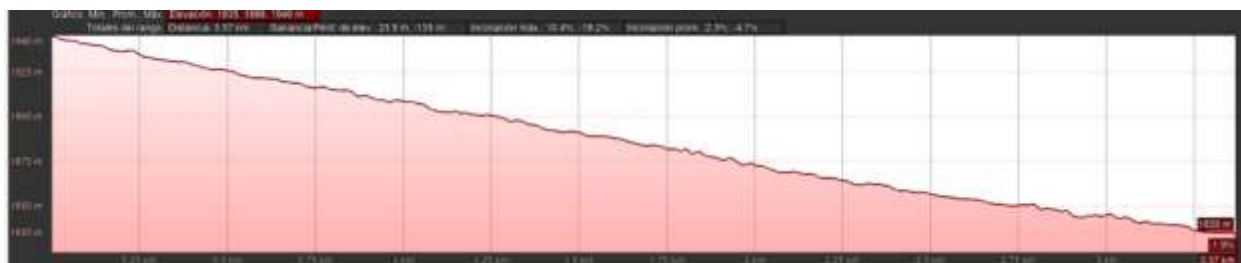


Fig. 13. “Perfil de Elevación” (Elaboración propia)

Inspección

Identificación de corrientes

Durante la visita del Dren Peñuelas varios drenes se conectan con él, siendo drenes que se conectan en las calles; intersección Portal de Dolores y avenida Turmalina, avenida Turmalina con avenida Belén, calle Obreros y calle Costureras, calle Obreros y calle Torneros, calle Obreros y calle Jardineros, calle Pateros y calle Rio Blanco siendo los que llevan los arroyos de la microcuenca hasta el Dren Peñuelas.

Regímenes aguas abajo y aguas arriba

La inspección se realizó de aguas arriba a aguas abajo, esto por el motivo de poder observar como los sedimentos se van transportando siendo principalmente sedimentos humanos con los cuales se recomienda limpieza de todo el dren estudiado. Durante el recorrido no había transporte de agua ya que fue antes de la temporada de lluvias.

Perturbaciones e impacto ecológico

Hidrodinámica

Al realizar el recorrido, por ser antes de la temporada de lluvias no se encontraba agua escurriendo sin embargo se encontraron rastros en los cuales explican cómo se transporta el agua. Durante el recorrido se lograron observar cómo cambian las secciones transversales en los cruces, sin embargo, en un área muy urbanizable se logró localizar un bypass el cual se utiliza para desviar el agua y poder disminuir la velocidad con la que viene como se observa en la Figura 14” Bypass en calle del Carmen y Calle Cima”.



Fig. 14 “Bypass en calle del Carmen y Calle Cima” (Elaboración propia)

Calidad del agua

El agua de este Dren, debería ser agua pluvial, por lo que debería tener una calidad óptima para poder hacer actividades domésticas, pero no para ingerirse. sin embargo, los vecinos que se encuentran alrededor del dren mencionan que la calidad del agua del dren llega a estar contaminada por la colocación de instalaciones sanitarias clandestinas conectadas al Dren Peñuelas.

Transporte de sedimentos y escombros urbanos

Durante todo el recorrido se pueden llegar a encontrar sedimentos humanos que se llegan a tirar en el dren, se puede verificar en la Fig. 15 “Residuos transportados de la tubería del dren Peñuelas”, que se necesita una limpieza para que no impida el paso del agua escurrida y no disminuya la velocidad con la cual se transporta el fluido.



Fig. 15 “Residuos transportados de la tubería del dren Peñuelas” (Elaboración propia)

Además de ello, en las obras de cruce se puede observar que se encuentran asentamientos irregulares por lo cual, tendría que ser removido a la brevedad.

Indicadores bióticos

En el recorrido, no se presencié ni flora ni fauna, esto con el motivo que todo se encuentra pavimentado y de la misma forma al ser un dren urbano no llega a tener ninguna de ella.

Situación y Obras transversales

Obras de cruce

En la tabla 6 “Obras de cruce”, se mencionan la ubicación de la misma, sus observaciones y la sección de la figura.

Calles	Latitud	Longitud	Material de fondo	Material de paredes	Sección Transversal	Observaciones
Portal de Alegria cruce con	20°39'06.1" N	100°23'47.4" O	Mampostería	Mampostería	Trapezoidal	La sección abajo del cruce tiene unas

Santiago Tlatelolco						dimensiones de 3.05 metros de altura, 2.42 de base mayor y 2.02 de base menor.
Portal de Alegría cruce con Santiago del Sur	20°39'03.2" N	100°23'48" O	Mampostería	Mampostería	Trapezoidal	La sección abajo del cruce tiene unas dimensiones de 2.65 metros de altura, 4.85 de base mayor y 2.35 de base menor.
Calle Portal alegría y calzada amargura	20°39'0.9" N	100°23'48.4" O	Mampostería	Mampostería	Trapezoidal	La sección abajo del cruce tiene unas dimensiones de 1.60 metros de altura, 3.90 de base mayor y 2.51 de base menor.
Calle Portal de Dolores y Av. Turmalina	20°38'53.6" N	100°23'46.8" O	Mampostería	Mampostería	Trapezoidal	La sección abajo del cruce tiene unas dimensiones de 1.48 metros de altura, 50.05 de base mayor y 3.40 de base menor. De la misma forma se

						intersecta con un Dren secundaria de la avenida Turmalina.
Calz. Belén y Avenida Turmalina	20°38'50.1" N	100°23'45.6" O	Mampostería	Mampostería	Trapezoidal	La sección abajo del cruce tiene unas dimensiones de 1.68 metros de altura, 4.8 de base mayor y 3.05 de base menor.
Calle diamante y Avenida Turmalina	20°38'44.5" N	100°23'46.4" O	Mampostería	Mampostería	Trapezoidal	La sección abajo del cruce tiene unas dimensiones de 1.55 metros de altura, 6.78 de base mayor y 4.43 de base menor.
Calle Obreros y Costureras	20°38'37.4" N	100°23'45.4" O	Mampostería	Mampostería	Trapezoidal	La sección abajo del cruce tiene unas dimensiones de 1.46 metros de altura, 4.13 de base mayor y 3.74 de base menor.

Tabla 6 "Obras de cruce" (Elaboración propia)

Durante el recorrido se observaron en los cruces en varios aspectos que se mencionaran en los siguientes apartados, sin embargo, se buscara principalmente mencionar la falta de limpieza en ellos, por la presencia de sedimentos y escombros urbanos.

Identificación del tipo de estructuras.

En la tabla mencionada en la sección “Obras de cruce”, se menciona los materiales con lo cual están hechos los cruces. Durante el recorrido se puede apreciar que de primer momento se construyó con concreto, pero al momento de avanzar se ve que lo cambiaron por mampostería, esto puede ser por el precio.

Además de ello, durante el recorrido se puede apreciar, que en la parte inferior de las paredes del dren han sido destruidas por el mismo escurrimiento que llega a tener, con lo cual se busca la reconstrucción o rehabilitación de los mismos taludes como se muestra en la Fig. 16 “Desbordamiento inferior de las paredes del Dren Peñuelas”.



Fig. 16 “Desbordamiento inferior de las paredes del Dren Peñuelas” (Elaboración propia)

Cuantificación de la fragilidad y restauración de un puente

En el recorrido, se llegaron a observar las obras de cruce y el dren en general. En el recorrido se llegan a observar que en las obras de cruce llegan a tener un estado óptimo

para su propósito, al no tener agrietamientos en las paredes o en el piso del mismo, sin embargo, en algunos tramos se encuentran deterioradas las paredes del Dren en general, siendo así la necesidad de informarle a las organizaciones necesarias para poder ejecutar una estrategia para restaurar estas paredes para que no afecte el recorrido del agua pluvial que se encontrara en el dren como se puede apreciar en la Fig. 17 Obra de cruce.



Fig. 17 “Obra de cruce” (Elaboración propia)

Cimentación

Esta sección es difícil de estudiar cuando la cimentación no se encuentra a la vista, sin embargo, se puede deducir por el tamaño de las fisuras que se puedan encontrar en las estructuras. Al ser un Dren, no llega a tener mucha carga en la cimentación por lo cual no debería tener bastantes fisuras. Se buscaron fisuras en el concreto y en las paredes, pero, no se llegan a presentar, por lo cual se llega a decir que la cimentación de la estructura se encuentra en buen estado. El desbordamiento de alguna de las paredes es claramente por el escurrimiento superficial, siendo así el caso, la cimentación está en un estado óptimo.

Estribos y muros de contención

Los estribos o los armados de acero que llegan a tener las obras de cruce al ser inspeccionadas, se logra a observar que se siguió la normativa indicada al no tener agrietamientos en las obras de cruce. Se puede observar en la Fig. 6 “Armado de acero del puente”

En el recorrido se presenta en la mayoría del dren un muro de contención gravitacional, este con el motivo que el agua que escurra en el muro de contención pueda llegar al dren de una manera factible, se utilizó este muro de contención con el motivo que el agua escurrida no llegue a ejercer fuerza en las paredes y no ocasionen desbordamientos durante en el curso. Como ya se mencionó antes, en la parte inferior de algunos de estos muros ya se encuentra deteriorada por lo que se necesita reforzar o bien remodelar.

Visita del dren El Madroño de la presa Santa Catarina

Visita de campo

Vestimenta

Equipo y material mínimo

En la visita del arroyo El Madroño de la presa Santa Catarina se les recomendó a las personas que ejecutaron la visita utilizar pantalón de mezclilla camisa sin colores llamativos, zapatos o tenis cómodos para realizar la visita efectivamente. Se puede observar en la Fig. 18 “Vestimenta apropiada visita Presa Santa Catarina” como los estudiantes llevaron una buena vestimenta.



Fig. 18 “Vestimenta apropiada visita Presa Santa Catarina” (Elaboración propia)

Recorrido

Tipo de recorrido y Ruta

Durante el trabajo preliminar se realizó una inspección mediante la herramienta del *Google Earth* como se puede observar en la Fig. 19” Recorrido del arroyo el Madroño de la Presa Santa Catarina y perfil de elevación” para poder hacer la inspección.





Fig. 19” Recorrido del arroyo el Madroño de la Presa Santa Calina y perfil de elevación”
(Elaboración propia)

Riesgos Durante el recorrido.

De la misma forma se buscaron antes de la inspección, riesgos ambientales, físicos y de seguridad, con la cual se realizó la Tabla 7 “Riesgos del recorrido del arroyo el Madroño de la presa Santa Catarina” para tomar precauciones:

Riesgos	Problemáticas	Recomendaciones
Ambientales	Presencia de insectos Contaminación en la atmósfera Tormentas	Recomendaciones de llevar repelente de insectos y un bastón de seguridad por si se necesita (Defensa contra animales). Verificar antes de la visita si se presentaran precipitaciones en el lugar de estudio.
Carácter humano	Deshidratación	Se recomendó llevar botella de agua embotellada para el recorrido.
Seguridad	Robo o asalto a los trabajadores	Realizar la visita durante el día para poder evitar esta problemática.

Tabla 7 “Riesgos del arroyo el Madroño de la presa Santa Catarina” (Elaboración propia)

En el recorrido, no llegamos a tener alguna de las problemáticas mencionadas con anterioridad, se utilizó la vestimenta indicada con lo cual se logró ejecutar la inspección con adversidades. Sin embargo, se encontraban varios insectos en el dren, con lo cual nos protegimos al llevar nuestro repelente de insectos.

Ubicación, geo-posicionamiento:

Durante el recorrido se obtuvieron las siguientes coordenadas anotadas en la Tabla 8 “Coordenada de la ruta del arroyo el Madroño de Santa Catarina”

	Latitud	Longitud
Inicio	20°47'34.23" N	100°27'56.59" O
	20°47'34.28" N	100°27'52.92" O
	20°47'35.24" N	100°27'48.42" O
	20°47'34.76" N	100°27'47.36" O
	20°47'34.15" N	100°27'45.38" O
	20°47'33.90"N	100°27'45.80"O
	20°47'34.6" N	100°27'42.2" O
	20°47'35.0" N	100°27'41.5" O
	20°47'34.6" N	100°27'40.9" O
Final	20°47'34.2" N	100°27'40.2" O

Tabla 8 “Coordenada de la ruta del Dren de Santa Calina” (Elaboración propia)

Tipos de vehículos empleados

El personal que realizó el recorrido se transportaron desde la ciudad de Querétaro en uno vehículo de 4 llantas. Durante el recorrido al no ser un tramo bastante largo solamente se dejó el vehículo en un punto medio con lo cual próximamente siguió el recorrido caminando.

Registros y bitácora

Durante el recorrido del dren, se tomaron apuntes en una bitácora, mientras que tres personas obtenían las mediciones necesarias (Perfiles del dren), una de ellas las iba

apuntando y dibujando. Mientras tanto, se obtuvieron fotografías durante todo el recorrido para poder apreciar el dren y lo que estaba alrededor de lo mismo.

Recomendaciones sobre visualización

Identificación de sitios en peligro, definir la situación de riesgo

En el recorrido se lograron apreciar algunos de los lugares lo cuales pueden llegar a afectar el dren, lo cual son las siguientes:

Al iniciar el recorrido, se observó una construcción como se puede apreciar en la Fig. 20 “Construcción del dren” la cual no llega a ayudar o apoyar el recorrido que podría tener el agua del dren, por lo que se llega a concluir, que puede ser utilizado para marcar el territorio de alguien, pudiendo ser así una barda.



Fig. 20 “Construcción del dren” (Elaboración propia)

Posteriormente se logra visualizar dos lugares claros donde se encontraron derrumbes como se muestra en la Fig. X “Derrumbe en dren” con lo cual el transporte del agua se llega a dificultar o bien parar por completo.



Fig. 21 “Movimiento de tierras” (Elaboración propia)

En el recorrido, se logran encontrar varios lugares que llegan a tener un estancamiento por tener hoyos profundos de aproximadamente 1 metro de profundidad como se observa en la Fig. 22 “Estancamientos”.



Fig. 22 “Estancamientos” (Elaboración propia)

En el recorrido el dren llega a tener un parteaguas por la calle que divide el dren, siendo así un lugar donde se debería investigar si se puede hacer un puente en esa parte de la

calle para que el dren trabaje de una manera natural y no se quede estancado hasta un punto. Como se observa en la Fig. 23 “Inicio del Dren” se logra apreciar que no hay una tubería o bien un espacio por el cual el agua pueda continuar su rumbo.



Fig. 23 “Inicio del Dren” (Elaboración propia)

Aseguramiento de evidencia

El realizar la visita, se tomó a una persona en específico para tomar las notas en la bitácora, mientras que dos personas se encargaban de tomar las fotografías. Al terminar el recorrido, se le tomo fotografía a las notas de la bitácora para que no se llegaran a perder por cualquier situación y de la misma forma se enviaron las fotografías de cada integrante a las demás personas, con ello no se perdería algún apunte o fotografía que pueda llegar a ser necesaria para la investigación.

Ingeniería Básica

Caracterización del sitio

Características físicas de la cuenca

La cuenca pertenece a la red hidrológica con clave RH12Hd con el nombre de la subcuenca del R. Apaseo.

La intensidad en la microcuenca conforme a las isoyetas de la SCT con un periodo de retorno de 25 años (de acuerdo a las recomendaciones de CONAGUA para obras de drenaje pluvial) y un tiempo de concentración aproximado de 20 minutos es de 77 mm/hr. Se puede visualizar en la Fig. 24. “Microcuenca de la presa Santa Catarina” como está determinada al poder observar las curvas de nivel; de color rojo se encuentra el parte aguas, de línea azul oscuro la corriente principal, de línea azul claro las corrientes de agua dentro de la microcuenca y de línea blanca las curvas de nivel.

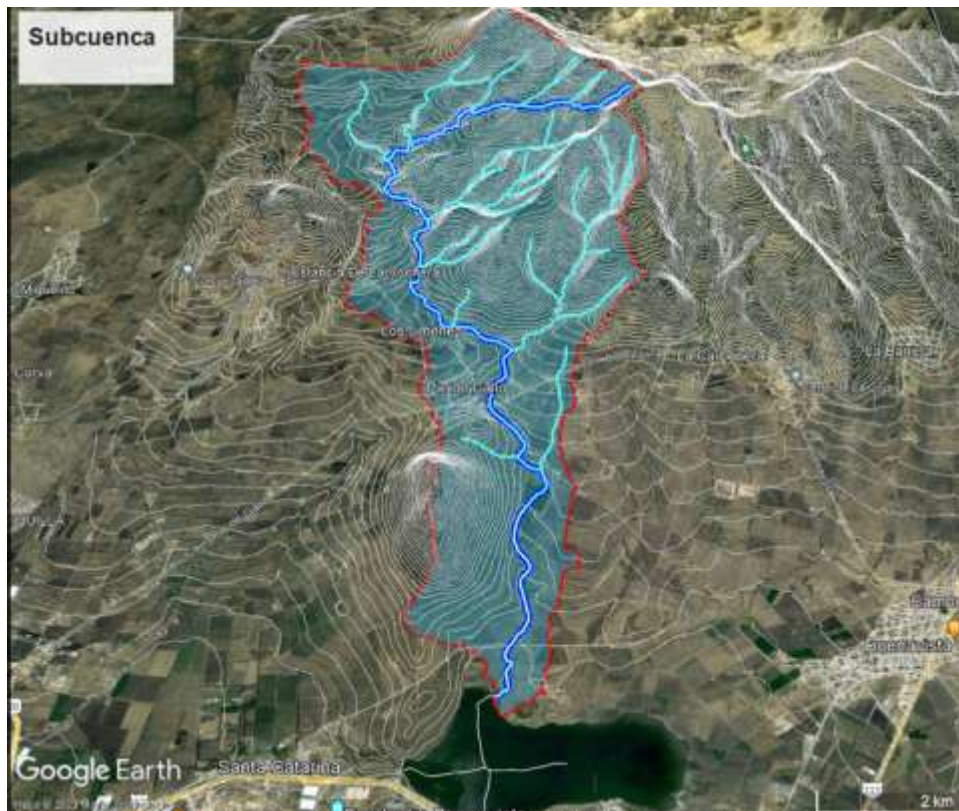


Fig. 24. “Microcuenca de la presa Santa Catarina” (Elaboración propia)

Geomorfología

En la Fig. 25 “Geomorfología del arroyo El Madroño de la presa Santa Catarina” se puede llegar a observar las curvas de nivel que llega a tener la microcuenca y como se transporta toda el agua de la zona delimitada hasta el final del tramo del recorrido. Con

ello se aprecia la topografía del lugar y como el agua llega a tener un punto de entrada y uno de salida hasta la presa Santa Catarina, siendo el dren estudiado, una parte del dren principal.

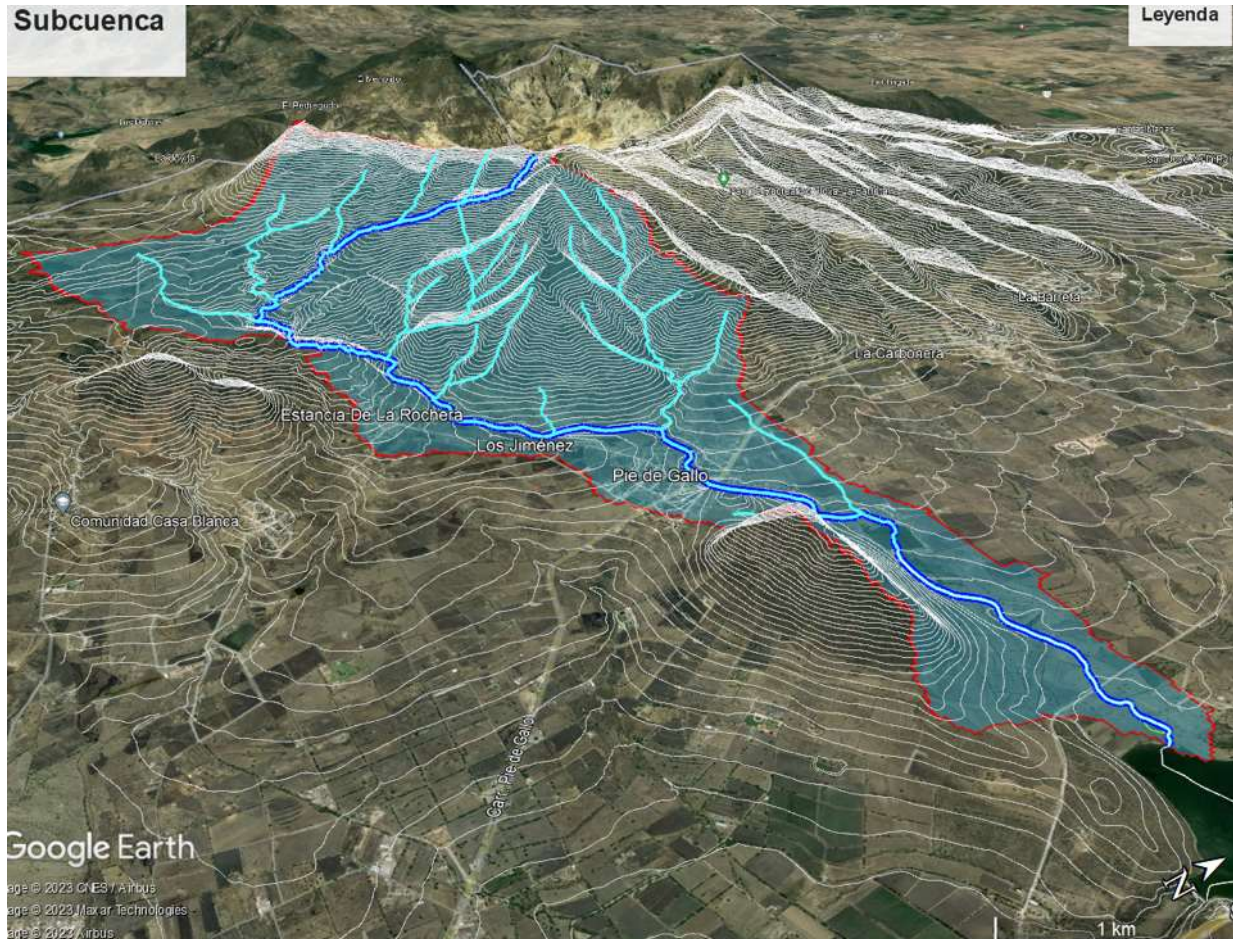


Fig. 25 “Geomorfología del dren de la presa Santa Catarina” (Elaboración propia)

Características del cauce

El recorrido tuvo una distancia de 0.82 km y una pérdida de elevación de 9 m, teniendo como una elevación máxima de 2013 m.s.n.m. y descendió hasta 2004 m.s.n.m. Se inició el recorrido en las coordenadas 20°47'34.23” N, 100°27'56.59” O ya que se estudió principalmente el meandro que se encuentra en esa zona hasta la presa Santa Catarina. En la Fig. 26 “Inicio de recorrido del dren de la presa Santa Catarina” se puede lograr a observar el inicio del dren.



Fig. 26 “Inicio de recorrido del dren de la presa Santa Catarina” (Elaboración propia)

Días anteriores a la visita, se preparó el material necesario para la visita, el cual fueron 3 flexómetros, cámara, y material para poder calcular las coordenadas del dren. Para calcular la delimitación se observó primero como el dren iba moviéndose a través de los años con el programa *Google Earth* y cómo iba funcionando el meandro.

Ambiente

Durante el recorrido, se buscaba no afectar el medio ambiente si no hacer un estudio para poder ayudar al fluido que continúe de manera adecuada. En todo el recorrido no hubo problemas con la afectación del medio ambiente, pero si se logra apreciar que al llegar a la presa santa Catarina, la presa llega a estar en un mal estado o bien se observa que el agua en ella está contaminada. Durante el recorrido se vio basura con el cual puede llegar afectar el recorrido del agua en el dren.

Estructuras físicas

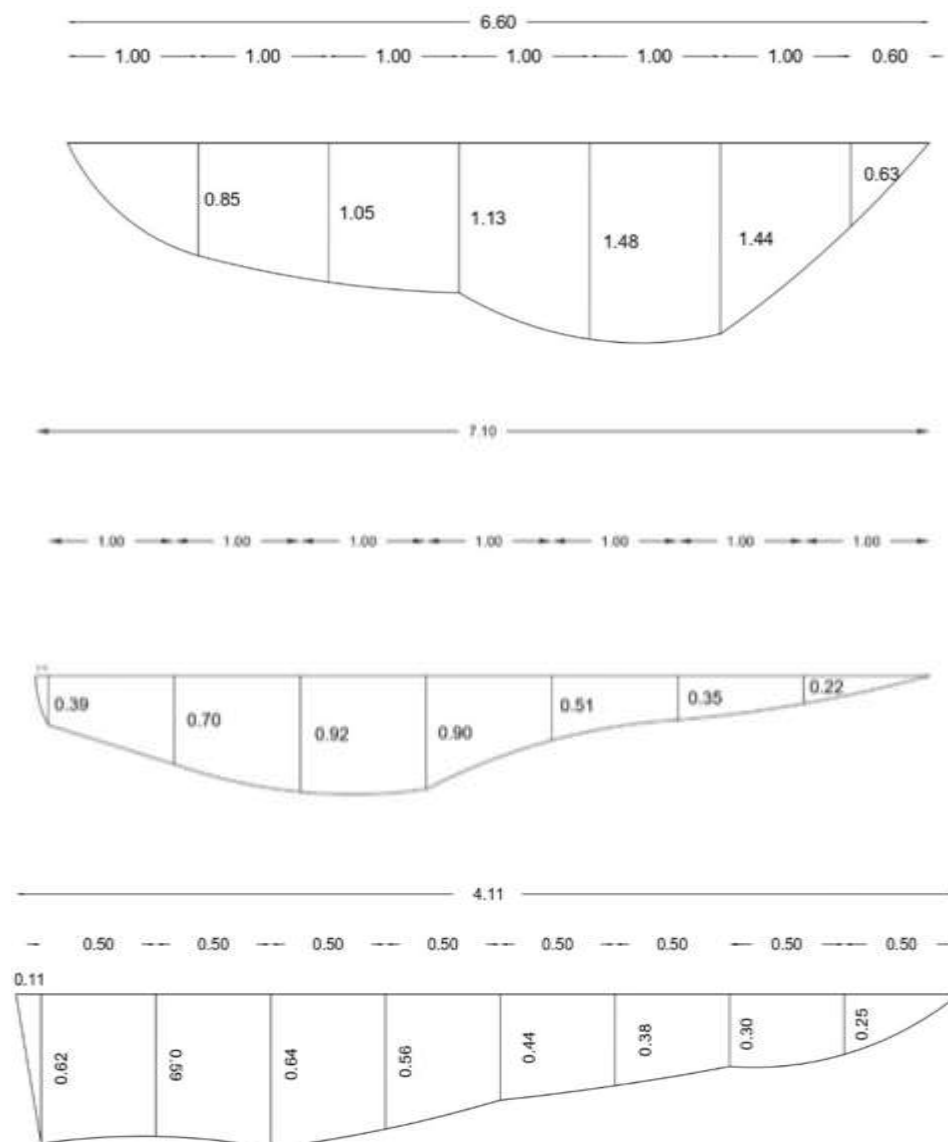
El dren al ser natural, no llegamos a observar lugares o estructuras físicas que puedan afectar directamente, solamente se encuentra una calle el cual divide la parte del dren que recorrimos con todo el dren principal. Además de ello, se observaron campos de cultivos alrededor del dren los cuales llegan a tener propietarios privados.

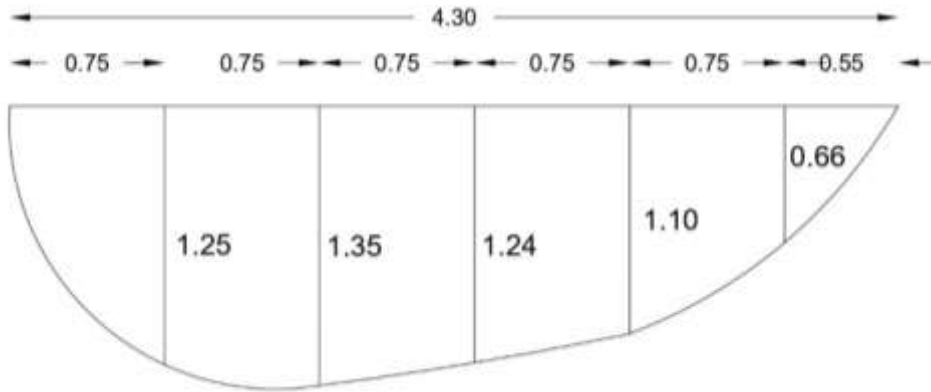
Continuidad de las estructuras ambientales y funciones

Este informe debe ser reportado a las organizaciones como SEMARNAT, Protección Civil, Dirección de Desarrollo Urbano y CONAGUA, siendo las organizaciones que son encargadas de erradicar los inconvenientes del dren.

Corredor Fluvial

Del recorrido se obtuvieron 4 secciones transversales de las cuales se presentan los siguientes planos:





Planos (Elaboración propia)

Durante el recorrido se pudo identificar que en cada parte del dren natural va cambiando de forma por la cual el radio hidráulico también va cambiando como se esperaría normalmente. En la mayor parte del recorrido se identificó que la base del dren estaba conformada principalmente de material rocoso como se puede ver en la Fig. 27 “Toma de mediciones”.



Fig. 27. “Toma de mediciones” (Elaboración propia)

En el recorrido de la misma forma llego a encontrarse una laguna vacía, esto con el motivo de las bajas precipitaciones a través de los años. Esta parte del recorrido era donde se esperaba que continuara el dren, pero se pudo visualizar que el dren se partió

en dos, siendo así que el caudal busca la manera más fácil y rápida de llegar a su punto de drenaje. En la Fig. 28 “Laguna” se puede mostrar todo el terreno que se tendría que llenar para poder llegar a la presa Santa Catarina



Fig. 28 “Laguna” (Elaboración propia)

Topografía de la zona

Sobre el Dren Peñuelas se levantó una topografía de un tramo longitudinal de 0.82 km. Y una pérdida de elevación de 9 m En la Fig. 29 “Perfil de Elevación del arroyo El Madroño de la presa Santa Catarina” se puede observar el perfil de elevación que llegamos a tener durante todo el recorrido, esta figura, se obtuvo del programa *Google Earth*.

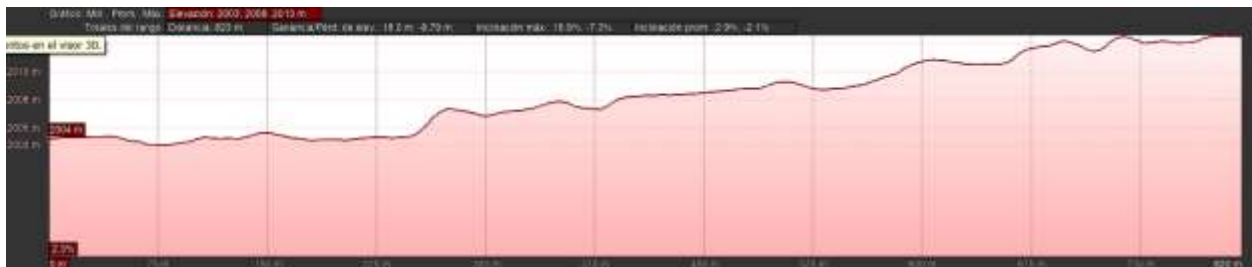


Fig. 29 “Perfil de Elevación del arroyo El Madroño de la presa Santa Catarina”
(Elaboración propia)

Inspección

Identificación de corrientes

Durante la visita al arroyo El Madroño de la presa Santa Catarina se buscó inspeccionar una parte del dren más importante de la microcuenca siendo la parte donde descarga hacia la presa.

En la Fig. 30 “Corrientes de agua” se pueden observar como gracias a la topografía de esta microcuenca buscan la manera tener un punto de descarga hasta donde es la presa que se encuentra en el lugar derecho de la foto. Las corrientes de agua superficiales buscan la corriente principal y es ahí donde se concentra todo el caudal de esta microcuenca.



Fig. 30 “Corrientes de agua” (Elaboración propia)

Regímenes aguas abajo y aguas arriba

La inspección se llevó a cabo de aguas arriba a aguas abajo, esto es con el motivo de poder observar los sedimentos que se han transportado desde los puntos más altos de la microcuenca, durante el recorrido no había transporte de agua ya que fue antes de las temporadas de lluvia. La topografía de esta microcuenca llega a ser variada, teniendo así varias corrientes de agua transportando varios sedimentos de diferentes lugares

hasta el final del dren para terminar en la presa Santa Catarina, siendo uno de los motivos por los cuales hay derrumbes en el dren.

Perturbaciones e impacto ecológico

Hidrodinámica

Antes del recorrido en el trabajo de campo, se ubicó por la topografía de lugar como es el movimiento del agua a través de estos drenes naturales, ubicando así los regímenes aguas abajo y arriba. Durante el recorrido se observó que cambian de una manera irregular las secciones transversales, por lo que antes de llegar a la presa se observa una laguna en la cual se llega a mantener todo el caudal de una manera regular y drenándose por dren hasta lo que es la presa. La laguna que se muestra en la Fig. 31 “Laguna de la Presa Santa Catarina” se encuentra vacía por el motivo de las bajas precipitaciones a través de los años y el calentamiento global.



Fig. 31 “Laguna de la Presa Santa Catarina” (Elaboración propia)

Calidad del agua

El agua transportada de este dren sería el agua pluvial pudiendo ser utilizada para poder hacer actividades domésticas como la limpieza del auto o bien el riego, más sin embargo no es para ingerirse, el agua al tocar la superficie llegaría a tener varios contaminantes, además de la basura que se encuentran en el dren contaminando más el agua que se

llegara a presentar durante el dren. Se espera que la calidad del agua es mejor aguas arriba, esto con el motivo del poco contacto que llega a tener con la superficie, mientras que aguas abajo ya llega a tener un tramo recorrido y de la misma manera con más contaminantes.

Transporte de sedimentos y escombros urbanos

Durante el recorrido se pudieron observar poca basura que se llega a tirar en el dren, o de la misma manera fueron transportados de otra parte. Durante el recorrido se llegaron a observar varios sedimentos rocosos como se puede ver en la Fig. 32 “Sedimentos rocosos”, siendo estos impedimentos para que el agua se transporte a una velocidad estable y de la misma manera llega a reducir el área hidráulica del lugar.



Fig. 32 “Sedimentos rocosos” (Elaboración propia)

Indicadores bióticos

Durante el recorrido se logró apreciar cómo funcionaba la flora en el lugar. En la base del dren no se encuentra mucha fauna, esto con el motivo de los sedimentos rocosos que llega a tener el lugar y de la misma forma, el dren al llenarse, llega a ahogar la flora que podría crecer en este punto, más sin embargo en las partes laterales del dren, se

logra apreciar árboles y arbustos que crecen gracias a la humedad que se encuentran en el dren siendo esta la planicie de inundación.

Además, otro indicador biótico del dren puede llegar a ser el color del agua, se tiene que mencionar que en el dren llegamos a carecer de agua por no ser temporada de lluvia o bien antes de la temporada, sin embargo, en la Fig. 33 “Contaminación en la presa Santa Catarina” se logra a observar espuma la cual puede ocurrir de manera natural en el medio ambiente por diferentes agentes o debido a la contaminación del agua. De manera natural puede ser por descomposición de planta y algas, además de bacterias. Sin embargo, la presencia de espuma también puede referirse por descargas de agua residual de origen doméstico o industrial que contaminan el agua y pueden ocasionar la muerte de los peces y el mal olor, el cual se pudo observar en la visita de campo a la presa. La espuma puede ser provocada por detergentes que contienen agentes tensoactivos, y junto con el fosforo causa problemas de eutroficación, el cual llega a ser de la principal causas en la contaminación de los lagos y es aquel contiene un exceso de nutrientes que desencadena una proliferación descontrolada de algas impidiendo el paso de luz, provocando un descenso del oxígeno disuelto en el agua volviendo el medio anóxico y causando la muerte de las especies que pudieran habitar en el sitio, principalmente de peces.



Fig. 33 “Contaminación en la presa Santa Catarina” (Elaboración propia)

Entorno de cauce

Durante la investigación, se buscó información previa al recorrido, se utilizaron herramientas como el *Google Earth*, información del INEGI y del SIATL, esto con el motivo de identificar el dren a estudiar. El dren Marroño llega a ser el cauce principal de la microcuenca para drenarse todo el caudal en la presa Santa Catarina.

Efectos de embalses

En este recorrido se encontraron principalmente dos embalses como se pueden observar en imágenes anteriores, una de ellas se le podría considerar una laguna que en este momento se encuentra vacía encontrándose antes de llegar a la presa Santa Catarina la cual es donde se drena toda el agua de la micro cuenca.

Medio ambiente

Durante la inspección se buscó la manera de no dañar la flora y fauna del lugar, se observaron lugares por donde se podría hacer el recorrido de una manera ambiental, con lo cual no se dañó el medio ambiente.

Situación y obras transversales

Obras de cruce

Durante el recorrido no se observaron obras de cruce además de donde se empezó el recorrido. Se encuentra una carretera atravesando el cauce principal de la micro cuenca, por lo cual se observó que no se realizó de una manera adecuada en la que apoya la hidrología del lugar. Se busca que la calle se transforme en un puente para que el caudal se transporte de una manera natural y veraz.

Áreas inundables

Delimitación preliminar en campo de áreas de inundación

En la Fig. 34 “Áreas de inundación” se presenta las áreas inundables que se observaron durante el recorrido de color azul antes de drenar a la presa Santa Catarina. En esta área de inundación no se encontraban asentamientos humanos, por lo que se espera que no llegue a afectar a la población cercana de manera directa o indirecta. Se considera que

esta área de inundación sea aprovechada por los terrenos cercanos ya que llegan a ser de cultivo.



Fig. 34 “Áreas de inundación” (Elaboración propia)

Consecuencias de la urbanización en zonas de riesgo por inundación

Como es mencionado en el apartado anterior, no se encuentra urbanización cerca del cauce principal de la microcuenca, sin embargo, podría llegar a ser afectado la zona de cultivo que se muestra en la Fig. 35 “Cultivos cercanos a la presa Santa Catarina” si llegara una lluvia extrema, abarcando mayor espacio que el mostrado con anterioridad, aunque es muy poco probable que esto pueda llegar a pasar.



Fig. 35 “Cultivos cercanos a la presa Santa Catarina” (Elaboración propia)

Visualización de cambios en el uso del suelo

Durante el recorrido al ser un tramo de casi 1 km de distancia, en la mayor parte no llega a cambiar el tipo de suelo o bien su uso. Al llegar a la presa Santa Catarina se observa que el suelo se encuentra lleno de flora, pero en sí el tipo de suelo sigue siendo el mismo solo que se encuentra más húmedo por su proximidad a la presa.

Capitulo VIII Conclusiones y Recomendaciones

Visita Dren Peñuelas

Ya al finalizar la visita e inspección al Dren Peñuelas se encontraron varias oportunidades para reforzar el dren, algunas de ellas fueron: aumentar el radio hidráulico, instalación de barandales de protección para la comunidad, mantenimiento preventivo al dren.

De la misma manera se encontraron varios problemas preocupantes en el dren, como: la falta de estructuras para poder disipar la energía del agua, hay descargas laterales en el dren por debajo de la tirante normal, lo que obliga a tener remansos provocando salidas de agua en bocas de tormenta y coladera, descargas residuales de la comunidad.

Al tener todas las observaciones al seguir el indicio propuesto se dieron las siguientes recomendaciones:

- Limpieza y desazolve del primer tramo del Dren.
- Desalojar asentamientos irregulares.
- Realizar levantamiento topográfico para obtener información precisa.
- Remodelación de cruces peatonales por la alcantarilla que llegan a tener, este con el motivo de la obstrucción del área hidráulica normal.
- Remodelar la parte inferior de las paredes del dren.
- Proponer estructuras complementarias y faltantes necesarias para esta zona.
- Rehacer el cálculo de la capacidad hidráulica y del gasto.
- Monitorear el remanso que se pueda provocar en el dren para alertar a la población.
- Creación de tanque regulador aprovechando el terreno natural tipo c y el desnivel.
- Transportar o mover árboles que llegan a invadir el área hidráulica del dren.
- Hacer una caída para incrementar área hidráulica en el puente alcantarilla.
- Incrementar lumbreras, cajones en el inicio del Dren.
- Implementar más torrenteras en las bocacalles.
- Incrementar áreas con barandales
- Estructuras repartidoras antes de la confluencia.
- No economizar en la infraestructura hidráulica
- Ejecutar análisis costo-beneficio para implementar las recomendaciones propuestas en este reporte.
- Inspeccionar el dren y sus obras de protección mínimo dos veces al año, antes y después de temporada de lluvia.
- No modificar el dren o su infraestructura sin la autorización de la CONAGUA.
- Ejecutar mejoras rápidas (si se necesita) para no tener desbordamientos, esto con el motivo de ser un plan preventivo para ejecutar las mejoras necesarias de una manera óptima.

- Al momento de estudiar el dren a fondo, presentar planes de operación para conservar la infraestructura del dren.

Visita del dren de la presa Santa Catarina

Al finalizar la visita e inspección al dren principal de la presa Santa Catarina se encontraron varias oportunidades para poder reforzar el dren. Algunas de ellas fueron limpieza, excavaciones en cierto derrumbes o adecuaciones para que el dren trabaje de manera adecuada.

De la misma manera se encontraron algunas preocupaciones en el dren, como la calidad del agua que se transporta del dren hacia la presa Santa Catarina y el bloqueo de ciertos lugares que llegan a afectar el caudal del dren.

Se realizaron las mediciones para poder observar como llegaba a cambiar el meandro, con ello se obtuvo la Tabla 9. “Probables variables que afectan un meandro” por mediciones en *Google Earth* y en la visita aplicada:

Año	B	A	L	o	Lc	Gc	r
2004	49.5027	47.3927	303.3695	32	125.1271	133.403	57.9808
2011	48.8614	46.8364	307.5011	35	103.8728	169.8842	39.916
2014	43.8253	41.9778	298.7971	18	127.9626	136.2066	79.7042
2021	42.0126	40.3601	306.9454	18	126.4979	130.5997	84.7785
2022	47.7962	46.3737	305.8409	19	125.1252	143.8707	68.6558
2023	59.45	57.75	328.12	26	132.62	163.44	55.38
Año	lambda	b1	b2	MI	b	r/b	
2004	247.1348	1.31	2.91	219.2003	2.11	27.4790521	
2011	235.5096	1.375	2.675	183.694	2.025	19.7116049	
2014	231.7143	1.09	2.605	184.234	1.8475	43.1416509	
2021	234.5732	1.145	2.16	194.1387	1.6525	51.303177	
2022	236.2054	1.02	1.825	205.3932	1.4225	48.2641828	
2023	257.558	1.095	2.305	215.2545	1.7	32.5764706	

Tabla 9. “Probables variables que afectan un meandro” (Elaboración propia)

- B=Ancho del río
- A= Amplitud del meandro
- L=Longitud del río
- o= Angulo de desviación de un río
- Lc=Longitud de curvatura

- G_c = Grado de curvatura
- R = Radio de curvatura
- λ
- b_1 = Mitad del espesor del inicio del río
- b_2 = Mitad del espesor del final del río
- M_l =Longitud de onda del meandro
- b =Espesor del meandro
- r/b = amplitud de la curva

En la Fig. 36. “Análisis empírico de funciones ortogonales” se muestran como los 2 principales componentes llegan a explicar el 81.65% de la varianza de las características morfológicas del arroyo el madroño. En la Fig. 36 resultan mostrar 3 grupos según el comportamiento del arroyo. En el primer grupo se encuentran principalmente los espesores del río y del meandro incluyendo también el ángulo de desviación que llega a tener (b_1 , b_2 , b , α). En el segundo grupo se encuentran la amplitud de la curva, el radio de la curvatura y la longitud de la curva (L_c , r/b , R). Y finalmente se encuentran en el tercer grupo el grado de curvatura, el ancho del río, la amplitud del meandro, la longitud del río y la longitud de onda del meandro (G_c , B , A , L , M_l). Este análisis fue utilizado principalmente para poder priorizar las características del río. De esta manera se pueda apreciar de la Fig. 36. que el grado de curvatura, el radio de curvatura y el ángulo de la desviación de un río, son aquellas características que llegan a ser las que más influencia tienen.

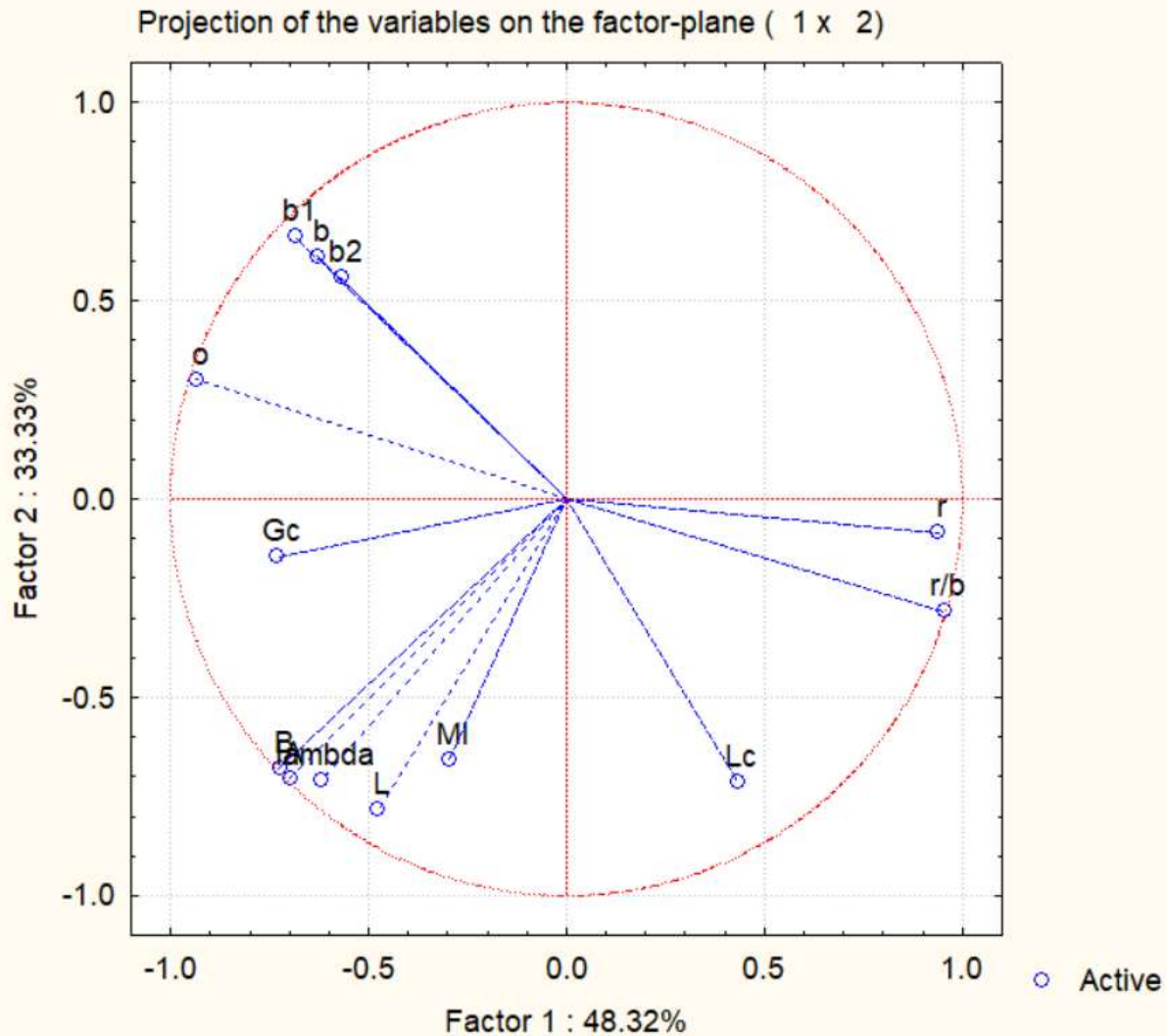


Fig. 36. "Análisis empírico de funciones ortogonales" (Elaboración propia)

Ya terminada la visita y la investigación se trabajó en el índice propuesto y se obtuvieron las siguientes recomendaciones:

- Limpieza en el dren por sedimentos naturales y basura.
- Retiro de material sedimentario.
- Retirar infraestructura innecesaria que se encuentra invadiendo el dren.
- Realizar estudios de calidad de agua de la presa Santa Catarina.
- Realizar levantamientos topográficos en el lugar para obtener información más precisa.
- Ejecutar excavaciones en derrumbes que se encuentran en el dren.
- Instalación

- Mover flora que se encuentra en el dren que invaden el área hidráulica del mismo.
- Presentar planes para PODER conservar las obras que sean necesaria para la estabilidad del cauces y el control de las avenidas. En este caso se buscaría ejecutar una obra de cruce en la avenida, para que el caudal pase de manera rápida y sencilla.
- Observar a través de los años como funciona el área de inundación que se encuentra cerca del dren.
- No economizar en la estructura hidráulica del dren.
- Inspeccionar la obra antes y después de la temporada de lluvias.
- Ejecutar mejoras rápidas (si se necesita), esto con el motivo de ser un plan preventivo para ejecutar las mejoras necesarias de una manera óptima.
- No modificar el dren o su infraestructura sin la autorización de la CONAGUA.
- Ejecutar un estudio hidrológico completo de la microcuenca.
- Construir muros de contención para no afectar la agricultura que se encuentra cerca.

Anexos

Definición de zonas urbanas, semiurbanas, periurbanas, industriales y de servicios. Artículo 50 de la ley del derecho de servicio (programa de desarrollo urbano municipales y estatales).

Zonas Urbanas

Zona el cual tiene más 2500 personas de habitantes. Además de ello son las áreas de territorio el cual tiene un plan de ordenamiento territorial, redes primarias como energía, alcantarillado y acueducto.

Zonas semiurbanas

Son las zonas en que van en camino a ser una población urbana, es cuando ya va a alcanzar a un tamaño de población para ser definida como urbana, esto sucederá si se inclina más hacia la ciudad en lugar del campo

Zonas periurbanas

Son aquellos espacios contiguos que sirven de interface entre lo urbano y lo rural, por lo que son espacios donde se mezcla la ciudad y el campo.

Zonas industriales

Es el área que se encuentra exclusivamente para las industrias, que son autorizadas y urbanizadas, son organizados por un organismo público descentralizado, desconcentrado o por un fideicomiso público.

Zonas de servicio

Conjunto de instalaciones portuarios y zonas de agua o de tierra, el cual está destinada a la prestación de los servicios.

Casos de jurisprudencia en materia fluvial

Municipio de Xaltocan, estado de Tlaxcala

La Ley General de Asentamientos Humanos tiene como objetivo fijar las normas conforma a que la federación, los estados y los municipios participen en el ordenamiento territorial, desarrollo urbano del centro de población y los asentamientos humanos, con el objetivo de cumplir los planes y programas nacionales, estatales y municipales. Se menciona que los municipios están facultados para controlar, autorizar y vigilar el uso del suelo, en sus jurisdicciones territoriales, así para otorgar permiso para construcciones. Por lo tanto, para los municipios no es irrestricto, pues ya que cuenta con los lineamientos y las formalidades señaladas de las leyes federales y estatales.

Guadalajara Jalisco

Se llega a advertir que la sociedad y el estado se encuentra interesado en realizar actividades municipales por el bien colectivo, además que dicho plan es para ordenar los asentamientos humanos y establecer usos, medidas adecuadas y reservas para el correcto ordenamiento territorial, para regular el crecimiento de los centros de población. En consecuencia, se concedió una suspensión provisional contra el plan mencionado. Se menciona que si se ejecutara dicho plan el municipio se privaría de sus facultades para realizar tarea de urbanismo y planificación, así como las obligaciones correlativas, detrimento de la sociedad, y del propio nivel del gobierno provocando que se contravendrían disposiciones de orden público, y afectaría al interés social.

Normas oficiales mexicanas, pierden su vigencia

Se debe tener una vigencia de una Norma Oficial Mexicana a partir de los sesenta días naturales. Se implica que la publicidad de cancelación no es requisito imprescindible para la perdida de vigencia, pues que tal obligación está encaminada no en beneficio a la autoridad emisora, sino de los propios gobernados, el cual tendrá como principio el velar y proteger la garantía de seguridad jurídica y por lo tanto la autoridad administrativa no podrá sancionar a ningún particular por la inobservancia de una norma que por ministerio ha sido cancelada.

Decretos de veda y reservas

Los decretos de veda y reserva, son instrumentos administrativos que se establecen por causa de utilidad, modalidades o restricciones a la explotación, aprovechamiento de

aguas nacionales y otorgamiento de nueva concesión (CONAGUA,2014), se encuentran ejemplos a continuación.

Decreto que se supriman las vedas en las cuencas hidrológicas Río Papagayo 1, Río Papagayo 2, Río Papagayo 3, Río Papagayo 4, Río Petaquillas, Río Omitlán, Río Nexpa 1, Río Nexpa 2, Río La Arena 1 y Río La Arena 2, la cual pertenece a la Costa Chica de Guerrero y establecen zonas de reservas de agua nacionales superficiales para uso doméstico, público urbano, y ambiental o conservación ecológica en las cuencas hidrológicas, las cuales forman parte de la región hidrológica antes mencionada.

Decreto que se supriman las zonas de veda en las cuencas hidrológicas Salado, Cocula, Ahuacatlán, Atenguillo, Ameca Pijinto, Ameca Ixtapa A, Talpa, Mascota y Ameca Ixtapa B de la región hidrológica 14 Ameca y establecen las zonas de reserva de aguas nacionales superficiales para uso doméstico público urbano, ambiental o conservación ecológica en las cuencas hidrológicas, las cuales forman parte de la región hidrológica antes mencionada.

Decreto que se supriman las zonas de veda en las cuencas hidrológicas Río Ipala, Río Tomatlán A, Río Tomatlán B, Río San Nicolás A, Río San Nicolás B, Río Cuitzmala, Río Purificación y Río Marabasco A, de la región hidrológica 15 costa de Jalisco y establecen las zonas de reserva de aguas nacionales superficiales para uso doméstico público urbano, ambiental o conservación ecológica en las cuencas hidrológicas, las cuales forman parte de la región hidrológica antes mencionada.

Zonas de reserva (tipos)

En la Ley General del Equilibrio ecológico y la protección al ambiente se encuentran los tipos de zonas de reserva. Se dividen principalmente en las zonas núcleo y las de amortiguamiento. Las zonas núcleo tienen como objetivo la preservación de los ecosistemas mientras que las zonas de amortiguamiento buscan orientar las actividades de aprovechamiento para un desarrollo sustentable.

Zonas núcleo:

De protección

Son áreas de superficie protegidas las cuales tienen poca alteración por el ser humano, el ecosistema llega a ser frágil, tienes hábitats críticos y fenómenos naturales los cuales necesitan un cuidado especial.

De uso restringido

Son las superficies el cual se busca mantener el buen estado de conservación, o bien mejorarlas si es que se requiere. Se podrán realizar actividades de aprovechamiento, pero sin modificar los ecosistemas.

Zonas de amortiguamiento

De preservación

Son las superficies que se encuentran en buen estado, pero contienen ecosistemas frágiles, o fenómenos naturales, en las que se necesita un manejo específico para el desarrollo de las actividades.

De uso tradicional

Aquellas superficies en donde los recursos naturales son aprovechados de manera continua, sin que ocasionen alteraciones en el ecosistema. Se relacionan principalmente con la satisfacción de necesidades socioeconómicas y culturas de los habitantes.

De aprovechamiento sustentable de recursos naturales

Son superficies en la que los recursos naturales son aprovechados, pero por motivos de uso y conservación a largo plazo de los ecosistemas, se realizan las actividades bajo un esquema de aprovechamiento.

De aprovechamiento sustentable de los ecosistemas

Son las superficies agrícolas, pecuarios y pesqueros.

De aprovechamiento especial

Son superficies reducidas, con presencia de recursos naturales que son necesarias para el desarrollo social y que son explotadas sin deteriorar el ecosistema, no debe modificar el paisaje, o causar un impacto negativo ambiental en los elementos naturales.

De uso público

Superficies que cuentan con atractivos naturales que tienen como fin la realización de actividades de recreaciones, en donde se puede mantener concentraciones de visitantes con los límites establecidos.

De asentamientos humanos

Superficies que se llevaron a cabo una modificación o desaparición del ecosistema original, debido al asentamiento humano.

De recuperación

Superficies que fueron alterados severamente, por lo cual se busca ejecutar un programa de recuperación, por lo que se suspenderán las actividades que llevaron a cierta alteración.

Método de prueba Estándar para la Medición de Flujo de Agua en Canal Abierto, indirectamente por el Método sección pendiente.

Terminología

3.2.2 alfa (α)- Coeficiente de carga de la velocidad que representa la relación de la carga entre la velocidad verdadera y la velocidad calculada sobre la base de la velocidad media. Se asume que es igual a 1.0 si la sección transversal no está subdividida. Para subdividir secciones α se calcula de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{\sum \left(\frac{k_i^3}{A_i^2} \right)}{\frac{K_T^3}{A_T^2}}$$

Donde:

K y A = El medio de transporte y el área de la subsección indicado por el subíndice i , y

K_T y A_T = El medio de transporte y el área de todas las secciones transversales

3.2.3 Medio de transporte (K)- Una medida de la capacidad de carga de un canal y tiene sus dimensiones en pies cúbicos por segundo o metros cúbicos por segundo. El medio de transporte se calcula de la siguiente manera:

$$K = \frac{1.486}{n} * AR^{2/3}$$

Donde

n= Coeficiente de rugosidad de Manning

A= Área de la sección transversal, $ft^2(m^2)$ y

R=Radio hidráulico, ft (m).

Nota: 1-1.486= 1.00 Unidad SI

3.2.4 Sección transversal (numerada consecutivamente desde el orden aguas abajo)- representativa a un alcance del canal y posicionada lo más cercana posible a los ángulos derechos en dirección al flujo.

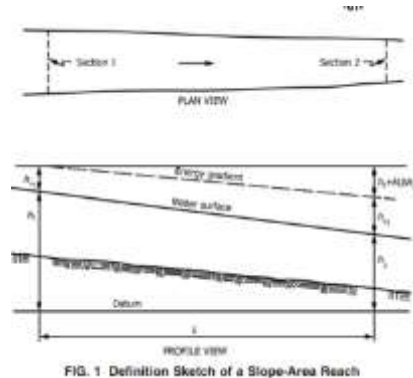


FIG. 1 Definition Sketch of a Slope-Area Reach

Deben estar definidos por coordenadas de distancia horizontal y elevación del suelo. Se deben obtener suficientes puntos para que la conexión en línea recta de las coordenadas debe ser descrita adecuadamente para la geometría de la sección transversal. Si hay rupturas importantes en el perfil de agua-alta es evidente, que las secciones transversales deben ubicarse en los descansos.

Área de la sección transversal (A)- Área del agua debajo de la elevación de superficie del agua que será calculado asumiendo una interpolación en línea recta entre

elevaciones en cada banco. El área se calcula como la suma de los productos de profundidad media multiplicada por el ancho entre estaciones de la sección transversal.

3.2.6 Perdida por fricción (h_f)- La pérdida debida a la fricción de frontera en el alcance y es equivalente a lo siguiente:

$$\Delta h + \Delta h_v - k(\Delta h_v)$$

Δh = La caída en el alcance

Δh_v = La carga de velocidad aguas arriba menos la carga agua debajo de la carga de velocidad

$k(\Delta h_v)$ = La pérdida de energía debido a la aceleración o desaceleración y a los remolines en un alcance que se contrae o se expande, donde k es un coeficiente de pérdidas de energía.

Todas las ecuaciones presentadas en este estándar están basadas en la suposición de que k es 0 por tramos de contracción y .5 para alcances en expansión

3.2.7 Caída (Δh)- La caída en la superficie del agua calculada como la diferencia en la elevación promedio de la superficie del agua en secciones transversales adyacentes.

3.2.8 Fricción de pendiente (S_f) – La pérdida de energía dividida por la longitud del alcance o:

$$S_f = \frac{h_f}{L}$$

Que se convierte:

$$S_f = \frac{\Delta h + \Delta h_v}{L}$$

Cuando Δh_v es negativo (por un alcance de contracción), o:

$$\frac{\Delta h + \frac{\Delta h_v}{2}}{L}$$

Cuando Δh_v es positivo (por un alcance de expansión).

3.2.9 Numero de Froude (F): Un índice del estado del flujo en el canal. En un canal prismático, el flujo es tranquilo o subcrítico si el número de Froude es inferior a 1.0 y es rápido o supercrítico si es mayor que 1.0. El número de Froude es calculado de la siguiente manera:

$$F = \frac{V}{\sqrt{gd_m}}$$

Donde:

V: Velocidad promedio en ft/s (m/s)

d_m : Profundidad promedio en la sección pendiente en pies, y

g=Aceleración de gravedad en ft/s/s (m/s/s)

3.2.10 Marcas de agua alta: La evidencia de la etapa más alta alcanzada por una inundación. Escombros, manchas, líneas de espuma y marcas de socavación son tipos comunes de marcas de agua alta. Pendientes de superficie de agua están determinados por las elevaciones de estas marcas.

3.2.11 radio hidráulico (R): definido como el área de una cruz sección o subsección dividida por el correspondiente mojado perímetro.

3.2.12 Coeficiente de rugosidad (n)—o n de Manning se usa en la ecuación de Manning. Coeficiente de rugosidad o n de Manning es una medida de la resistencia al flujo en un canal. Los factores que influyen en la magnitud de la resistencia al flujo incluyen el carácter del material del lecho, las irregularidades de la sección transversal, profundidad de flujo, vegetación y alineación del canal. A evaluación razonable de la resistencia al flujo en un canal depende de la experiencia de la persona que selecciona el coeficiente y la referencia a textos e informes que contienen valores para corrientes y condiciones de flujo similares

3.2.13 Carga de velocidad (h_v)- Calculado de la siguiente manera:

$$h_v = \frac{\alpha V^2}{2g}$$

Donde:

α = Coeficiente de carga de velocidad

V= Velocidad promedio en la sección pendiente en ft/s/s (m/s/s) y

g=Aceleración de gravedad en ft/s/s (m/s/s)

3.2.14 Perímetro mojado (WP): La longitud total del límite entre el lecho del canal y el agua para la sección transversal. Se calcula como la suma de la hipotenusa de los triángulos rectángulos definido por la distancia entre estaciones adyacentes de la sección transversal y la diferencia en las elevaciones del lecho

4 Resumen del método de prueba

4.1 El método de pendiente-área se utiliza para determinar indirectamente la descarga a través de un tramo de canal, generalmente después de una inundación, usando la evidencia dejada por el evento y las características físicas del alcance del canal. Se hace un estudio de campo para determinar distancias entre y elevaciones de marcas de marea alta y para definir secciones transversales de la corriente. Estos datos se utilizan para calcular la caída en la superficie del agua entre secciones y propiedades seleccionadas de las secciones. Esta información se utiliza junto con la n de Manning en la ecuación de Manning para calcular la descarga, Q. La ecuación de Manning en términos de descarga, Q, es el siguiente:

$$Q = \frac{1.486}{n} * AR^{\frac{2}{3}} * S_f^{\frac{1}{2}} \text{ o } Q = KS_f^{\frac{1}{2}}$$

5. Significado y Uso

5.1 Este método de prueba es particularmente útil para determinar la descarga cuando no se puede medir directamente por algún tipo de medidor de corriente para obtener velocidades y con sondeo de pesos para determinar la sección transversal.

5.2 Incluso en condiciones óptimas, el personal disponible no puede cubrir todos los puntos de interés durante una gran inundación. El personal de campo no siempre puede

obtener resultados fiables de métodos directos si el escenario está subiendo o bajando muy rápidamente, si fluye el hielo o los escombros interfieren con las mediciones de profundidad o velocidad.

5.3 En las peores condiciones, los caminos de acceso están bloqueados, los teleféricos y los puentes pueden desaparecer, y el conocimiento de la inundación frecuentemente llega demasiado tarde para obtener mediciones directas del caudal. Por lo tanto, algún tipo de medición indirecta es necesario. El método pendiente-área es un método comúnmente utilizado.

6. Aparatos

6.1 El equipo generalmente utilizado para una “visita de campo” Se recomienda encuesta. El ingeniero podría llevar: teodolito electrónico, un nivel con círculo de acimut, equipo más nuevo que usa circuitos electrónicos, u otros instrumentos topográficos avanzados pueden ser usado. Varillas de nivel estándar, una varilla de nivel telescópica de 25 pies (7,6 m), niveles de varilla, niveles de mano, cintas de acero y metálicas, líneas de etiquetas (pequeños alambres con marcadores fijados en espacios conocidos), de colores vivos, estacas topográficas, una cámara (preferiblemente estéreo) con la película, el medidor de luz y un amplio papel para notas son elementos necesarios.

6.2 El equipo adicional que puede acelerar un levantamiento incluye hachas, palas, una máquina de dibujo portátil, un bote con remos y motor, botas de cadera, botas, impermeables, clavos, sondeo equipo, radios de dos vías, escalera y cuerda.

6.3 El equipo de seguridad debe incluir chalecos salvavidas, primeros auxilios botiquín, agua potable y navajas.

9 Procedimiento

9.1 La selección de un tramo de canal es la primera y probablemente el paso más importante para obtener resultados fiables. Alcances ideales rara vez existen; por lo que los diversos elementos en un alcance deben ser evaluados y comprometidos para que lo mejor que esté disponible llegue a estar seleccionado. La selección poco después del

9.1.3 Un tramo con flujo confinado a una forma aproximadamente a un canal trapezoidal es deseable porque los coeficientes de rugosidad han sido determinados para tales formas. Sin embargo, los canales compuestos, aquellos con flujo de desbordamiento, por ejemplo, se pueden usar si son debidamente subdividida en sub áreas que son aproximadamente trapezoidal.

9.1.4 Se prefiere un alcance recto que se contrae, pero para ambos rara vez existen condiciones en el mismo alcance. Sea o no un alcance que se contrae o se expande depende únicamente de la diferencia de la carga de velocidad (Δh_v) entre secciones. El alcance se está contrayendo si la diferencia en la carga de velocidad es negativa. El alcance se expande si la diferencia entre la velocidad y la carga es positiva.

9.1.5 Se supone que las secciones transversales llevan agua en acuerdo con el medio de transporte para cada parte de la sección. Por lo tanto, el canal para cierta distancia aguas arriba debe ser similar a la del alcance. Entonces la descarga será distribuida en relación con la profundidad, la rugosidad y la forma. Si en la sección aguas arriba se encuentra demasiado cerca de una curva pronunciada, un puente que constriñe el ancho, o una constricción natural, agua floja, o incluso un remolino puede ocupar parte de la sección; y la sección no será efectivo para transportar aguas río abajo en proporción al transporte calculado.

9.1.6 Los canales en áreas montañosas pueden ser muy peligrosos y empinados y puede tener caída libre sobre rápidos y cantos rodados. La ecuación de Manning no es aplicable cuando existe caída libre. Sin embargo, la caída libre puede o no estar indicada por los perfiles de aguas altas o por inspección del alcance. Secciones transversales pueden ubicar secciones para eliminar cualquier parte de un alcance en que se indica la caída libre. Si el tramo incluye tramos en que podría haber ocurrido la caída libre, las descargas calculadas no son confiables.

9.1.7 El alcance debe ser lo suficientemente largo para desarrollar una caída que está mucho más allá del rango de error en el método topográfico, en interpretaciones alternativas del perfil de la pleamar, o en incertidumbres relacionadas con el cálculo de la cabeza de velocidad. Un criterio sugerido es que la caída en el alcance debe ser de 0,5 pies (0,15 m) o más que la carga de velocidad en el alcance, o ambos.

9.2 Las secciones transversales representan la geometría de un tramo de canal. Por ejemplo: la sección 2 debe ser típica del tramo desde la mitad aguas arriba del tramo 1 hasta la mitad aguas abajo de la sección 3. Un mínimo de tres secciones transversales es altamente recomendado.

9.2.1 Ubique las secciones transversales en los principales quiebres de los perfiles de la superficie del agua. Para hacerlo, las marcas de marea alta deben trazarse en el campo, y un perfil para cada banco dibujado antes de las secciones son localizados y examinados. Varias marcas de agua alta cerca de los extremos de las secciones son deseables para definir las elevaciones de aguas altas en estos puntos.

9.3 El coeficiente de rugosidad, n , se asigna a una sección transversal o subdivisiones de una sección, pero la n seleccionada debe representar condiciones en el alcance parcial para el cual la sección es típico. Varios factores afectan la selección de un valor de n para un canal. Los factores más importantes son el tipo y tamaño de los materiales que componen el lecho y márgenes de un canal y la forma del canal. Técnicas de determinación de valores de n se dan en la mayoría de los textos sobre hidráulica. uno particularmente referencia útil utiliza fotografías y flujo descriptivo datos de canal para describir valores de n . Cowan desarrolló un procedimiento de estimación de los efectos de estos factores para determinar el valor de n para un canal. En este procedimiento, el valor de n se puede calcular de la siguiente manera:

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m$$

Numero de secciones transversales

$$2: Q = K_2 * \sqrt{\frac{\Delta h}{\frac{K_2 * L}{K_1} + \frac{K_2^2}{2gA_2^2} [-\alpha_1 \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 (1-K) + \alpha_2 (1-K)]}}$$

$$3: Q = K_3 * \sqrt{\frac{\Delta h}{\frac{K_2}{K_1} \left(\frac{K_3 * L_{1-2} + L_{2-3}}{K_1}\right) + \frac{K_3^2}{2gA_3^2} [-\alpha_1 \left(\frac{A_3}{A_1}\right)^2 (1-K_{1-2}) + \alpha_2 \left(\frac{A_3}{A_2}\right)^2 (K_{2-3} - K_{1-2}) + \alpha_3 (1-K_{2-3})]}}$$

Multiples (n)

$$Q=K_n \sqrt{\frac{\Delta h}{A+B}}$$

$$A=K_n^2 * \frac{L_{1-2}}{K_1 * K_2} + K_n^2 * \frac{L_{2-3}}{K_2 * K_3} + \dots + K_n^2 * \frac{L_{(n-2)-(n-1)}}{K_{(n-2)} * K_{(n-1)}} + K_n^2 * \frac{L_{(n-1)-n}}{K_{(n-1)} * K_n}$$

$$B=\frac{K_n^2}{A_n^2 * 2g} * [-\alpha_1 \left(\frac{A_n}{A_1}\right)^2 * (1 - K_{1-2}) + \alpha_2 \left(\frac{A_n}{A_2}\right)^2 (K_{2-3} - K_{1-2}) + \alpha_3 \left(\frac{A_n}{A_3}\right)^2 (K_{3-4} - K_{2-3}) + \dots + \alpha_{(n-1)} \left(\frac{A_n}{A_{(n-1)}}\right)^2 (K_{(n-1)-n} - K_{(n-2)-(n-1)}) + \alpha_n * (1 - K_{(n-1)-n})]$$

Fig. 3. Ecuaciones de descarga para el uso de mediciones sección pendiente

n_b = Un valor base de n para una recta, uniforme y suave canal en materiales naturales

n_1 =Un valor agregado para corregir el efecto del lecho de las irregularidades del canal

n_2 = Un valor para las variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal

n_3 = Un valor para las obstrucciones

n_4 = Un valor para la vegetación y las condiciones de flujo

m= Un factor de corrección para los meandros del canal

9.3.1 El valor n se determina seleccionando primero un valor base para un tramo de canal recto y de forma uniforme con material del lecho existente que forma el perímetro mojado y luego ajustándolo para otras condiciones que influyen en el flujo.

9.3.2 Las irregularidades del banco pueden agregar hasta 0.020 a la base n. Los cambios graduales tienen un efecto mínimo en n.

9.3.3 La vegetación puede causar un aumento en n de tanto como 0.040 dependiendo del porcentaje de la sección transversal ocupada por la vegetación, su tipo y densidad, y altura de crecimiento en relación con la profundidad del flujo

9.3.4 La profundidad del flujo generalmente no afecta el valor base de n. Para arroyos con lechos de guijarros o cantos rodados, n puede disminuir con un aumento de etapa si la rugosidad del banco es menor que la del lecho.

9.3.5 Obstrucciones tales como espaciadas irregulares o aisladas, los cantos rodados retrasarán el flujo más que los que son bastante uniformes distribuido, por lo tanto, se implica un valor más alto de n

9.3.6 Las curvas y codos en un canal probablemente aumentan n menos que 0.003 a menos que sean agudos. Las curvas cerradas deben ser evitadas

9.3.7 Características de flujo en situaciones de flujo serpenteante cambian abruptamente cuando los flujos de desbordamiento cruzan los meandros y siguen la dirección general del valle. El valor de n es sujeto a grandes aumentos, dependiendo de las condiciones de desborde intervinientes. Según Chow, los meandros pueden aumentar n valores de hasta el 30% donde el flujo está totalmente confinado dentro un canal.

9.3.8 Por ejemplo: el rango en la base n para una corriente con un lecho de grava limpia es de 0,028 a 0,035. Suponiendo un valor de 0.030 para este ejemplo, se agrega 0.003 debido al banco irregularidades, se agrega 0.010 para tener en cuenta la vegetación en el canal, y no se agrega nada porque la alineación del canal es casi recta y la profundidad del flujo no tiene ningún efecto. el valor n usado es 0.043.

9.3.9 Cuando dos o más personas del personal de campo seleccionan n valores, los valores nunca deben promediarse arbitrariamente. Discusión de las bases para la selección de cada uno se deben mantener en el campo y un valor de consenso acordado.

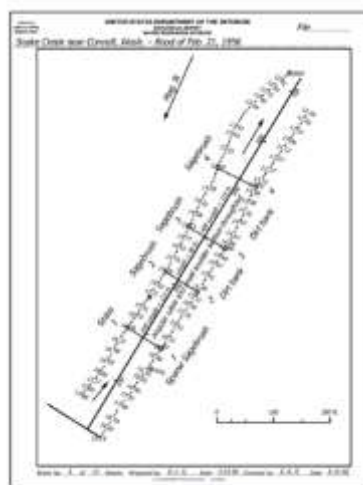


FIG. 4 Serriplo Slope-Area Computation, Plan View of Reach

10. Computación

10.1 Se deben realizar manualmente varios cálculos antes de que los datos estén listos para ingresarlos a un programa de computadora. o para continuar con los cálculos manuales. Cálculos a tres cifras significativas son todo lo que se justifica en esta prueba método. Los cálculos de descarga para uso en mediciones de pendiente-área se dan en la Fig. 3.

10.1.1 Después de verificar las notas de campo, la vista en planta (ver Fig. 4) y secciones transversales (ver Fig. 5) trazados, los perfiles dibujados (ver Fig. 6), y las secciones transversales ubicadas en el mismo, se calcula la caída, Δh , entre secciones transversales. Las elevaciones de la superficie del agua se determinan promediando las elevaciones para ambos bancos en cada sección transversal. El promedio aguas arriba de elevación menos la elevación promedio aguas abajo es la caída dentro del alcance. Los cálculos de caída se muestran en una hoja de perfil

10.1.2 La longitud del tramo entre secciones transversales es computarizado a partir del estacionamiento de los extremos de las secciones o por escalando la longitud en el plano siempre que el canal sea recto o casi recto. Si el canal es curvo y de casi uniforme profundidades, mida la longitud en la línea curva a lo largo del centro del canal Donde el canal principal está más cerca del exterior de la curva, use la longitud a lo largo del centro de la profundidad canal. Los cálculos de longitud también deben mostrarse en una hoja de perfil.

10.2 El cálculo manual del caudal tampoco es eficiente ni económico. Sin embargo, un conocimiento profundo de técnicas manuales de cálculo le dará al usuario una visión adicional de las interrelaciones de los diversos factores y una buena base para una evaluación confiable de la salida de la computadora.

10.2.1 Los cálculos de las propiedades de la sección transversal (área, perímetro mojado, radio hidráulico, transporte y el coeficiente de carga de velocidad) se pueden estandarizar usando formularios similares a los de la Fig. 7.

10.2.1.1 El área de una sección transversal se calcula mediante el método de la sección media para facilitar los cálculos informáticos. Este método de prueba utiliza secciones

parciales que tienen un área igual a la media de dos profundidades adyacentes multiplicada por la horizontal distancia entre ellos. Consulte la figura 8.

10.2.1.2 La sumatoria de las áreas para todas las secciones parciales, es el área total de la sección transversal.

10.2.1.3 El perímetro mojado o distancia inclinada entre dos puntos del suelo se calcula como la hipotenusa de un triángulo rectángulo con lados iguales a la distancia entre las estaciones y la diferencia en las elevaciones del lecho. Por ejemplo: el perímetro mojado entre las estaciones 11 y 12 de la sección 2 en la Fig. 7 es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de (12-11) y (14.0-11.6) o $(1^2 + 2.4^2)^{1/2} = (6,76)^{1/2} = 2,6$. Es más conveniente usar una tabla que enumera el aumento de la pendiente sobre la distancia horizontal para calcular el perímetro mojada. En la Tabla 1 para el ejemplo anterior, el ancho de la sección es 1 (12-11) y la diferencia en las elevaciones del fondo es 2,4 (14,0-11,6), el aumento de la distancia inclinada sobre la horizontal la distancia es 1.6 El perímetro mojado es por lo tanto (1 + 1.6) o (1 + 2.6).

10.2.1.4. El radio hidráulico, es igual al área dividida por el perímetro mojado como se muestra en la Fig. 9.

10.2.1.5 Un formulario similar al de la Fig. 9 agiliza el cálculo del transporte, K, y el coeficiente de la carga de velocidad α . Los cálculos son sencillos como se indica en el formulario en la Fig. 9. Para evitar el manejo de números muy grandes cuando calcular el factor K^3/a^2 mueve el punto decimal uno, dos o tres lugares a la izquierda. En la Fig. 9, se movió dos lugares para la zona y tres para el medio de transporte. Los cálculos también son simplificados si K^3/a^2 se calcula como $(K/a)^2 K$. Todos los cálculos deben ser revisado por una segunda persona familiarizada con el método.

10.2.1.6 El caudal se calcula suponiendo una descarga, cálculo de las cargas de velocidad, pérdida por fricción, pendiente, y una descarga calculada. Cuando la descarga supuesta es igual a la descarga calculada, usted tiene un resultado final. La ecuación en la Fig. 3 para dos secciones se pueden utilizar para calcular la descarga.

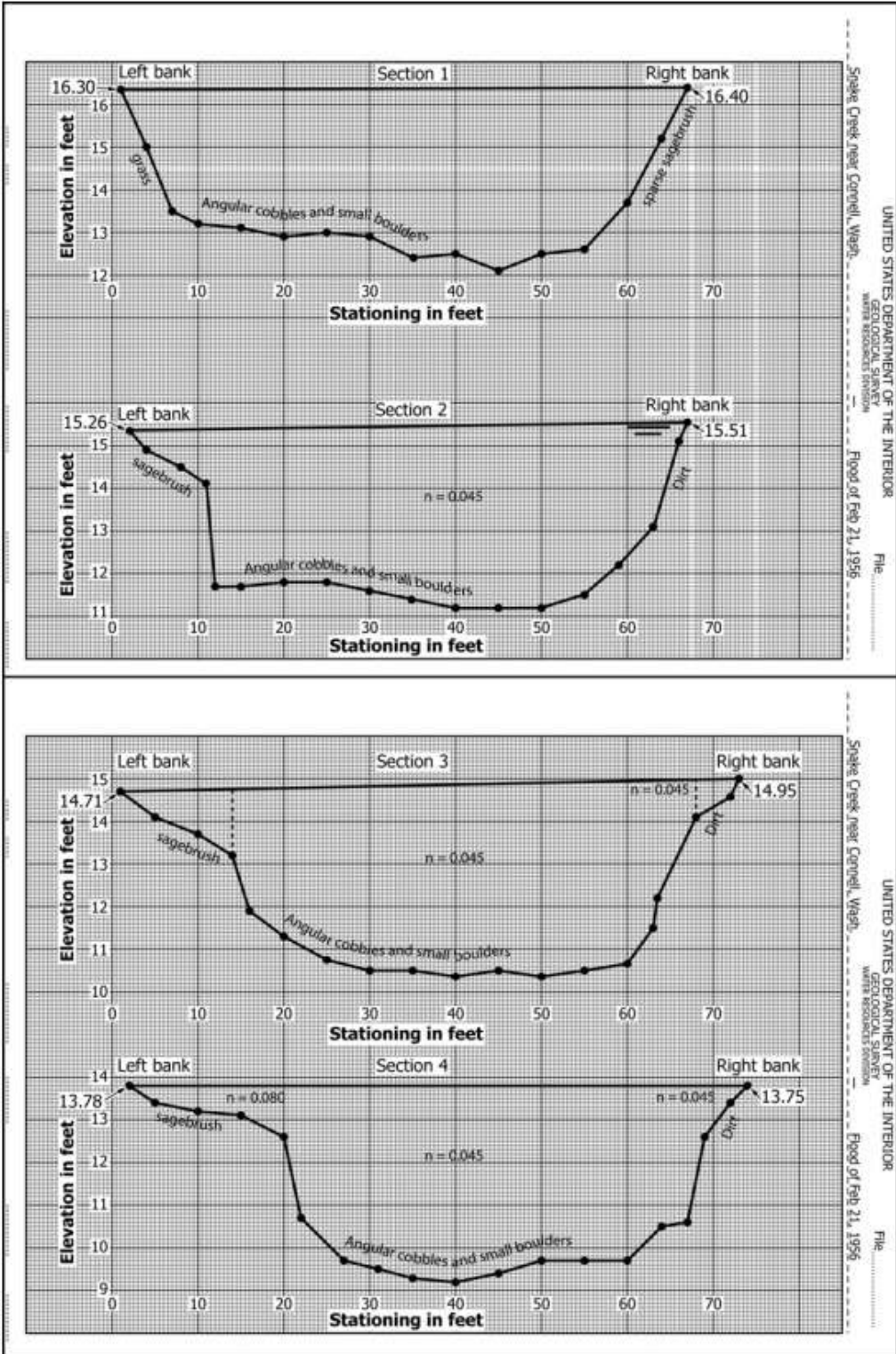
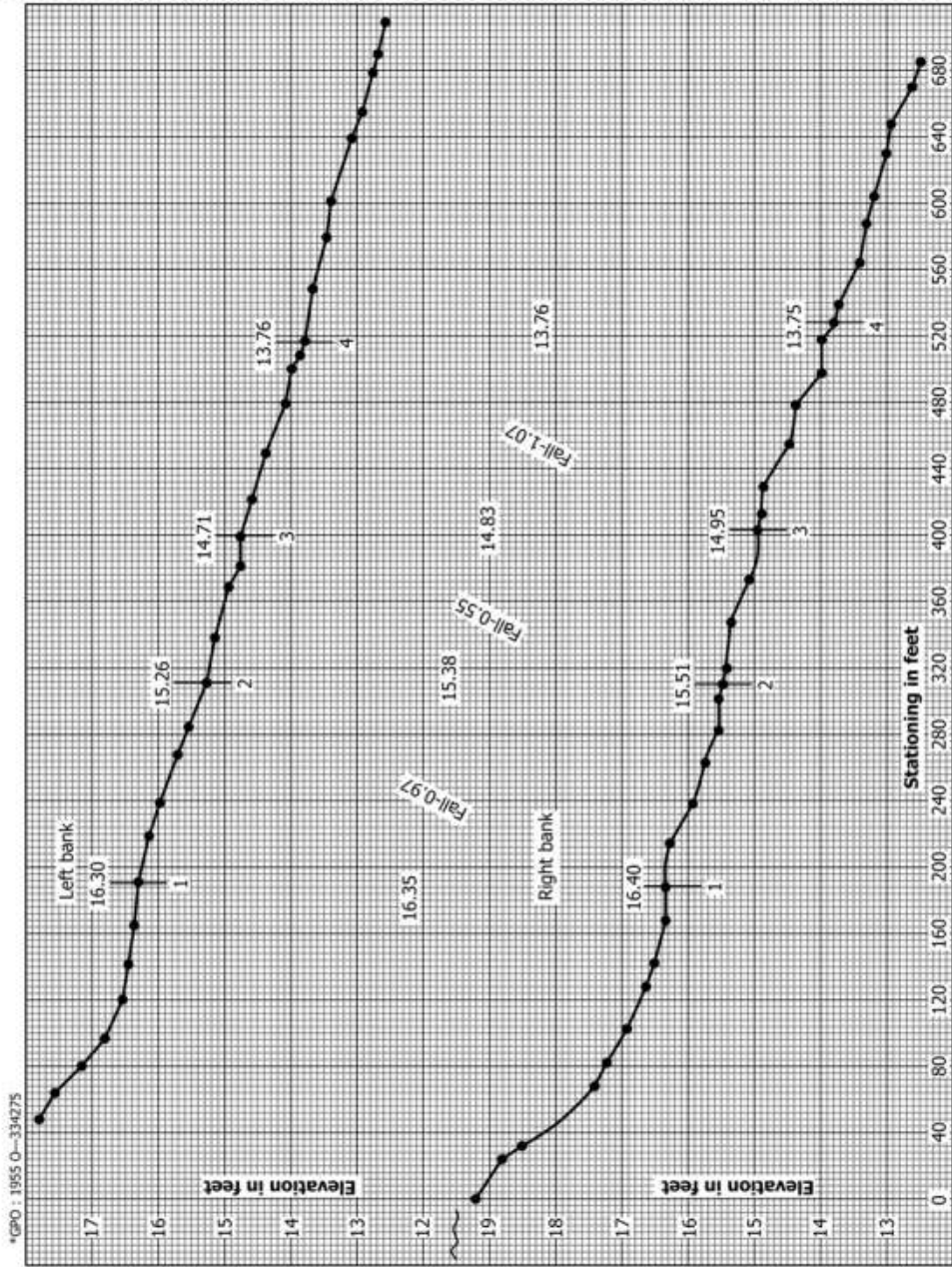


FIG. 5 Sample Slope-Area Computation, Cross Sections

Snake Creek near Connell, Wash.

-- Flood of Feb. 21, 1956



Sheet No. 4 of 13 Sheets. Prepared by ELS Date 3-19-56. Checked by EGP Data 5-14-56

FIG. 6 Sample Slope-Area Computation, High-Water Profile

8-2232 (Rev. 1-55) UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR
GEOLOGICAL SURVEY
Snake Creek near Connell, Wash. FLOOD OF Feb. 21, 1956

SECTION - 1

Sta.	Dist.	W.S. Elev.	Elev.	Depth	Max. Depth	Area	W.R.
L.R. 1	-	16.30	16.3	0	-	-	-
4	3		15.0	1.3	0.6	1.8	3.3
7	3		13.5	2.8	2.0	6.0	3.4
10	3		13.2	3.1	3.0	9.0	3.0
15	5		13.1	3.2	3.2	16.0	5.0
20	5		12.9	3.4	3.3	16.5	5.0
25	5		13.0	3.3	3.4	17.0	5.0
30	5	16.3	12.9	3.4	3.4	17.0	5.0
35	5	16.4	12.4	4.0	3.7	18.5	5.0
40	5		12.5	3.9	4.0	20.0	5.0
45	5		12.1	4.3	4.1	20.5	5.0
50	5		12.5	3.9	4.1	20.5	5.0
55	5		12.6	3.8	3.8	19.0	5.0
60	5		13.7	2.7	3.2	16.0	5.1
64	4		15.2	1.2	2.0	8.0	4.3
67	3	16.40	16.4	0	.6	1.8	3.2
66						207.6	67.3
67	-1						
66	-2						

$r = \frac{208}{67.3} = 3.09$

Sheet No. 7 of 13 sheets. Prepared by ELS. Date 3-27-56. Checked by EGP. Date 5-15-56.

8-2232 (Rev. 1-55) UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR
GEOLOGICAL SURVEY
Snake Creek near Connell, Wash. FLOOD OF Feb. 21, 1956

SECTION - 2

Sta.	Dist.	W.S. Elev.	Elev.	Depth	Max. Depth	Area	W.R.
L.R. 2	-	15.26	15.3	0	-	-	-
4	2	15.3	14.9	0.4	0.2	0.4	2.0
8	4		14.4	.9	.6	2.4	4.0
11	3		14.0	1.3	1.1	3.3	3.0
12	1		11.6	3.7	2.5	2.5	2.6
15	3		11.6	3.7	3.7	11.1	3.0
20	5		11.8	3.5	3.6	18.0	5.0
25	5	15.3	11.8	3.5	3.5	17.5	5.0
30	5	15.4	11.5	3.9	3.7	18.5	5.0
35	5		11.3	4.1	4.0	20.0	5.0
40	5		11.1	4.3	4.2	21.0	5.0
45	5		11.1	4.3	4.3	21.5	5.0
50	5	15.4	11.1	4.3	4.3	21.5	5.0
55	5	15.5	11.5	4.0	4.2	21.0	5.0
59	4		12.2	3.3	3.6	14.4	4.1
63	4		13.1	2.4	2.8	11.2	4.1
66	3	15.5	15.1	.4	1.4	4.2	3.6
67	1	15.51	15.5	0	.2	.2	1.1
65						202.8	58.5
67	-1						
65	-2						

$r = \frac{61}{9.0} = 0.68$

$r = \frac{203}{58.5} = 3.47$

Sheet No. 8 of 13 sheets. Prepared by ELS. Date 3-23-56. Checked by EGP. Date 5-15-56.

8-2232 (Rev. 1-55) UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR
GEOLOGICAL SURVEY
Snake Creek near Connell, Wash. FLOOD OF Feb. 21, 1956

SECTION - 3

Sta.	Dist.	W.S. Elev.	Elev.	Depth	Max. Depth	Area	W.R.
L.R. 1	-	14.71	14.7	0	-	-	-
5	4	14.7	14.1	0.6	0.0	1.2	4.0
10	5		13.7	1.0	.8	4.0	5.0
14	4	14.7	13.2	1.5	1.2	4.8	4.0
16	2	14.8	11.9	2.9	2.2	4.4	2.4
20	4		11.3	3.5	3.2	12.8	4.0
25	5		10.8	4.0	3.8	19.0	5.0
30	5		10.5	4.3	4.2	21.0	5.0
35	5		10.5	4.3	4.3	21.5	5.0
40	5	14.8	10.4	4.4	4.4	22.0	5.0
45	5	14.9	10.5	4.4	4.4	22.0	5.0
50	5		10.4	4.5	4.4	22.0	5.0
55	5		10.5	4.4	4.4	22.0	5.0
60	5		10.7	4.2	4.3	21.5	5.0
63	3		11.5	3.4	3.8	11.4	3.1
66	3		12.2	2.7	3.0	9.0	3.1
68	2		14.1	.8	1.8	3.6	2.8
72	4	14.9	14.6	.3	.6	2.4	4.0
73	1	14.95	15.0	0	.2	.2	1.1
72						212.1	55.4
73	-1						
72	-2						

$r = \frac{10.0}{13.0} = 0.77$

$r = \frac{212}{55.4} = 3.83$

$r = \frac{2.6}{5.1} = 0.51$

Sheet No. 9 of 13 sheets. Prepared by ELS. Date 3-27-56. Checked by EGP. Date 5-15-56.

8-2232 (Rev. 1-55) UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR
GEOLOGICAL SURVEY
Snake Creek near Connell, Wash. FLOOD OF Feb. 21, 1956

SECTION - 4

Sta.	Dist.	W.S. Elev.	Elev.	Depth	Max. Depth	Area	W.R.
L.R. 2	-	13.78	13.8	0	-	-	-
5	3	13.8	13.4	0.4	0.2	0.6	3.0
10	5		13.2	.6	.5	2.5	5.0
15	5		13.1	.7	.6	3.0	5.0
20	5		12.6	1.2	1.0	5.0	5.0
22	2		10.7	3.1	2.2	4.4	2.8
27	5		9.7	4.1	3.6	18.0	5.1
31	4		9.5	4.3	4.2	16.8	4.0
35	4		9.3	4.5	4.4	17.6	4.0
40	5		9.2	4.6	4.6	23.0	5.0
45	5		9.4	4.4	4.5	22.5	5.0
50	5		9.7	4.1	4.2	21.0	5.0
55	5		9.7	4.1	4.1	20.5	5.0
60	5		9.7	4.1	4.1	20.5	5.0
64	4		10.5	3.3	3.7	14.8	4.1
67	3		10.6	3.2	3.2	9.6	3.0
69	2		12.7	1.1	2.2	4.4	2.9
72	3	13.8	13.4	.4	.8	2.4	3.1
74	2	13.75	13.8	0	.2	.4	2.0
72						193.1	50.9
74	-1						
72	-2						

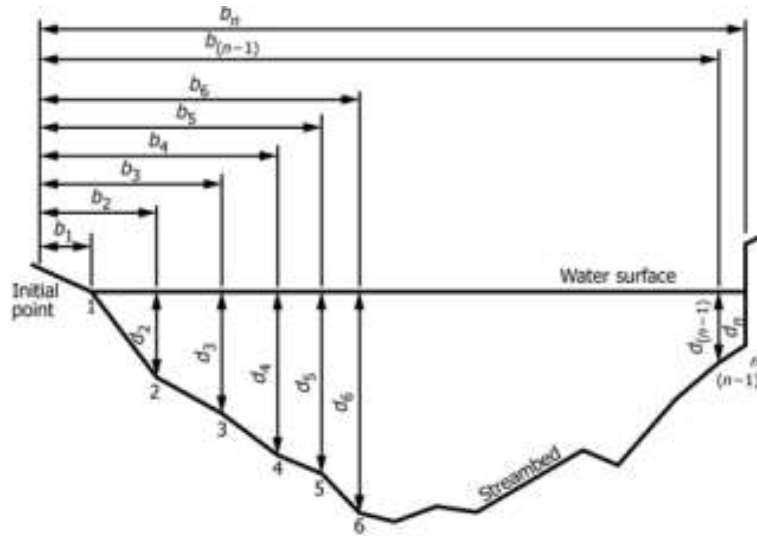
$r = \frac{11.1}{18.0} = 0.62$

$r = \frac{191}{50.9} = 3.79$

$r = \frac{2.8}{5.1} = 0.55$

Sheet No. 10 of 13 sheets. Prepared by ELS. Date 3-23-56. Checked by EGP. Date 5-15-56.

FIG. 7 Sample Slope-Area Computation, Cross-Section Properties



EXPLANATION

- 1, 2, 3,n Observation points
- $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ Distance, in feet, from the initial point to the observation point
- $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ Depth of water, in feet, at the observation point

FIG. 8 Definition Sketch of Midsection Method of Computing Cross-Section Area

UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR
GEOLOGICAL SURVEY
WATER RESOURCES DIVISION

9-183
Slope-area measurement
December 1960

File _____
Sheet No. _____

Slope-area measurement of Snake Creek near Connell, Wash.
(Miscellaneous site) for Flood of Feb. 21, 1956

Reach between sections	1-2	2-3	3-4	Gage height	—	ft
Length of reach (L), ft	121	90	119	Discharge, Q	1,380	cu ft
Fall in reach (Δh), ft	0.97	0.55	1.07	Drainage area	115	sq mi

SECTION PROPERTIES

Section	n	$\frac{L, \text{ft}}{n}$	s	r	r^2	$K_w, \frac{L, \text{ft}}{n} s^3$	K_w^2	$\frac{Q^2}{n}$	$\frac{Q^2}{n^3}$	v
1	STA. 1-67	0.45	33.0	208	3.09	2.12	14,550	1.00	1,380	6.64
2	2-11	0.80	18.6	61	.68	.77	90	0.196	8	1.31
	11-67	0.45	33.0	203	3.47	2.29	15,340	1.876	1,370	6.75
				209.1			15,430	1.870	1.04	
							842			
3	1-14	0.30	18.6	10.0	.77	.84	160	410	13	1.30
	14-68	0.45	21.2	3.83	2.45	2.140	1,122		1,360	6.42
	68-71	0.45	21.2	7.6	.51	.64	50	185	4	1.54
				224.6			17,350	1,122	1.08	
							1,075			
4	2-20	0.80	18.6	11.1	.62	.73	150	174	13	1.12
	20-69	0.45	21.2	3.79	2.43	2,480	1,986		1,360	7.05
	69-74	0.45	21.2	2.8	.55	.67	60	275	1.10	4
				206.9			15,690	1,986	1.01	
							1,901			

Weighted conveyance K_w	1-2 14,930	2-3 16,260	3-4 16,500
---------------------------	------------	------------	------------

COMPUTATION OF DISCHARGE

Reach	Assumed Q	$\frac{Q^2}{n^3}$	$\frac{Q^2}{n}$	$\frac{Q^2}{n^2}$	$\frac{Q^2}{n^3}$	Computed Q
1-2	1,330	0.55	0.019	0.951	0.00796	0.0887
2-3	1,320	0.58	0.065	0.82	0.0447	0.0804
3-4	1,460	0.52	-1.42	0.28	0.00700	0.0887

DISCHARGE (by formula) 1,380

Summary of factors influencing measuring conditions (floodmarks, surge, silt, fall, channel configuration, angle of flow, selection of n, etc.) _____

Sheet No. 11 of 12 Sheets. Prepared by RLS Date 3-19-56 Checked by EGP Date 3-14-56
U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE: 288-0-29829

FIG. 9 Sample Slope-Area Computation, Discharge

10.3 Los cálculos por computadora se pueden usar después de que los elementos en 10.1.1 y 10.1.2 han sido determinados. Estos datos se ingresan en un programa que calcula las propiedades de la sección, los medios de transporte, alfas, pendientes, pérdidas de carga y las descargas para todas las posibles combinaciones de 2, 3, ... n secciones transversales consecutivas, donde n es el número total de secciones transversales disponibles.

10.3.1 Los resultados inconsistentes entre las diversas combinaciones de secciones transversales consecutivas exigen un nuevo examen de interpretaciones de perfil, relaciones entre coeficientes de rugosidad y posibles errores en los datos de entrada. En general, la descarga calculada para todo el tramo de secciones múltiples debería ser usado.

TABLE 1 Increase of Slope Distance Over Horizontal Distance for Computing Wetted Perimeter^A

Difference in Elevation of Bottom, in feet	Width of Section, in feet ^B																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.4	0.1																			
0.5	0.1	0.1																		
0.6	0.2	0.1	0.1																	
0.7	0.2	0.1	0.1	0.1																
0.8	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1														
0.9	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1												
1.0	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1										
1.1	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1									
1.2	0.6	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1							
1.3	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1					
1.4	0.7	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1			
1.5	0.8	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
1.6	0.9	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
1.7	1.0	0.6	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
1.8	1.1	0.7	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
1.9	1.1	0.8	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2.0	1.2	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2.1	1.3	0.9	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2.2	1.4	1.0	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2.3	1.5	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
2.4	1.6	1.1	0.8	0.7	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
2.5	1.7	1.2	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2.6	1.8	1.3	1.0	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2.7	1.9	1.4	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2.8	2.0	1.4	1.1	0.9	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2.9	2.1	1.5	1.2	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
3.0	2.2	1.6	1.2	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
3.1	2.3	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
3.2	2.4	1.8	1.4	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
3.3	2.4	1.9	1.5	1.2	1.0	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
3.4	2.5	1.9	1.5	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
3.5	2.6	2.0	1.6	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
3.6	2.7	2.1	1.7	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3
3.7	2.8	2.2	1.8	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
3.8	2.9	2.3	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
3.9	3.0	2.4	1.9	1.6	1.3	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
4.0	3.1	2.5	2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4

^A To obtain wetted perimeter, add value from table to width.

^B One foot equals 0.3048 m.

11. Evaluación de resultados

11.1 Si la descarga se calcula manualmente o por computadora, se debe evaluar su confiabilidad. En esta sección se dan algunas consideraciones.

11.2 Los resultados consistentes de todos los subtramos de dos secciones pueden indicar una descarga fiable. Si el diferencial entre el subalcance vertidos supera el 25 %, el vertido debe clasificarse como pobre.

11.3 El caudal para un tramo en expansión se calcula usando k como 0.5. Para evaluar la sensibilidad del valor 0.5, recalculé la descarga usando k como 0 y como 1.0. Calcular el porcentaje distribuido de la siguiente manera:

$$\frac{Q_0 - Q_{1.0}}{Q} * 100$$

Si el spread es superior al 15 %, las pérdidas por expansión no han sido adecuadamente determinado; por lo tanto, la descarga calculada no es confiable

11.4 Compare los números de Froude en cada sección transversal.

11.4.1 Un cambio de un valor superior a 1,0 (supercrítico flujo) a uno menos de 1.0 (flujo subcrítico) indica la posibilidad de un salto hidráulico en el alcance. Tal alcance es sospechoso porque las pérdidas de energía no se determinan con precisión en este método de prueba.

11.4.2 Por el contrario, un cambio de subcrítico a supercrítico el flujo podría indicar una contracción o caída libre en el alcance. Ninguna de las condiciones se tiene en cuenta en este método de prueba, por lo que la descarga es cuestionable.

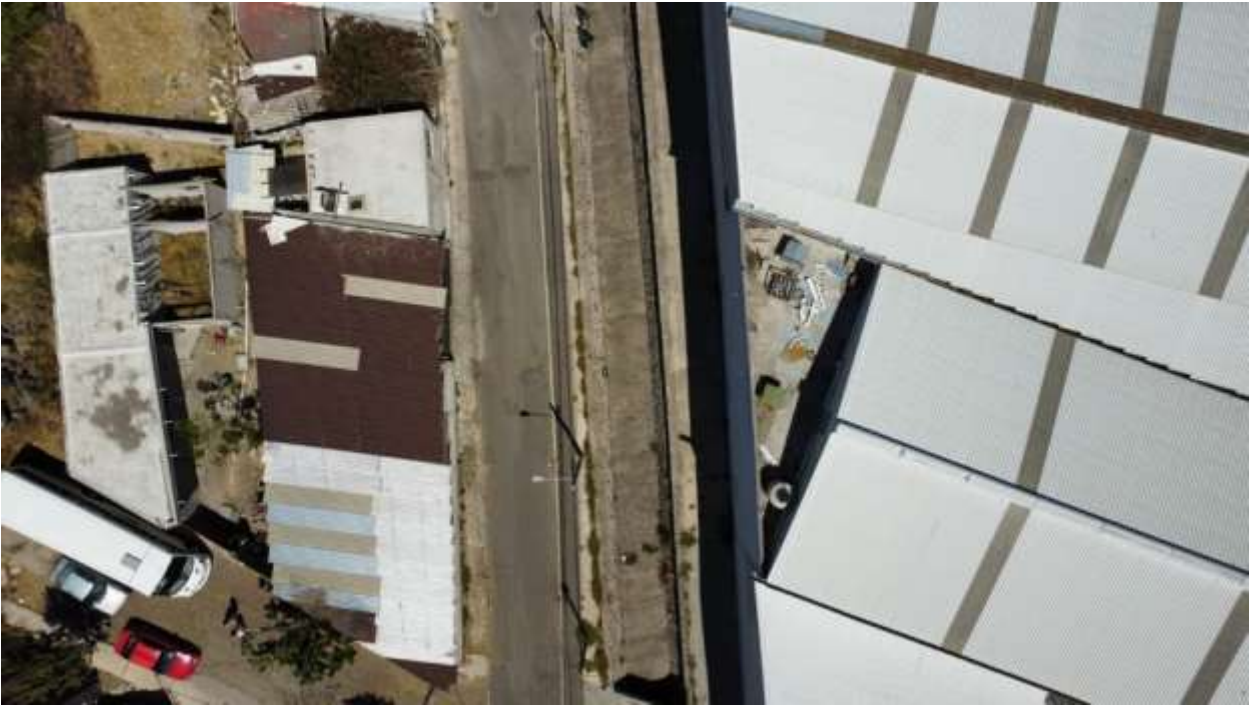
11.4.3 Si los números de Froude indican posibles problemas, volver a examinar los perfiles. Las caídas bruscas pueden confirmar las condiciones señaladas en 11.4.2. Una transición gradual de subcrítico a supercrítico es posible, y un perfil continuo y suave podría resultado, en cuyo caso la descarga calculada puede ser aceptada como válido.

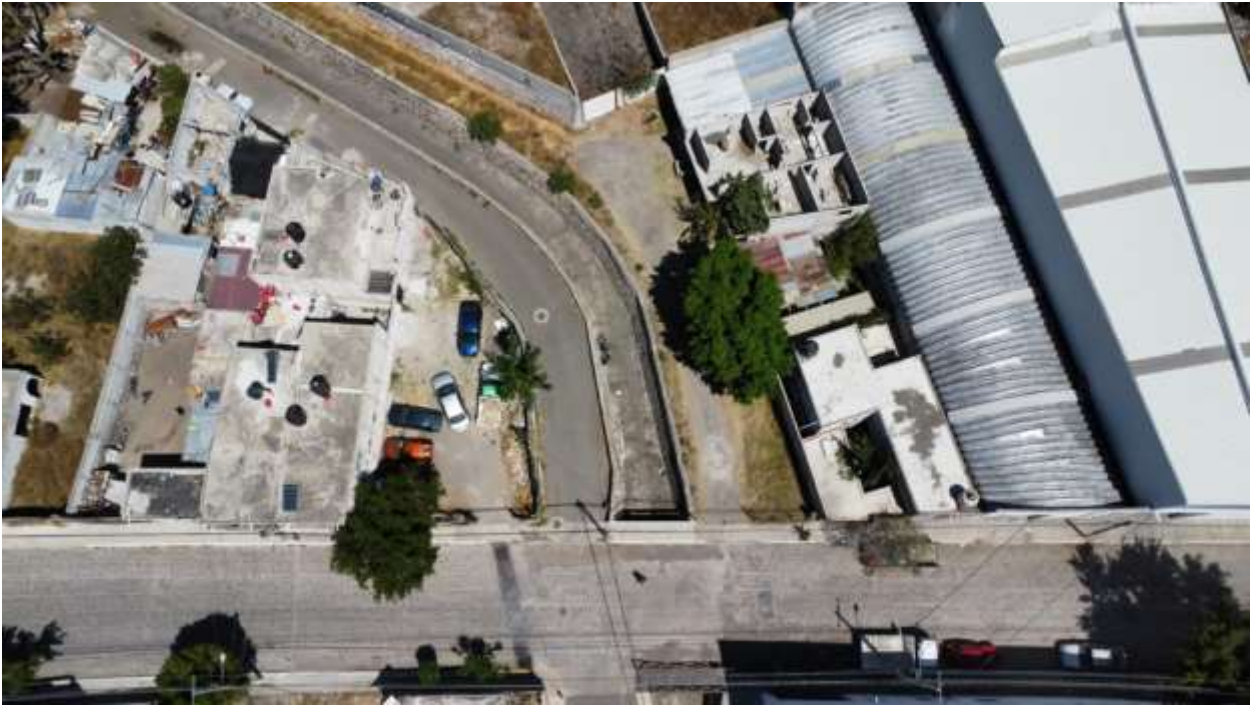
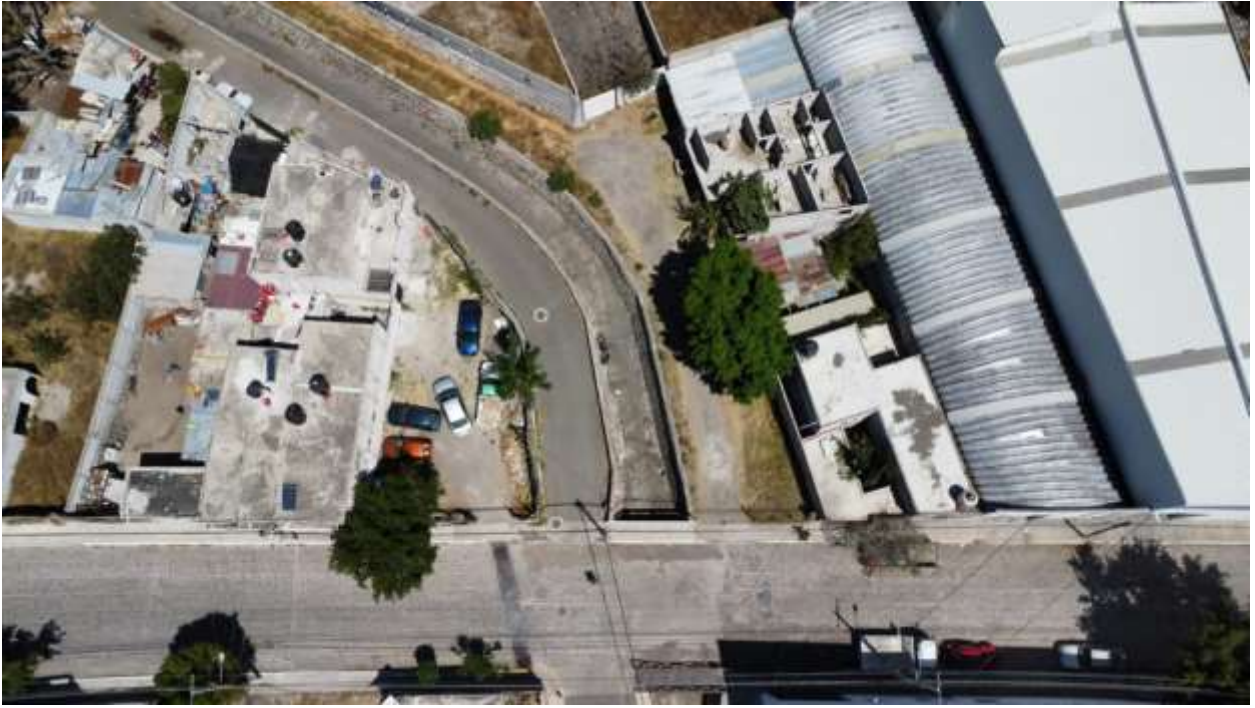
11.5 Otros factores son la estabilidad del cauce y los bancos, la adecuación de las marcas de marea alta, la cantidad de caída, la magnitud de la cabeza de velocidad con respecto a la caída, y si la vegetación fue arrastrada o no durante el flujo evento.

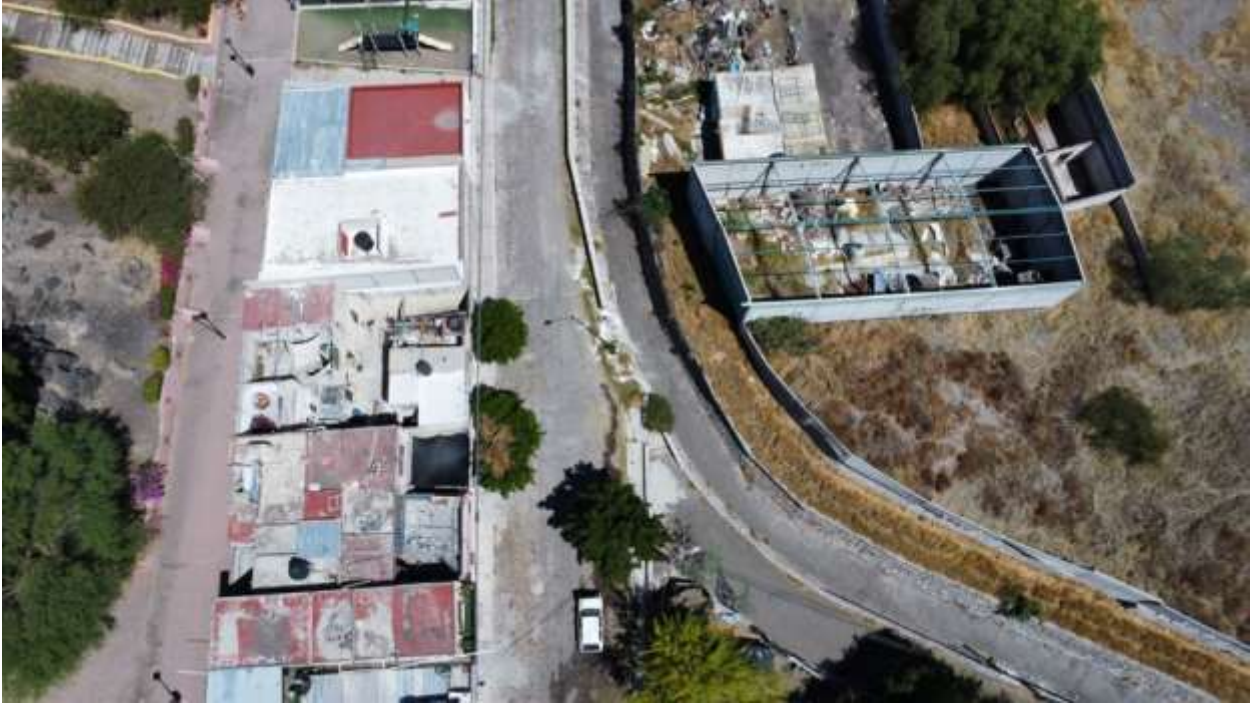
Fotos aéreas del recorrido

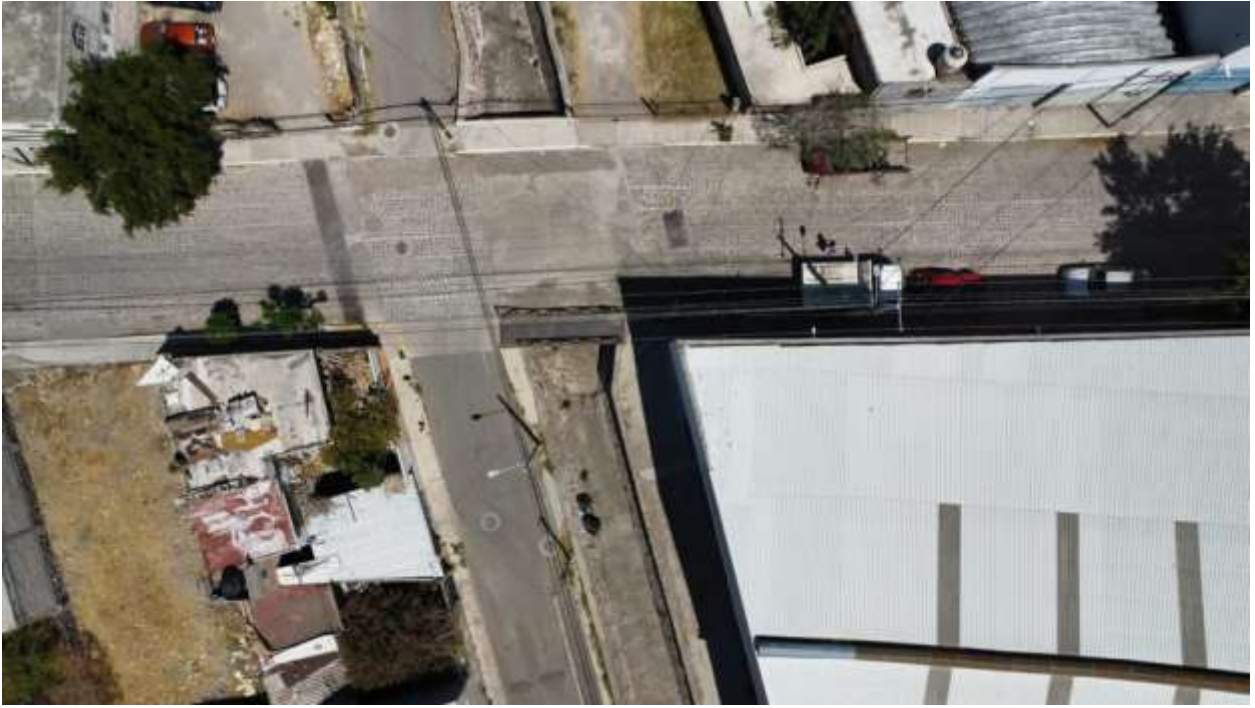


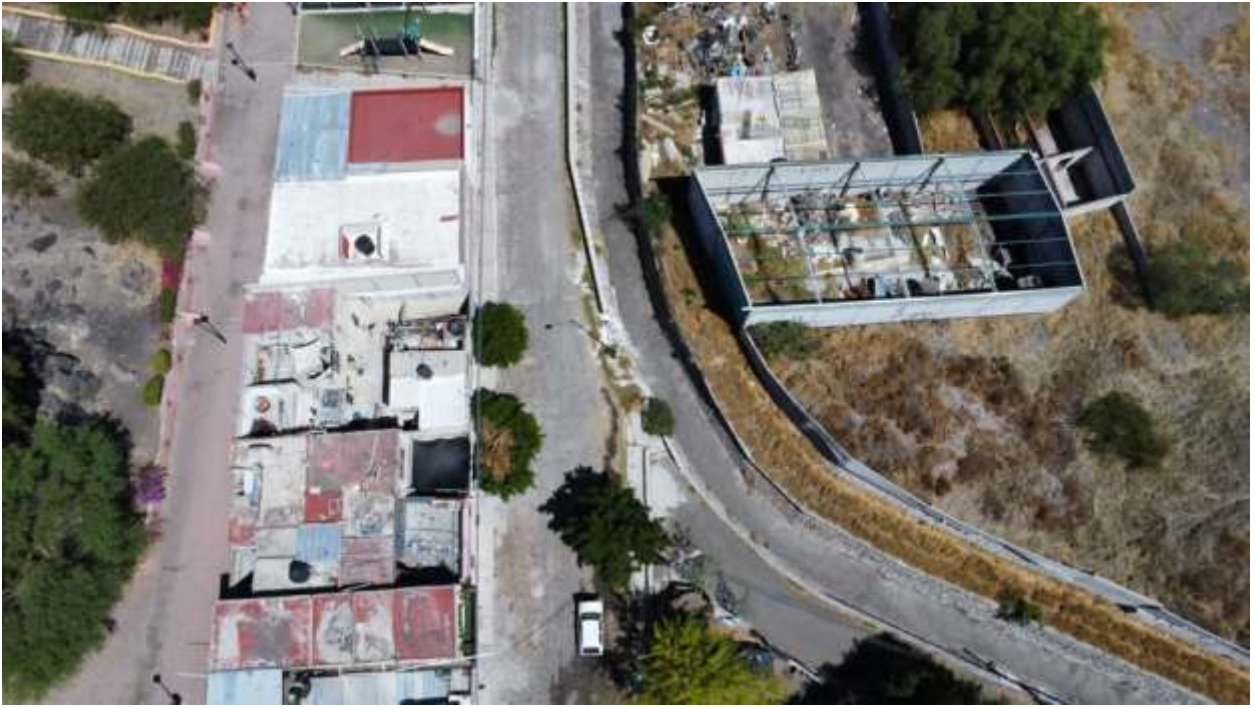










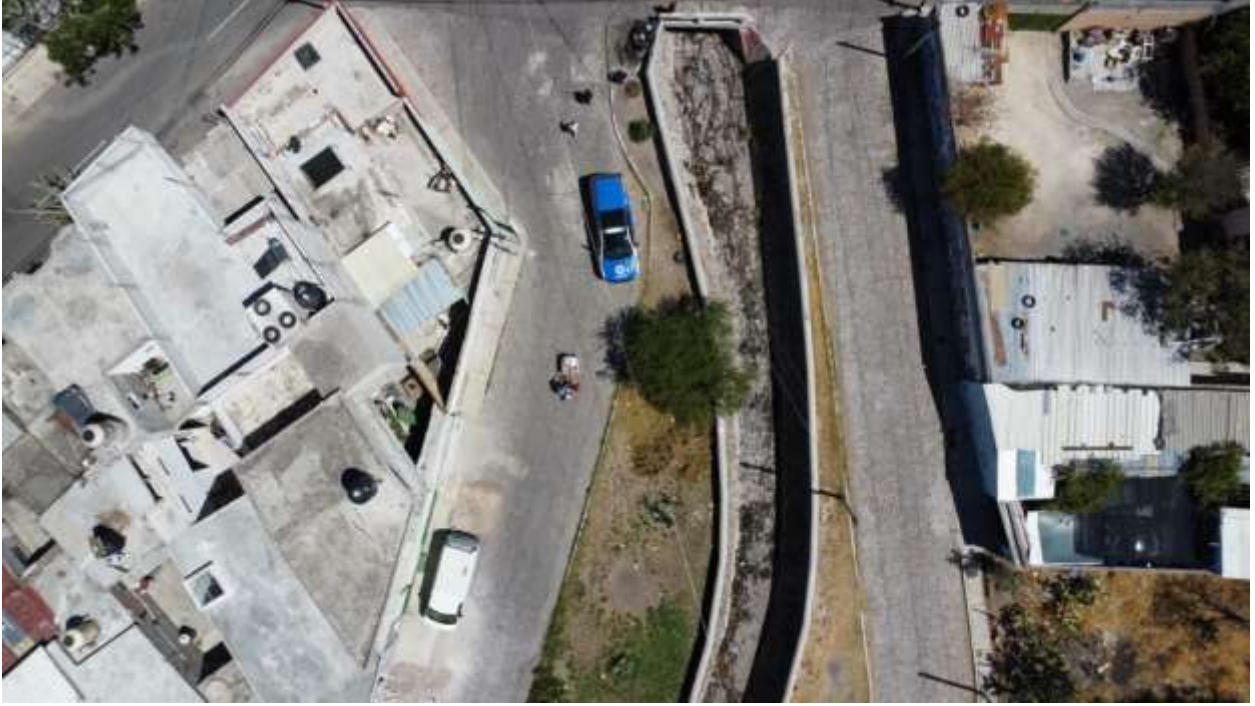












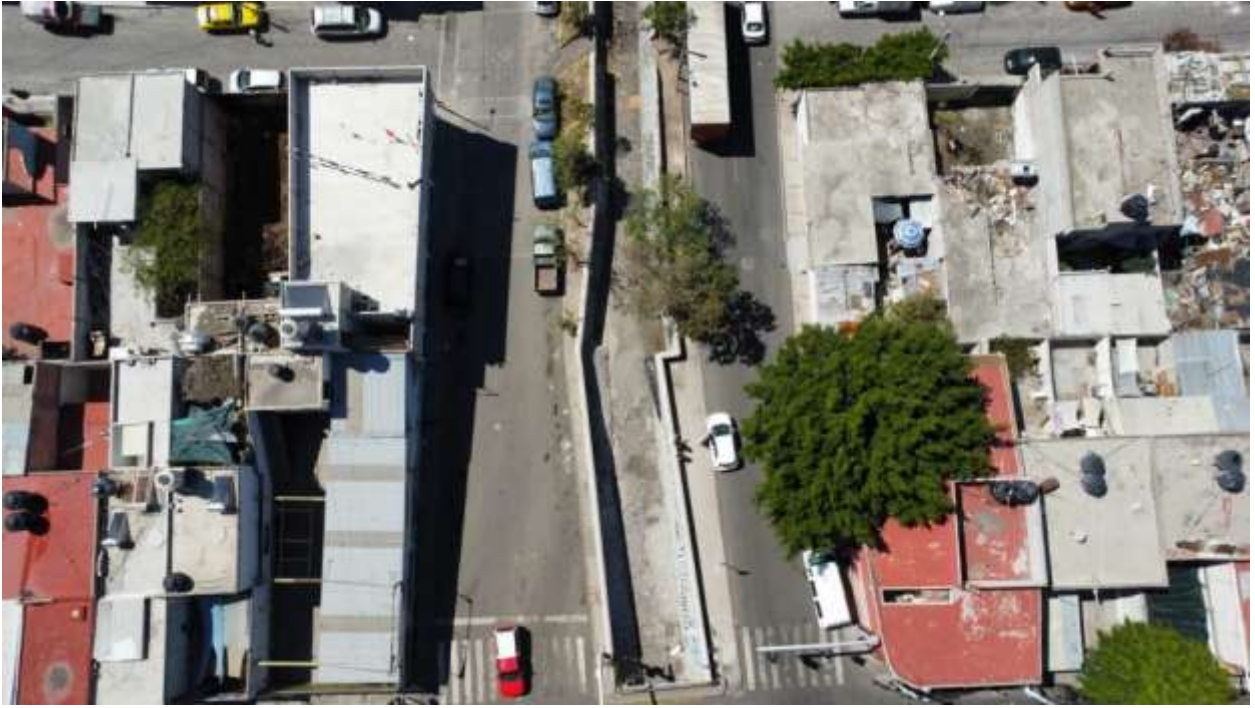




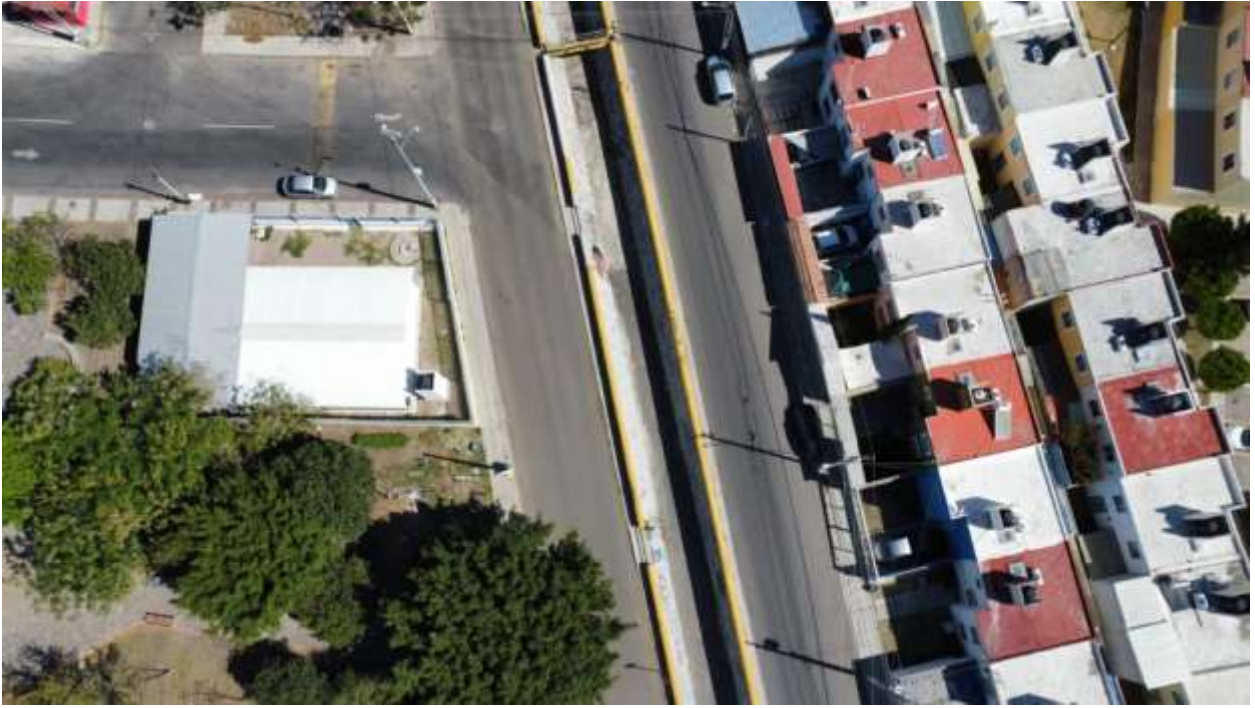




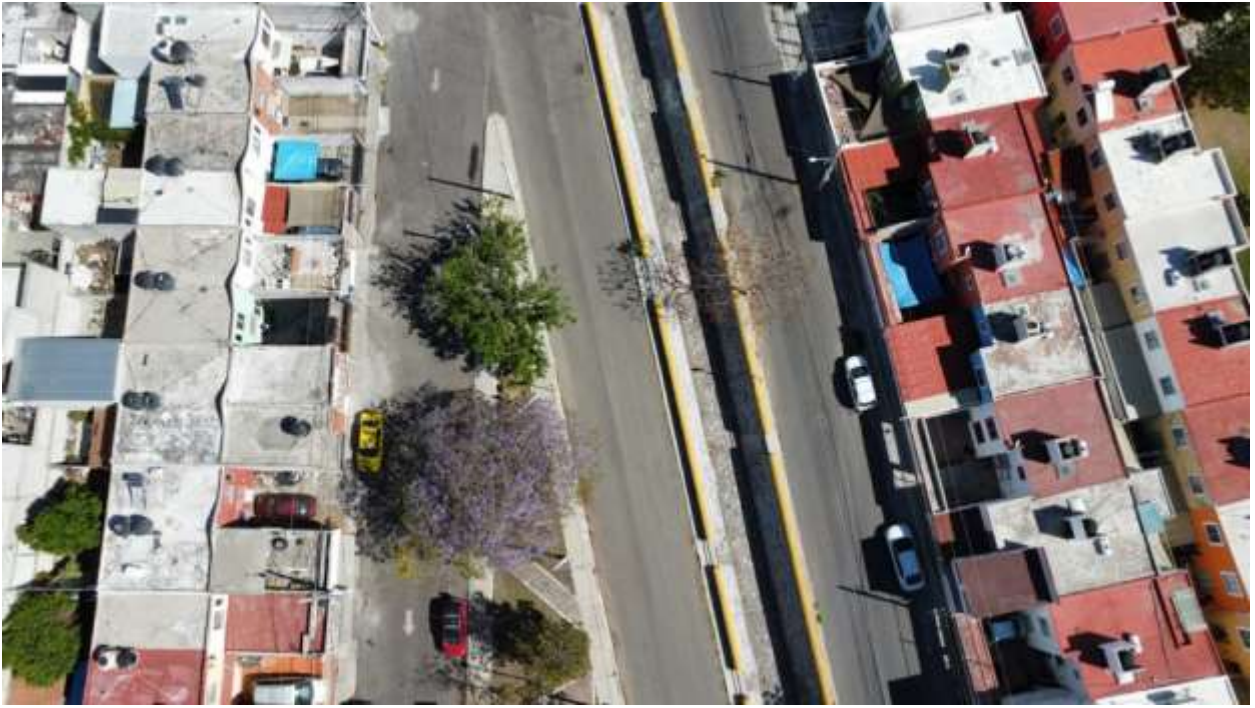


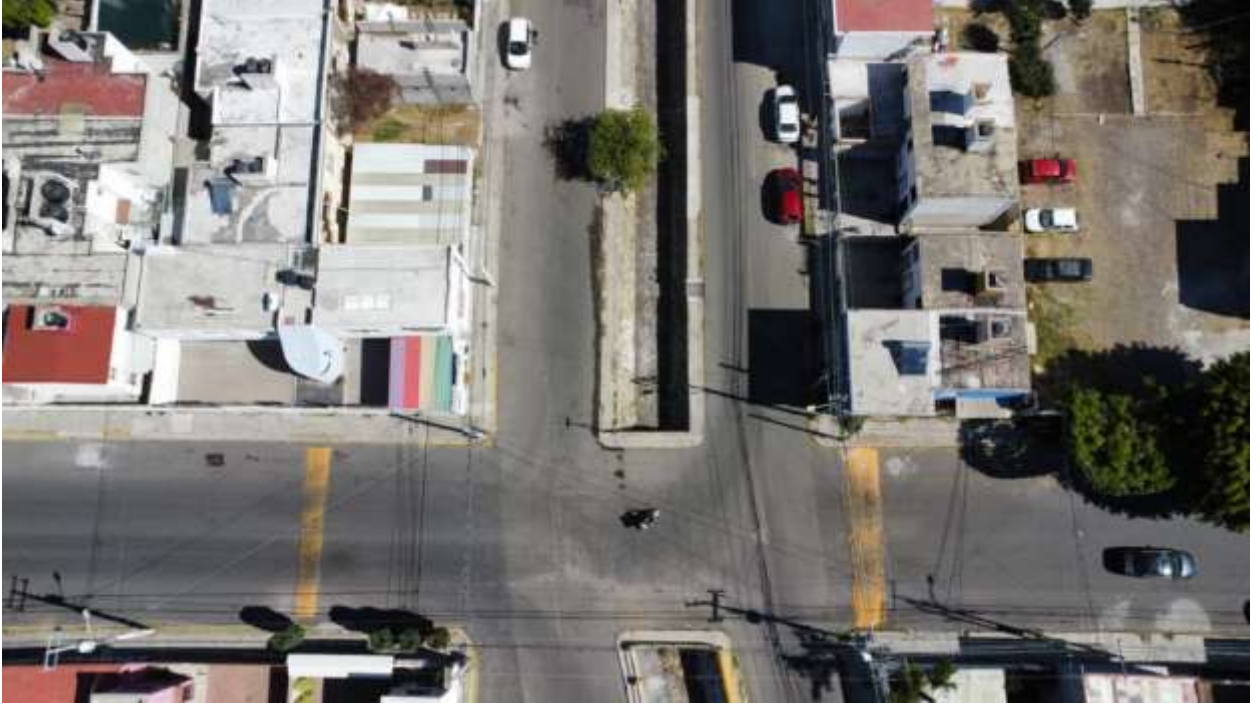






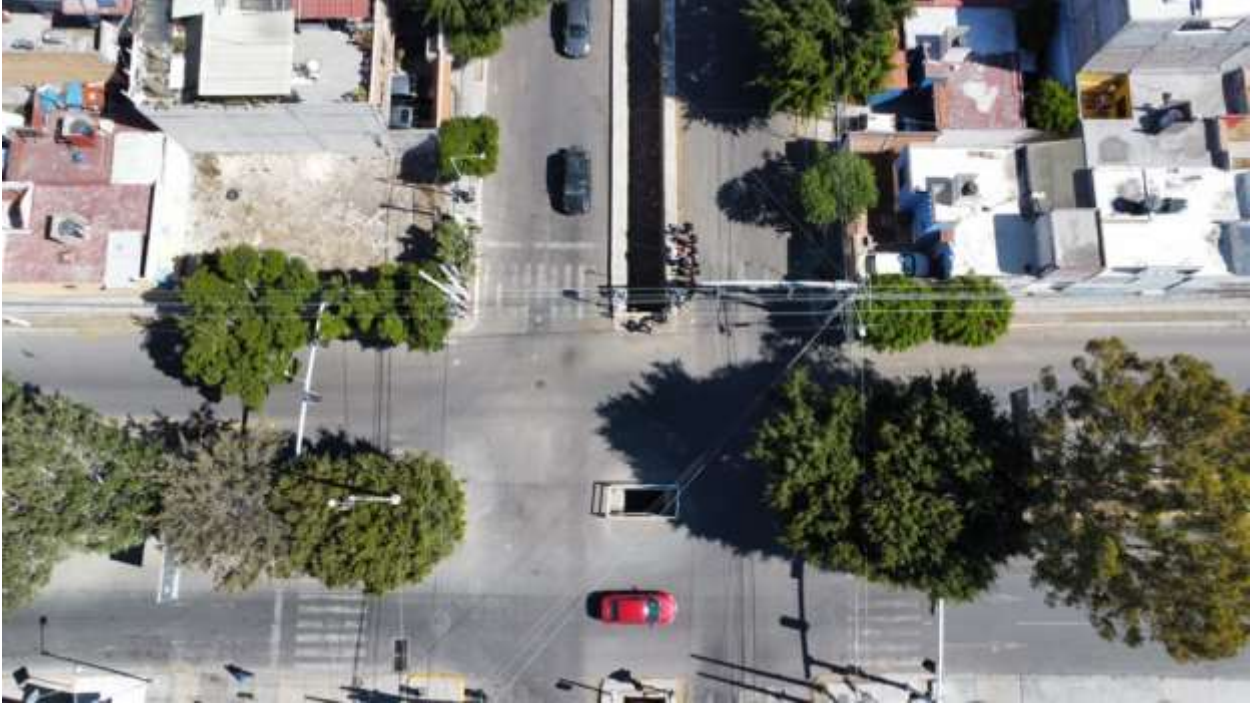


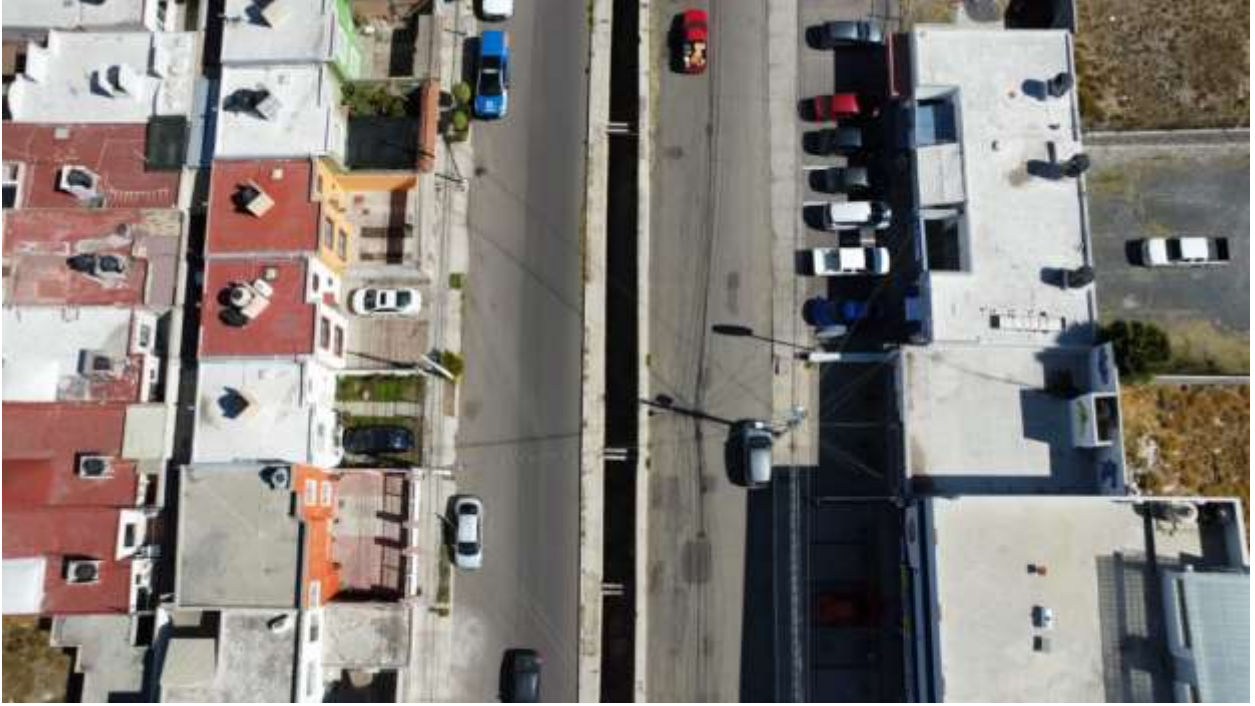




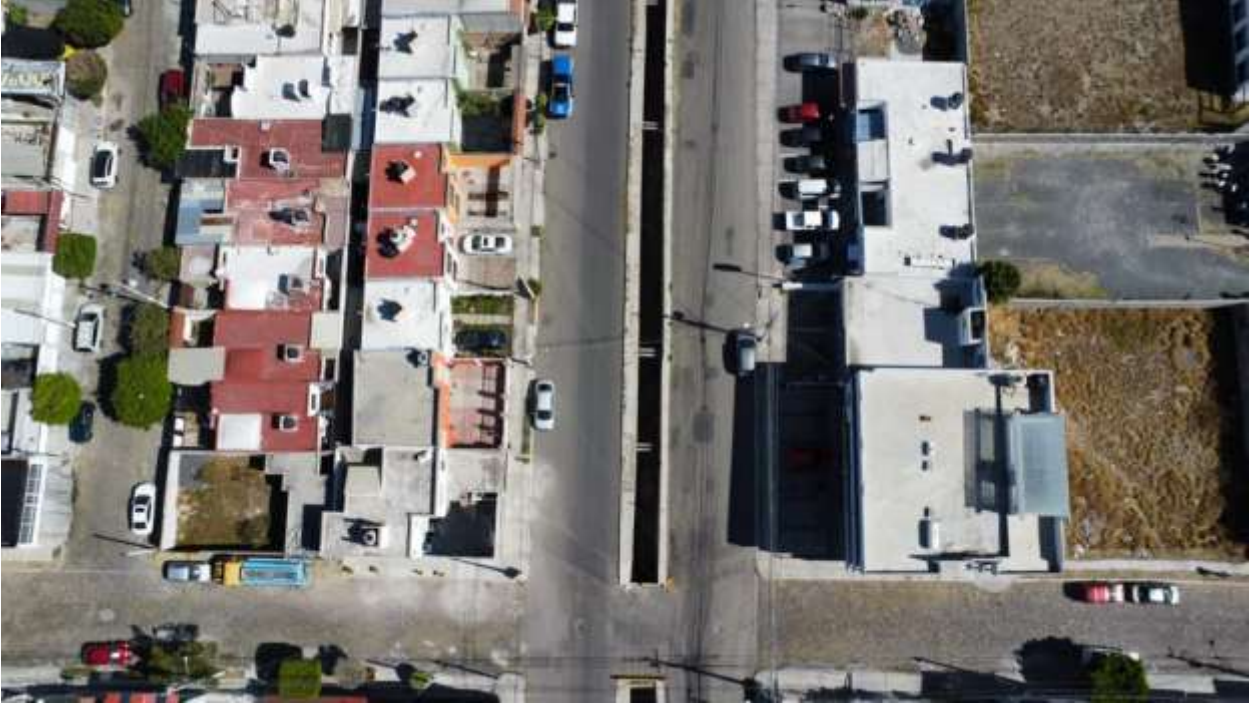


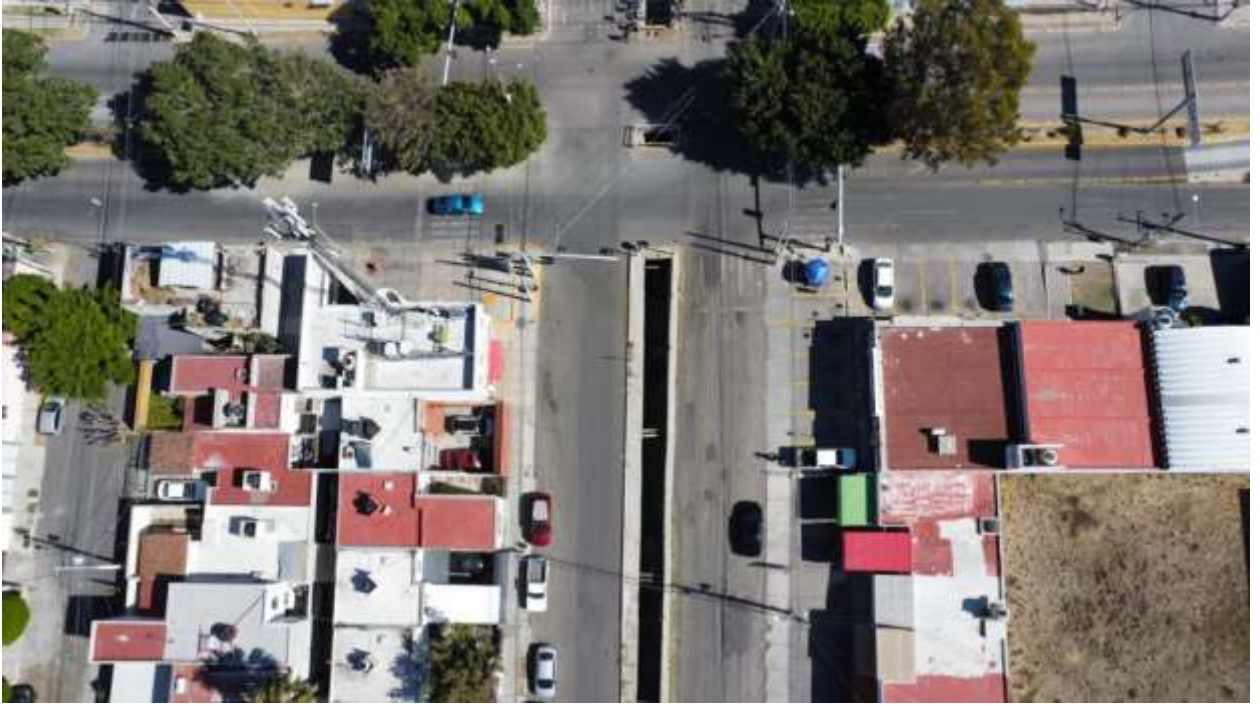
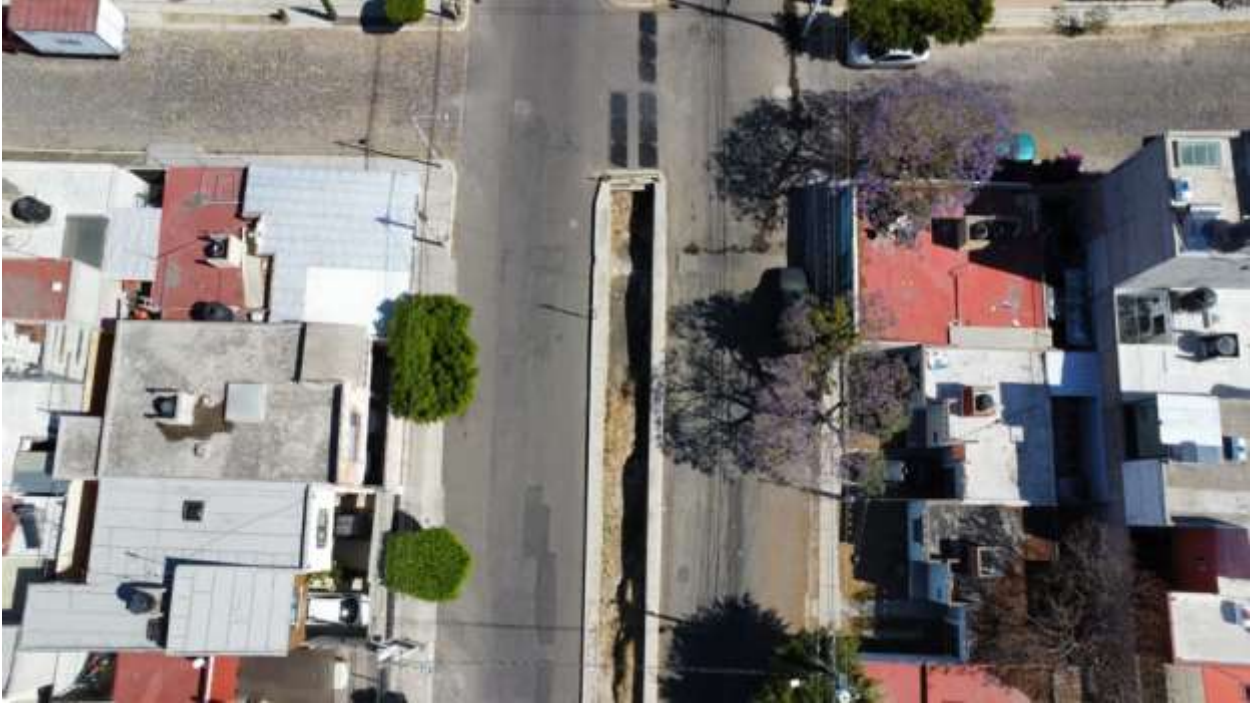


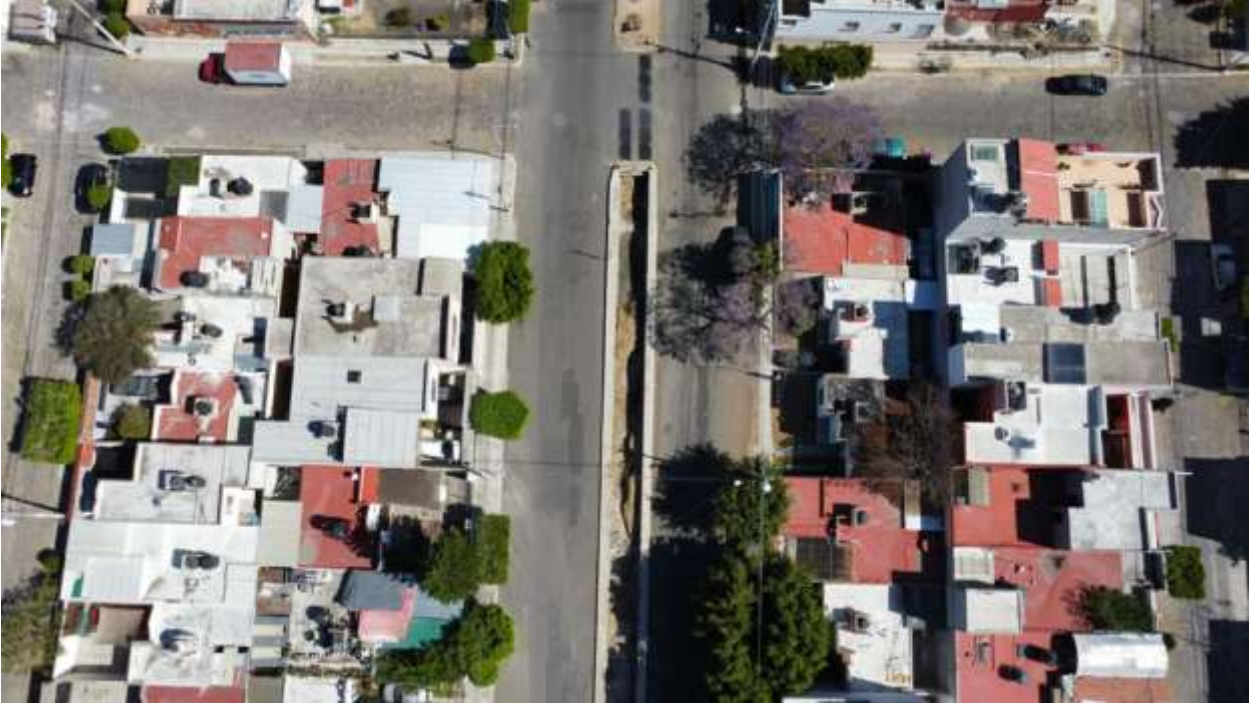












Check List

Concepto	Tarea	Check	Observaciones
Visita de Campo			
Aseguramiento delimitación y acordonamiento del sitio	Tener el seguro de gastos médicos mayores, delimitar la área antes de realizarse la inspección, acordonar el sitio en donde se va a trabajar.		
Vestimenta	Asegurar de llevar la ropa adecuada, esto es protección de los ojos, pies, manos, cabeza, cuerpo		
Recorrido			
Tipo de recorrido y ruta	Realizar recorrido alrededor de toda la infraestructura hidráulica. De esta manera se encontrarán los lugares donde se encuentren estancamientos, daños en la infraestructura y conocer la flora, fauna y altitud del lugar. Llevar cámara fotográfica y GPS, este con el motivo de tener un registro de la ubicación de donde se tomaron las fotos.		
Riesgos durante el recorrido	Durante el recorrido, marcar los lugares en donde la persona que hace la inspección puede llegar a tener riesgos durante el recorrido. Se señalarán los lugares con GPS, para evitar estas zonas que pueden ser peligrosas para la salud del trabajador. Además, señalar en qué lugares de la infraestructura hidráulica, puede llegar a tener riesgos de desbordamiento o bien ruptura de la misma estructura para dar solución a estos problemas.		
Ubicación, geo-posicionamiento	Utilizando un GPS, registrar en donde se empezó la inspección y donde termino. Además de llevar un registro de geo-posicionamiento a cada 5,10 o 20 metros dependiendo del tamaño de la infraestructura hidráulica.		

Vehículos utilizados	Registrar los vehículos que se utilizaran en la inspección. Lo que es desde el transporte del lugar, durante la inspección, y la terminación de la misma.		
Registro y bitácora	Una bitácora será fundamental durante el recorrido, esto con el propósito de anotar las observaciones con su geolocalización y la hora en la que se toma.		
Dirección de recorrido	Al conocer el lugar donde se hará la inspección, seleccionar una ruta la cual se vea más viable para poder observar la infraestructura y alrededores del lugar, de la misma manera si hay cambios en la ruta, registrarlos para tener conocimiento de donde se estuvo durante la inspección.		
Recomendaciones sobre visualización			
Identificación de sitios en peligro, definir la situación de riesgo	Durante la inspección, se anotará en la bitácora los lugares donde pueden llegar a ser peligrosos para la infraestructura o el ser humano. Anotar los lugares que llegan a tener bajo oxígeno, lugares con baches o resbaladizos, lugares con flora y fauna que ponen en peligro la vida humana. De la misma forma señalar en qué lugares de la infraestructura llegan a tener muchas rupturas o que puedan ser lugares donde no se alcance a inspeccionar. En estos casos, utilizar drones para poder alcanzar dichos casos.		

Fotografías	En la toma de las fotografías, se necesitará revisar contenido fotográfico antes de la inspección, de la misma forma revisar el funcionamiento del equipo. Proteger la infraestructura hidráulica del lugar y del alrededor. Buscar fotografiar escombros o materiales que pueden afectar la infraestructura hidráulica o el ambiente que lo rodea. Tomar fotografías generales del lugar, lugares donde se pueda presentar un desbordamiento o donde se encuentran rupturas o grietas. Toma de fotografías de lugares de estancamiento por escombros o materiales. Toma de fotografías de cómo avanza el agua por el cauce en diferentes secciones.		
Aseguramiento de las evidencias	Al terminar la inspección, revisar que la cámara o dron que se utilizó, cuente con las imágenes tomadas anteriormente, revisar que se cuente con la geolocalización del lugar y la fecha y hora en la que se tomó. De no ser así, se necesitará tomar de nuevo las fotografías.		
Caracterización del sitio			
Características físicas de la cuenca	Calcular la precipitación media anual y evaporación del sitio de estudio. Calcular además durante el recorrido el área de la cuenca, la pendiente y longitud del canal principal. Señalar la vegetación que se encuentra sobre la infraestructura y alrededores.		
Geomorfología	Calcular el área de la cuenca, la velocidad y el caudal de la misma. Calcular la longitud del tramo principal, el perímetro de la cuenca. Calcular la diferencia de cotas entre curvas de nivel, el número de cruces de las curvas de nivel con líneas de igual coordenada este y norte. Obtener la curva hipsométrica del cauce. Calcular el índice de Norton calculando el número de canales de		

	orden. Obtener el área y longitud de cada uno de los tramos.		
Características del cauce	Calcular el ancho estable, caudal máximo, factor de fondo de cauce (granulometría) y el factor de orilla de cauce, esto con el fin de determinar los parámetro básico de un cauce estable.		
Estructura física	Crear listado de las piezas que conforme la infraestructura hidráulica, de la misma forma un listado de las estructuras que se encuentren cerca del cauce		
Corredor fluvial	Medir y dibujar el corredor fluvial, siendo este compuesto por los cauces fluviales, planicies de inundación y las zonas de transición.		
Zonas sujetas a afectos de remanso	Señalar los lugares que llegan a tener los efectos de remanso		
Topografía	Llevar una muestra, o conocer la granulometría del lugar, con un GPS o usando un SIG reconocer la altura y altitud de toda la cuenca, además de obtener las curvas del nivel y la pendiente de la cuenca.		
Inspección			
Identificación de corrientes	Utilizando las cartas topográficas y con un programa de SIG, identificar las corrientes de la cuenca. De la misma forma señalar el cauce o infraestructura hidráulica a estudiar.		
Regímenes aguas abajo y aguas arriba	Identificar con la topografía ya estudiada cuales zonas son aguas abajo y aguas arriba.		

Perturbaciones e impacto ecológico			
Hidrodinámica	Calcular el movimiento de los fluidos con el número de Reynolds para saber qué tipo de flujo es.		
Calidad del agua	Tomar una muestra de agua, para poder observar las características químicas, físicas y biológicas		
Transporte de sedimentos	Revisar qué clase de sedimentos se encuentren en el cauce o infraestructura hidráulica.		
Estabilidad de cauces	Obtener los cambios de pendientes del río o cauce, de la misma forma la geometría, esto para comprender como cambia su ruta o forma.		
Indicadores bióticos	Inspeccionar si hay indicadores bióticos en el cauce, canal o río.		
Manejo de cauces			
Ubicación	Utilizar un SIG para identificar el cauce a estudiar. Usar la organización mexicana para obtener la información geográfica		
Componentes funcionales	Al obtener la topografía, estudiar la precipitación de la zona. Se necesitara el periodo de tiempo en que se presentan las precipitaciones, y obtener las curvas de intensidad duración frecuencia.		
Reglas de operación	Respetar las normativas y leyes del país		
Efectos de embalses	Señalar en la inspección si se tienen embalses o no además de identificarlo, si es así, identificar cuáles son las consecuencias que este provoca.		
Situación y obras transversales			
Obras cruce	Señalar las obras de cruce en la infraestructura hidráulica que se va a estudiar. Esta es de gran importancia ya que es donde puede ocurrir mayormente algunas catástrofes, siendo así zonas de riesgo para la estructura.		

Identificación de tipo de estructura	Señalar que tipo de estructura es la obra a estudiar, el material con el que fue hecho y señalar cuantas aperturas o grietas llega a tener la estructura en un rango constante.		
Tareas de restauración	Al identificar las grietas, ejecutar las recomendaciones y proyectos de restauración.		
Cuantificación de la fragilidad y restauración de un puente	Se realizarán notas de la infraestructura para poder cuantificar de manera visual. Estas notas tienen que ser por efectos hidrológicos, estructurales, ambientales entre otros. Con ello dar las recomendaciones necesarias.		
Tipos de cimentación	Identificar si la cimentación es superficial o subterráneo. Indicar las grietas que están en la cimentación, tomar fotos de las mismas grietas y de la misma cimentación. Se tiene que identificar el lugar, orientación factor climático y el origen de ello.		
Tipos de pilas	Identificar si se encuentran pilas de agua, tomar fotos si hay agrietamiento o bien si está o no en uso.		
Tipos de estribos y muros de contención	Identificar los estribos que se encuentra en la infraestructura, con ello tomar fotos para observar en qué estado se encuentra. Se tendrá que mencionar el estado general del muro, patología como fisuras y humedades y sus condiciones de seguridad.		
Áreas inundables			
Los cambios de uso de suelo	Identificar el uso del suelo de la infraestructura hidráulica y sus alrededores		
Agua abajo			
Recubrir de vegetación del suelo y asegurar estabilización	Identificar lugares donde se pueda recubrir con vegetación para minimizar los sedimentos en la infraestructura hidráulica.		

Pavimento impermeable	Identificar el tipo de pavimento del cauce a estudiar y recomendar el uso de pavimento impermeable para aumentar su tiempo de concentración y reducir la evaporación		
Identificación de tanques para el aprovechamiento del agua de lluvia	Identificar tanques cerca del cauce o infraestructura hidráulica, de la misma forma la situación en la que se encuentra y dar recomendaciones para mejorar el tanque o cambiarlo.		
Identificación de zonas para uso ecológico, pecuario, alojamiento temporal, forestal	Usando el SIG dividir cada espacio por sus uso, y con ello dar recomendaciones para construir camellones para no tener inundaciones.		
Funcionamiento de bordos perimetrales y marginales	Identificar los bordos que llegan a tener, de la misma forma el estado en que se encuentra, si no lo hay, dar recomendaciones para la colocación de ellas.		

Glosario

Actividades consideradas como altamente riesgosas: Las actividades que implican la generación o manejo de sustancias con características corrosivas, reactivas, radioactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas en términos de lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Ley federal de responsabilidad ambiental, 2021);

Acuífero: Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Agentes disruptivos: Factores naturales o antropogénicos causantes de cambios drásticos en los ecosistemas forestales, como fuego, plagas, enfermedades o fenómenos hidrometeorológico (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2021);
Aguas claras o Aguas de primer uso: Aquellas provenientes de distintas fuentes naturales y de almacenamientos artificiales que no han sido objeto de uso previo alguno (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Agente regulador: Lo constituyen las acciones, instrumentos, normas, obras y en general todo aquello destinado a proteger a las personas, bienes, infraestructura estratégica, planta productiva y el medio ambiente, a reducir los riesgos y a controlar y prevenir los efectos adversos de un agente perturbador (Ley General de Protección Civil, 2012);

Aguas continentales: las aguas nacionales, superficiales o del subsuelo, en la parte continental del territorio nacional (Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, 2014);

Aguas del subsuelo: Aquellas aguas nacionales existentes debajo de la superficie terrestre (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Aguas marinas: Se refiere a las aguas en zonas marinas (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Aguas Residuales: Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Ambiente: El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021)

Aprovechamiento: Aplicación del agua en actividades que no impliquen consumo de la misma (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Aprovechamiento de Paso: Aquel realizado en cualquier actividad que no implique consumo de volúmenes de agua, y sus alteraciones no excedan los parámetros que establezcan las normas oficiales mexicanas (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Áreas de Protección Forestal: Comprende los espacios forestales o boscosos colindantes a la zona federal y de influencia de nacimientos, corrientes, cursos y cuerpos de agua, o la faja de terreno inmediata a los cuerpos de propiedad particular, en la extensión que en cada caso fije la autoridad, de acuerdo con el Reglamento de esta Ley (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2021);

Áreas naturales protegidas: Las zonas del territorio nacional y aquéllas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la presente Ley (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021);

Auxilio: respuesta de ayuda a las personas en riesgo o las víctimas de un siniestro, emergencia o desastre, por parte de grupos especializados públicos o privados, o por las unidades internas de protección civil, así como las acciones para salvaguardar los demás agentes afectables (Ley General de Protección Civil, 2012);

Barranca profunda: hendedura pronunciada que se forma en el terreno, por el flujo natural del agua, en que la profundidad es mayor a 5 veces la anchura (Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, 2014);

Bis. - Cambio climático: Cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempos comparables (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021)

Bis. - Ecosistemas costeros: Las playas, las dunas costeras, los acantilados, franjas intermareales; los humedales costeros tales como las lagunas interdunarias, las lagunas costeras, los esteros, las marismas, los pantanos, las ciénegas, los manglares, los petenes, los oasis, los cenotes, los pastizales, los palmares y las selvas inundables; los arrecifes de coral; los ecosistemas formados por comunidades de macroalgas y de pastos marinos, fondos marinos o bentos y las costas rocosas. Estos se caracterizan porque se localizan en la zona costera pudiendo comprender porciones marinas, acuáticas y/o terrestres; que abarcan en el mar a partir de una profundidad de menos de 200 metros, hasta 100 km tierra adentro o 50 m de elevación (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021)

Brigada: Grupo de personas que se organizan dentro de un inmueble, capacitadas y adiestradas en funciones básicas de respuesta a emergencias tales como: primeros auxilios, combate a conatos de incendio, evacuación, búsqueda y rescate; designados

en la Unidad Interna de Protección Civil como encargados del desarrollo y ejecución de acciones de prevención, auxilio y recuperación, con base en lo estipulado en el Programa Interno de Protección Civil del inmueble (Ley General de Protección Civil, 2012);

Cambio Climático: Cambio en el clima, atribuible directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante períodos comparables (Ley General de Protección Civil, 2012);

Capacidad de Carga: Estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes, tal que no rebase su capacidad de recuperación en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Cauce de una corriente: El canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. Cuando las corrientes estén sujetas a desbordamiento, se considera como cauce el canal natural, mientras no se construyan obras de encauzamiento; en los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, cuando el escurrimiento se concentre hacia una depresión topográfica y éste forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno. Para fines de aplicación de la presente Ley, la magnitud de dicha cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Comisión Nacional del Agua: Órgano Administrativo Desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con funciones de Derecho Público en materia de gestión de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, con autonomía técnica, ejecutiva, administrativa, presupuestal y de gestión, para la consecución de su objeto, la realización de sus funciones y la emisión de los actos de autoridad que conforme a esta Ley corresponde tanto a ésta como a los órganos de autoridad a que la misma se refiere (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Concesión: Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de la Comisión o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos inherentes, a las personas físicas o morales de carácter público y privado, excepto los títulos de asignación (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Condiciones Particulares de Descarga: El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por la Comisión o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para cada usuario, para un determinado uso o grupo de usuarios de un cuerpo receptor específico con el fin de conservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la presente Ley y los reglamentos derivados de ella (Ley de Aguas Nacionales, 2020) ;

Consejo de Cuenca: Órganos colegiados de integración mixta, que serán instancia de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, entre la Comisión, incluyendo el Organismo de Cuenca que corresponda, y las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal, y los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca hidrológica o región hidrológica (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Contaminación: La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021);

Contaminante: Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021);

Contingencia ambiental: Situación de riesgo, derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que puede poner en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021);

Continuidad de operaciones: Al proceso de planeación, documentación y actuación que garantiza que las actividades sustantivas de las instituciones públicas, privadas y sociales, afectadas por un agente perturbador, puedan recuperarse y regresar a la normalidad en un tiempo mínimo. Esta planeación deberá estar contenida en un documento o serie de documentos cuyo contenido se dirija hacia la prevención, respuesta inmediata, recuperación y restauración, todas ellas avaladas por sesiones de capacitación continua y realización de simulacros (Ley General de Protección Civil, 2012);

Control: Inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas en este ordenamiento (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021);

Corriente intermitente: la que solamente en alguna época del año tiene escurrimiento superficial (Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, 2014);

Corriente permanente: la que tiene un escurrimiento superficial que no se interrumpe en ninguna época del año, desde donde principia hasta su desembocadura (Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, 2014);

Criterio de equivalencia: Lineamiento obligatorio para orientar las medidas de reparación y compensación ambiental, que implica restablecer los elementos y recursos naturales o servicios ambientales por otros de las mismas características (Ley federal de responsabilidad ambiental, 2021);

Cuenca Hidrológica: Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas -aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad-, en donde

ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Cuerpo receptor: La corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar los suelos, subsuelo o los acuíferos (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Cuota de Autosuficiencia: Es aquella destinada a recuperar los costos derivados de la operación, conservación y mantenimiento de las obras de infraestructura hidráulica, instalaciones diversas y de las zonas de riego, así como los costos incurridos en las inversiones en infraestructura, mecanismos y equipo, incluyendo su mejoramiento, rehabilitación y reemplazo. Las cuotas de autosuficiencia no son de naturaleza fiscal y normalmente son cubiertas por los usuarios de riego o regantes, en los distritos, unidades y sistemas de riego, en las juntas de agua con fines agropecuarios y en otras formas asociativas empleadas para aprovechar aguas nacionales en el riego agrícola; las cuotas de autosuficiencia en distritos y unidades de temporal son de naturaleza y características similares a las de riego, en materia de infraestructura de temporal, incluyendo su operación, conservación y mantenimiento y las inversiones inherentes (Ley de Aguas Nacionales, 2020):

Cuota Natural de Renovación de las Aguas: El volumen de agua renovable anualmente en una cuenca hidrológica o en un cuerpo de aguas del subsuelo (Ley de Aguas Nacionales, 2020):

Damnificado: Persona afectada por un agente perturbador, ya sea que haya sufrido daños en su integridad física o un perjuicio en sus bienes de tal manera que requiere asistencia externa para su subsistencia; considerándose con esa condición en tanto no se concluya la emergencia o se restablezca la situación de normalidad previa al desastre (Ley General de Protección Civil, 2012);

Daño al ambiente: Pérdida, cambio, deterioro, menoscabo, afectación o modificación adversos y mensurables del hábitat, de los ecosistemas, de los elementos y recursos naturales, de sus condiciones químicas, físicas o biológicas, de las relaciones de interacción que se dan entre éstos, así como de los servicios ambientales que proporcionan (Ley federal de responsabilidad ambiental, 2021)

Daño indirecto: Es aquel daño que en una cadena causal no constituye un efecto inmediato del acto u omisión que es imputado a una persona (Ley federal de responsabilidad ambiental, 2021)

Delimitación de cauce y zona federal: Trabajos y estudios topográficos, batimétricos, fotogramétricos, hidrológicos e hidráulicos, necesarios para la determinación de los límites del cauce y la zona federal (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Demarcación de cauce y zona federal: trabajos topográficos para señalar físicamente con estacas o mojoneras en el terreno, la anchura del cauce o vaso y su zona federal (Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, 2014);

Desarrollo sustentable: En materia de recursos hídricos, es el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter hídrico, económico, social y ambiental, que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en las medidas necesarias para la preservación del equilibrio hidrológico, el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de agua de las generaciones futuras (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Desastre: Al resultado de la ocurrencia de uno o más agentes perturbadores severos y o extremos, concatenados o no, de origen natural, de la actividad humana o aquellos provenientes del espacio exterior, que cuando acontecen en un tiempo y en una zona determinada, causan daños y que por su magnitud exceden la capacidad de respuesta de la comunidad afectada (Ley General de Protección Civil, 2012);

Descarga: La acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Desequilibrio ecológico: La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021);

Disponibilidad media anual de aguas del subsuelo: En una unidad hidrogeológica -entendida ésta como el conjunto de estratos geológicos hidráulicamente conectados entre sí, cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales subterráneas-, es el volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraído de esa unidad hidrogeológica para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Disponibilidad media anual de aguas superficiales: En una cuenca hidrológica, es el valor que resulta de la diferencia entre el volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca hacia aguas abajo y el volumen medio anual actual comprometido aguas abajo (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Distrito de Riego: Es el establecido mediante Decreto Presidencial, el cual está conformado por una o varias superficies previamente delimitadas y dentro de cuyo perímetro se ubica la zona de riego, el cual cuenta con las obras de infraestructura

hidráulica, aguas superficiales y del subsuelo, así como con sus vasos de almacenamiento, su zona federal, de protección y demás bienes y obras conexas, pudiendo establecerse también con una o varias unidades de riego (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Distrito de Temporal Tecnificado: Área geográfica destinada normalmente a las actividades agrícolas que no cuenta con infraestructura de riego, en la cual mediante el uso de diversas técnicas y obras, se aminoran los daños a la producción por causa de ocurrencia de lluvias fuertes y prolongadas -éstos también denominados Distritos de Drenaje- o en condiciones de escasez, se aprovecha con mayor eficiencia la lluvia y la humedad en los terrenos agrícolas; el distrito de temporal tecnificado está integrado por unidades de temporal (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Emergencia: Situación anormal que puede causar un daño a la sociedad y propiciar un riesgo excesivo para la seguridad e integridad de la población en general, generada o asociada con la inminencia, alta probabilidad o presencia de un agente perturbador (Ley General de Protección Civil, 2012);

Estero: Terreno bajo, pantanoso, que suele llenarse de agua por la lluvia o por desbordes de una corriente, o una laguna cercana o por el mar (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Evacuado: Persona que, con carácter preventivo y provisional ante la posibilidad o certeza de una emergencia o desastre, se retira o es retirado de su lugar de alojamiento usual, para garantizar su seguridad y supervivencia (Ley General de Protección Civil, 2012);

Explotación: Aplicación del agua en actividades encaminadas a extraer elementos químicos u orgánicos disueltos en la misma, después de las cuales es retornada a su fuente original sin consumo significativo (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Fauna silvestre: Las especies animales que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo sus poblaciones menores que se encuentran bajo control del hombre, así como los animales domésticos que por abandono se tornen salvajes y por ello sean susceptibles de captura y apropiación (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021);

Fenómeno Antropogénico: Agente perturbador producido por la actividad humana (Ley General de Protección Civil, 2012);

Fenómeno Astronómico: Eventos, procesos o propiedades a los que están sometidos los objetos del espacio exterior incluidos estrellas, planetas, cometas y meteoros. Algunos de éstos fenómenos interactúan con la tierra, ocasionándole situaciones que generan perturbaciones que pueden ser destructivas tanto en la atmósfera como en la superficie terrestre, entre ellas se cuentan las tormentas magnéticas y el impacto de meteoritos (Ley General de Protección Civil, 2012)

Fenómeno Geológico: Agente perturbador que tiene como causa directa las acciones y movimientos de la corteza terrestre. A esta categoría pertenecen los sismos, las erupciones volcánicas, los tsunamis, la inestabilidad de laderas, los flujos, los caídos o derrumbes, los hundimientos, la subsidencia y los agrietamientos (Ley General de Protección Civil, 2012);

Fenómeno Hidrometeorológico: Agente perturbador que se genera por la acción de los agentes atmosféricos, tales como: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres; tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad; heladas; sequías; ondas cálidas y gélidas; y tornados (Ley General de Protección Civil, 2012);

Fenómeno Natural Perturbador: Agente perturbador producido por la naturaleza (Ley General de Protección Civil, 2012);

Fenómeno Químico-Tecnológico: Agente perturbador que se genera por la acción violenta de diferentes sustancias derivadas de su interacción molecular o nuclear. Comprende fenómenos destructivos tales como: incendios de todo tipo, explosiones, fugas tóxicas, radiaciones y derrames (Ley General de Protección Civil, 2012);

Fenómeno Sanitario-Ecológico: Agente perturbador que se genera por la acción patógena de agentes biológicos que afectan a la población, a los animales y a las cosechas, causando su muerte o la alteración de su salud. Las epidemias o plagas constituyen un desastre sanitario en el sentido estricto del término. En esta clasificación también se ubica la contaminación del aire, agua, suelo y alimentos (Ley General de Protección Civil, 2012);

Fenómeno Socio-Organizativo: Agente perturbador que se genera con motivo de errores humanos o por acciones premeditadas, que se dan en el marco de grandes concentraciones o movimientos masivos de población, tales como: demostraciones de inconformidad social, concentración masiva de población, terrorismo, sabotaje, vandalismo, accidentes aéreos, marítimos o terrestres, e interrupción o afectación de los servicios básicos o de infraestructura estratégica (Ley General de Protección Civil, 2012);

Flora silvestre: Las especies vegetales, así como los hongos, que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo las poblaciones o especímenes de estas especies que se encuentran bajo control del hombre (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021);

Gestión del Agua: Proceso sustentado en el conjunto de principios, políticas, actos, recursos, instrumentos, normas formales y no formales, bienes, recursos, derechos, atribuciones y responsabilidades, mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad, promueven e instrumentan para lograr el desarrollo sustentable en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental, (1) el control y manejo del agua y las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos, por ende su distribución y administración, (2) la regulación de la explotación, uso o aprovechamiento del agua, y (3) la preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos en cantidad y calidad, considerando los riesgos

ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios y daños a ecosistemas vitales y al medio ambiente. La gestión del agua comprende en su totalidad a la administración gubernamental del agua (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Gestión Integrada de los Recursos Hídricos: Proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Dicha gestión está íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable. Para la aplicación de esta Ley en relación con este concepto se consideran primordialmente agua y bosque (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Gestión Integral de Riesgos: El conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción (Ley General de Protección Civil, 2012)

Grupos Voluntarios: Las personas morales o las personas físicas, que se han acreditado ante las autoridades competentes, y que cuentan con personal, conocimientos, experiencia y equipo necesarios, para prestar de manera altruista y comprometida, sus servicios en acciones de protección civil (Ley General de Protección Civil, 2012);

Hospital Seguro: Establecimiento de servicios de salud que debe permanecer accesible y funcionando a su máxima capacidad, con la misma estructura, bajo una situación de emergencia o de desastre (Ley General de Protección Civil, 2012);

Humedales: Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Identificación de Riesgos: Reconocer y valorar las pérdidas o daños probables sobre los agentes afectables y su distribución geográfica, a través del análisis de los peligros y la vulnerabilidad (Ley General de Protección Civil, 2012);

Impacto ambiental: Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021);

Infraestructura Estratégica: Aquella que es indispensable para la provisión de bienes y servicios públicos, y cuya destrucción o inhabilitación es una amenaza en contra de la seguridad nacional y ocasionaría una afectación a la población, sus bienes o entorno. La unidad mínima de dicha Infraestructura Estratégica es la Instalación vital (Ley General de Protección Civil, 2012);

Infraestructura hidráulica federal: las obras de infraestructura hidráulica a que se refiere la fracción VII, del artículo 113 de la Ley, así como las demás obras, instalaciones, construcciones y, en general, los inmuebles que estén destinados a la prestación de servicios hidráulicos a cargo de la Federación (Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, 2014);

Instrumentos de administración y transferencia de riesgos: Son aquellos programas o mecanismos financieros que permiten a las entidades públicas de los diversos órdenes de gobierno, compartir o cubrir sus riesgos catastróficos, transfiriendo el costo total o parcial a instituciones financieras nacionales o internacionales (Ley General de Protección Civil, 2012);

Instrumentos Financieros de Gestión de Riesgos: Son aquellos programas y mecanismos de financiamiento y cofinanciamiento con el que cuenta el gobierno federal para apoyar a las instancias públicas federales y entidades federativas, en la ejecución de proyectos y acciones derivadas de la gestión integral de riesgos, para la prevención y atención de situaciones de emergencia y/o desastre de origen natural (Ley General de Protección Civil, 2012);

Inventario Nacional de Necesidades de Infraestructura: Inventario integrado por las obras de infraestructura que son consideradas estratégicas para disminuir el riesgo de la población y su patrimonio (Ley General de Protección Civil, 2012);

Lago o Laguna: el vaso de propiedad federal de formación natural que es alimentado por corriente superficial o aguas subterráneas o pluviales, independientemente que dé o no origen a otra corriente, así como el vaso de formación artificial que se origina por la construcción de una presa (Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, 2014);

Manejo integral de cuencas, planeación y ejecución de actividades dentro del ámbito de las cuencas hidrológico-forestales que incluyen todos los componentes ambientales, sociales y productivos relativos a las mismas (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2021);

Material peligroso: Elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, represente un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico infecciosas (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021);

Materiales Pétreos: Materiales tales como arena, grava, piedra y/o cualquier otro tipo de material utilizado en la construcción, que sea extraído de un vaso, cauce o de cualesquiera otros bienes (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Mitigación: Es toda acción orientada a disminuir el impacto o daños ante la presencia de un agente perturbador sobre un agente afectable (Ley General de Protección Civil, 2012);

Peligro: Probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado (Ley General de Protección Civil, 2012);

Permisos de Descarga: Título que otorga el Ejecutivo Federal a través de la Comisión o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores de propiedad nacional, a las personas físicas o morales de carácter público y privado (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Permisos: Son los que otorga el Ejecutivo Federal a través de la Comisión o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la construcción de obras hidráulicas y otros de índole diversa relacionadas con el agua y los bienes nacionales (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Persona física o moral: Los individuos, los ejidos, las comunidades, las asociaciones, las sociedades y las demás instituciones a las que la ley reconozca personalidad jurídica, con las modalidades y limitaciones que establezca la misma (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Preparación: Actividades y medidas tomadas anticipadamente para asegurar una respuesta eficaz ante el impacto de un fenómeno perturbador en el corto, mediano y largo plazo (Ley General de Protección Civil, 2012);

Preservación: El conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de su hábitat natural (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021);

Prevención: Conjunto de acciones y mecanismos implementados con antelación a la ocurrencia de los agentes perturbadores, con la finalidad de conocer los peligros o los riesgos, identificarlos, eliminarlos o reducirlos; evitar o mitigar su impacto destructivo sobre las personas, bienes, infraestructura, así como anticiparse a los procesos sociales de construcción de los mismos (Ley General de Protección Civil, 2012);

Previsión: Tomar conciencia de los riesgos que pueden causarse y las necesidades para enfrentarlos a través de las etapas de identificación de riesgos, prevención, mitigación, preparación, atención de emergencias, recuperación y reconstrucción (Ley General de Protección Civil, 2012)

Programa Hídrico de la Cuenca: Documento en el cual se definen la disponibilidad, el uso y aprovechamiento del recurso, así como las estrategias, prioridades y políticas, para lograr el equilibrio del desarrollo regional sustentable en la cuenca correspondiente y avanzar en la gestión integrada de los recursos hídricos (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Programa Interno de Protección Civil: Es un instrumento de planeación y operación, circunscrito al ámbito de una dependencia, entidad, institución u organismo del sector público, privado o social; que se compone por el plan operativo para la Unidad Interna de Protección Civil, el plan para la continuidad de operaciones y el plan de contingencias, y tiene como propósito mitigar los riesgos previamente identificados y definir acciones preventivas y de respuesta para estar en condiciones de atender la eventualidad de alguna emergencia o desastre (Ley General de Protección Civil, 2012);

Protección: El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021);

Protección Civil: Es la acción solidaria y participativa, que en consideración tanto de los riesgos de origen natural o antrópico como de los efectos adversos de los agentes perturbadores, prevé la coordinación y concertación de los sectores público, privado y social en el marco del Sistema Nacional, con el fin de crear un conjunto de disposiciones, planes, programas, estrategias, mecanismos y recursos para que de manera corresponsable, y privilegiando la Gestión Integral de Riesgos y la Continuidad de Operaciones, se apliquen las medidas y acciones que sean necesarias para salvaguardar la vida, integridad y salud de la población, así como sus bienes ; la infraestructura, la planta productiva y el medio ambiente (Ley General de Protección Civil, 2012);

Reconstrucción: La acción transitoria orientada a alcanzar el entorno de normalidad social y económica que prevalecía entre la población antes de sufrir los efectos producidos por un agente perturbador en un determinado espacio o jurisdicción. Este proceso debe buscar en la medida de lo posible la reducción de los riesgos existentes, asegurando la no generación de nuevos riesgos y mejorando para ello las condiciones preexistentes (Ley General de Protección Civil, 2012);

Recuperación: Proceso que inicia durante la emergencia, consistente en acciones encaminadas al retorno a la normalidad de la comunidad afectada (Ley General de Protección Civil, 2012);

Recurso natural: El elemento natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021);

Recursos asociados: Las especies silvestres animales y vegetales, así como el agua, que coexisten en relación de interdependencia y funcionalidad con los recursos forestales (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2021);

Reducción de Riesgos: Intervención preventiva de individuos, instituciones y comunidades que nos permite eliminar o reducir, mediante acciones de preparación y

mitigación, el impacto adverso de los desastres. Contempla la identificación de riesgos y el análisis de vulnerabilidades, resiliencia y capacidades de respuesta, el desarrollo de una cultura de la protección civil, el compromiso público y el desarrollo de un marco institucional, la implementación de medidas de protección del medio ambiente, uso del suelo y planeación urbana, protección de la infraestructura crítica, generación de alianzas y desarrollo de instrumentos financieros y transferencia de riesgos, y el desarrollo de sistemas de alertamiento (Ley General de Protección Civil, 2012);

Refugio Temporal: La instalación física habilitada para brindar temporalmente protección y bienestar a las personas que no tienen posibilidades inmediatas de acceso a una habitación segura en caso de un riesgo inminente, una emergencia, siniestro o desastre (Ley General de Protección Civil, 2012);

Región hidrológica: Área territorial conformada en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos, cuya finalidad es el agrupamiento y sistematización de la información, análisis, diagnósticos, programas y acciones en relación con la ocurrencia del agua en cantidad y calidad, así como su explotación, uso o aprovechamiento. Normalmente una región hidrológica está integrada por una o varias cuencas hidrológicas. Por tanto, los límites de la región hidrológica son en general distintos en relación con la división política por estados, Distrito Federal y municipios. Una o varias regiones hidrológicas integran una región hidrológico – administrativa (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Región Hidrológico - Administrativa: Área territorial definida de acuerdo con criterios hidrológicos, integrada por una o varias regiones hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos y el municipio representa, como en otros instrumentos jurídicos, la unidad mínima de gestión administrativa en el país (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Rescate: Acto emitido por el Ejecutivo Federal por causas de utilidad pública o interés público, mediante la declaratoria correspondiente, para extinguir:

- a. Concesiones o asignaciones para la explotación, uso o aprovechamiento de Aguas Nacionales, de sus bienes públicos inherentes, o
- b. Concesiones para construir, equipar, operar, conservar, mantener, rehabilitar y ampliar infraestructura hidráulica federal y la prestación de los servicios respectivos (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Resiliencia: Es la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a un peligro para resistir, asimilar, adaptarse y recuperarse de sus efectos en un corto plazo y de manera eficiente, a través de la preservación y restauración de sus estructuras básicas y funcionales, logrando una mejor protección futura y mejorando las medidas de reducción de riesgos (Ley General de Protección Civil, 2012);

Reúso: La explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Ribera o Zona Federal: Las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias. La amplitud de la ribera o zona federal será de cinco metros en los cauces con una anchura no mayor de cinco metros. El nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la creciente máxima ordinaria que será determinada por la Comisión o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, de acuerdo con lo dispuesto en los reglamentos de esta Ley. En los ríos, estas fajas se delimitarán a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar. En los cauces con anchura no mayor de cinco metros, el nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la media de los gastos máximos anuales producidos durante diez años consecutivos. Estas fajas se delimitarán en los ríos a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar. En los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, el escurrimiento que se concentre hacia una depresión topográfica y forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno. La magnitud de la cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Riesgo Inminente: Aquel riesgo que, según la opinión de una instancia técnica especializada, debe considerar la realización de acciones inmediatas en virtud de existir condiciones o altas probabilidades de que se produzcan los efectos adversos sobre un agente afectable (Ley General de Protección Civil, 2012)

Riesgo: Daños o pérdidas probables sobre un agente afectable, resultado de la interacción entre su vulnerabilidad y la presencia de un agente perturbador (Ley General de Protección Civil, 2012)

Río: Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Servicios Ambientales: Los beneficios de interés social que se generan o se derivan de las cuencas hidrológicas y sus componentes, tales como regulación climática, conservación de los ciclos hidrológicos, control de la erosión, control de inundaciones, recarga de acuíferos, mantenimiento de escurrimientos en calidad y cantidad, formación de suelo, captura de carbono, purificación de cuerpos de agua, así como conservación y protección de la biodiversidad ; para la aplicación de este concepto en esta Ley se consideran primordialmente los recursos hídricos y su vínculo con los forestales (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Servicios hidráulicos federales: los servicios de riego y drenaje agrícolas, de suministro de agua en bloque a centros de población, de generación de energía hidroeléctrica en los términos de la ley aplicable, de tratamiento de agua residual, y otros servicios, cuando para la prestación de los mismos se utilice infraestructura hidráulica federal (Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, 2014);

Simulacro: Representación mediante una simulación de las acciones de respuesta previamente planeadas con el fin de observar, probar y corregir una respuesta eficaz ante posibles situaciones reales de emergencia o desastre. Implica el montaje de un escenario en terreno específico, diseñado a partir de la identificación y análisis de riesgos y la vulnerabilidad de los sistemas afectables (Ley General de Protección Civil, 2012);

Siniestro: Situación crítica y dañina generada por la incidencia de uno o más fenómenos perturbadores en un inmueble o instalación afectando a su población y equipo, con posible afectación a instalaciones circundantes (Ley General de Protección Civil, 2012);

Sistema de Agua Potable y Alcantarillado: Conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de servicios públicos de agua potable y alcantarillado, incluyendo el saneamiento, entendiéndose como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Unidad de Riego: Área agrícola que cuenta con infraestructura y sistemas de riego, distinta de un distrito de riego y comúnmente de menor superficie que aquél; puede integrarse por asociaciones de usuarios u otras figuras de productores organizados que se asocian entre sí libremente para prestar el servicio de riego con sistemas de gestión autónoma y operar las obras de infraestructura hidráulica para la captación, derivación, conducción, regulación, distribución y desalojo de las aguas nacionales destinadas al riego agrícola (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Unidad Interna de Protección Civil: El órgano normativo y operativo responsable de desarrollar y dirigir las acciones de protección civil, así como elaborar, actualizar, operar y vigilar el Programa Interno de Protección Civil en los inmuebles e instalaciones fijas y móviles de una dependencia, institución o entidad perteneciente a los sectores público, privado y social; también conocidas como Brigadas Institucionales de Protección Civil (Ley General de Protección Civil, 2012);

Unidades de Protección Civil: Los organismos de la administración pública de las entidades federativas, municipales o de las delegaciones, encargados de la organización, coordinación y operación del Sistema Nacional, en su demarcación territorial (Ley General de Protección Civil, 2012);

Uso: Aplicación del agua a una actividad que implique el consumo, parcial o total de ese recurso (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Uso Agrícola: La aplicación de agua nacional para el riego destinado a la producción agrícola y la preparación de ésta para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Uso agroindustrial: la utilización de agua nacional para la actividad de transformación industrial de los productos agrícolas y pecuarios (Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, 2014);

Uso Ambiental o Uso para conservación ecológica: El caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos receptores, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses, o el caudal mínimo de descarga natural de un acuífero, que debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Uso Consuntivo: El volumen de agua de una calidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica, el cual se determina como la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga, y que se señalan en el título respectivo (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Uso Doméstico: La aplicación de agua nacional para el uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Uso en Acuicultura: El aprovechamiento de paso de aguas nacionales en el conjunto de actividades dirigidas a la reproducción controlada, pre engorda y engorda de especies de la fauna y flora realizadas en instalaciones en aguas nacionales, por medio de técnicas de cría o cultivo, que sean susceptibles de explotación comercial, ornamental o recreativa (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Uso en servicios: la utilización de agua nacional para servicios distintos de los señalados en las fracciones XVI a XXV, de este artículo (Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, 2014);

Uso industrial: La aplicación de aguas nacionales en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como el agua que se utiliza en parques industriales, calderas, dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua aun en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Uso Pecuario: La aplicación de aguas nacionales para la cría y engorda de ganado, aves de corral y otros animales, y su preparación para la primera enajenación siempre que no comprendan la transformación industrial; no incluye el riego de pastizales (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Uso Público Urbano: La aplicación de agua nacional para centros de población y asentamientos humanos, a través de la red municipal (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

UTM, la Proyección Trasversal Universal de Mercador, sistema utilizado para convertir coordenadas geográficas esféricas en coordenadas cartesianas planas (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2021);

Vaso de lago, laguna o estero: El depósito natural de aguas nacionales delimitado por la cota de la creciente máxima ordinaria (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Vulnerabilidad: Susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales (Ley General de Protección Civil, 2012);

Zona de Desastre: Espacio territorial determinado en el tiempo por la declaración formal de la autoridad competente, en virtud del desajuste que sufre en su estructura social, impidiéndose el cumplimiento normal de las actividades de la comunidad. Puede involucrar el ejercicio de recursos públicos a través del Fondo de Desastres (Ley General de Protección Civil, 2012);

Zona de Protección: La faja de terreno inmediata a las presas, estructuras hidráulicas y otra infraestructura hidráulica e instalaciones conexas, cuando dichas obras sean de propiedad nacional, en la extensión que en cada caso fije la Comisión o el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para su protección y adecuada operación, conservación y vigilancia, de acuerdo con lo dispuesto en los reglamentos de esta Ley (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Zona de reserva: Aquellas áreas específicas de los acuíferos, cuencas hidrológicas, o regiones hidrológicas, en las cuales se establecen limitaciones en la explotación, uso o aprovechamiento de una porción o la totalidad de las aguas disponibles, con la finalidad de prestar un servicio público, implantar un programa de restauración, conservación o preservación o cuando el Estado resuelva explotar dichas aguas por causa de utilidad pública (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Zona de Riesgo: Espacio territorial determinado en el que existe la probabilidad de que se produzca un daño, originado por un fenómeno perturbador (Ley General de Protección Civil, 2012)

Zona de Riesgo Grave: Asentamiento humano que se encuentra dentro de una zona de grave riesgo, originado por un posible fenómeno perturbador (Ley General de Protección Civil, 2012)

Zona de veda: Aquellas áreas específicas de las regiones hidrológicas, cuencas hidrológicas o acuíferos, en las cuales no se autorizan aprovechamientos de agua adicionales a los establecidos legalmente y éstos se controlan mediante reglamentos específicos, en virtud del deterioro del agua en cantidad o calidad, por la afectación a la sustentabilidad hidrológica, o por el daño a cuerpos de agua superficiales o subterráneos (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Zona reglamentada: Aquellas áreas específicas de los acuíferos, cuencas hidrológicas, o regiones hidrológicas, que, por sus características de deterioro, desequilibrio hidrológico, riesgos o daños a cuerpos de agua o al medio ambiente, fragilidad de los ecosistemas vitales, sobreexplotación, así como para su reordenamiento y restauración, requieren un manejo hídrico específico para garantizar la sustentabilidad hidrológica (Ley de Aguas Nacionales, 2020);

Zonificación: El instrumento técnico de planeación que puede ser utilizado en el establecimiento de las áreas naturales protegidas, que permite ordenar su territorio en función del grado de conservación y representatividad de sus ecosistemas, la vocación natural del terreno, de su uso actual y potencial, de conformidad con los objetivos dispuestos en la misma declaratoria. Asimismo, existirá una subzonificación, la cual consiste en el instrumento técnico y dinámico de planeación, que se establecerá en el programa de manejo respectivo, y que es utilizado en el manejo de las áreas naturales protegidas, con el fin de ordenar detalladamente las zonas núcleo y de amortiguamiento, previamente establecidas mediante la declaratoria correspondiente (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2021)

Referencias

- Abad, J. D., & Garcia, M. H. (2006). RVR Meander: A toolbox for re-meandering of channelized streams. *Computers & Geosciences*, 32(1), 92-101.
- Aguilar, J. P. M., & López, A. G. (2020). Daños económicos y sociales por huracanes e inundaciones en México: periodo de 2010 a 2015. *AQUA-LAC*.
<https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2020-v12-2-06>
- Alarcón, J. J., Szupiany, R. N., Montagnini, M. D., & Amsler, M. L. (2003). Sediment transport evaluation in the Middle Paraná River. *ResearchGate*.
https://www.researchgate.net/publication/285298995_Sediment_transport_evaluation_in_the_Middle_Parana_River
- Albacete, C. A., & Cañamero, A. C. (2010). La fotografía en la inspección técnico policial. *Derecho y Cambio Social*. <https://www.seguridadpublica.es/pdf/foto.PDF>
- Alley, E. R. (2007). *Water Quality Control Handbook*, second edition. McGraw Hill Professional.
- Andrieu, H., & Chocat, B. (2004). Introduction to the special issue on Urban Hydrology. *Journal of Hydrology*, 299(3-4), 163-165. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.08.001>
- Aronica, G. T., & Candela, A. (2007). Derivation of flood frequency curves in poorly gauged Mediterranean catchments using a simple stochastic hydrological rainfall-runoff model. *Journal of Hydrology*, 347(1-2), 132-142.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.09.011>
- Berne, A., Delrieu, G., Creutin, J., & Obled, C. (2004). Temporal and spatial resolution of rainfall measurements required for urban hydrology. *Journal of Hydrology*, 299(3-4), 166-179. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(04\)00363-4](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(04)00363-4)
- Berthier, E., Andrieu, H., & Creutin, J. (2004). The role of soil in the generation of urban runoff: Development and evaluation of a 2D model. *Journal of Hydrology*, 299(3-4), 252-266. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.08.008>
- Bertoni, J. C., Ambrosino, S., Barbeito, O., Daniele, A., Maza, J., Paoli, C. U., & Serra, J. J. (2004). Inundaciones urbanas en la Argentina.

[http://repo.floodalliance.net/jspui/bitstream/44111/1822/1/Libro-Inundaciones-Urbana s-en-Argentina.pdf](http://repo.floodalliance.net/jspui/bitstream/44111/1822/1/Libro-Inundaciones-Urbana-s-en-Argentina.pdf)

Bladé, E., & Valentín, M. G. (2006). Modelación del flujo en lámina libre sobre cauces naturales: análisis integrado en una y dos dimensiones.

Bouvier, C., Cisneros, L. V., Domínguez, R., Laborde, J., & Lebel, T. (2003). Generating rainfall fields using principal components (PC) decomposition of the covariance matrix: a case study in Mexico City. *Journal of Hydrology*, 278(1-4), 107-120.

[https://doi.org/10.1016/s0022-1694\(03\)00122-7](https://doi.org/10.1016/s0022-1694(03)00122-7)

Burns, D. A., Vitvar, T., McDonnell, J. J., Hassett, J. M., Duncan, J. M., & Kendall, C. (2005). Effects of suburban development on runoff generation in the Croton River Basin, New York, USA. *Journal of Hydrology*, 311(1-4), 266-281.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.01.022>

Cabañero, F. J. (2022). ANÁLISIS DE LA RESTAURACIÓN DE UN ENTORNO FLUVIAL: RECONSTRUCCIÓN DEL AZUD DE LA MARQUESA (CULLERA).

<http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/3211>

Cai, X., & Wang, D. (2006). Spatial autocorrelation of topographic index in catchments. *Journal of Hydrology*, 328(3-4), 581-591. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.01.009>

Carrera-Hernández, J. J., & Gaskin, S. (2007). Spatio temporal analysis of daily precipitation and temperature in the Basin of Mexico. *Journal of Hydrology*, 336(3-4), 231-249. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.12.021>

Castellet, E. B. I., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., Dolz, J., & Coll, A. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. *Revista Internacional De Metodos Numericos Para Calculo Y Diseno En Ingenieria*, 30(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2012.07.004>

Castro, M. E. (2019). Evaluación de muros de contención para estabilización de taludes como propuesta ante la vulnerabilidad sísmica en el asentamiento humano Bellavista, distrito de Independencia, 2018 [Trabajo de investigación para obtener el grado académico de bachiller en ingeniería civil, Universidad César Vallejo].

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35408/B_Castro_MEJ.pdf?sequence=1

Chen, J., Hill, A., & Urbano, L. D. (2009). A GIS-based model for urban flood inundation. *Journal of Hydrology*, 373(1-2), 184-192. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.04.021>

Clarke, R. T., De Paiva, R. C. D., & Uvo, C. B. (2009). Comparison of methods for analysis of extremes when records are fragmented: A case study using Amazon Basin rainfall data. *Journal of Hydrology*, 368(1-4), 26-29.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.01.025>

Cobo, R. (2008). Los sedimentos de los embalses españoles. Fundación para el fomento de la Ingeniería del agua. .

<https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/142249/Cobo%20-%20Los%20sedimentos%20de%20los%20embalses%20espa%C3%B1oles.pdf>

CONTENTS. (s. f.). <https://www.fao.org/3/T0099E/T0099e00.htm>

Cook, A. A., & Merwade, V. (2009). Effect of topographic data, geometric configuration and modeling approach on flood inundation mapping. *Journal of Hydrology*, 377(1-2), 131-142. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.08.015>

Crobeddu, E., Bennis, S., & Rhoulane, S. (2007). Improved Rational Hydrograph method. *Journal of Hydrology*, 338(1-2), 63-72.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.02.020>

Cunderlik, J. M., & Ouarda, T. B. M. J. (2006). Regional flood-duration–frequency modeling in the changing environment. *Journal of Hydrology*, 318(1-4), 276-291.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.06.020>

De Las Naciones Unidas Para Los Refugiados, A. C. (s. f.). RefWorld | Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Refworld.

<https://www.refworld.org/es/docid/57f795a52b.html>

#DRRDay: UN report charts huge rise in climate disasters. (2021a, julio 14). UNDRR.

<https://www.undrr.org/quick/13070>

Eicher, C., & Krejci, V. (1996). A new rainfall data system for urban hydrology in Switzerland. *Atmospheric Research*, 42(1-4), 177-198. [https://doi.org/10.1016/0169-8095\(95\)00062-3](https://doi.org/10.1016/0169-8095(95)00062-3)

Encyclopedia of Geomorphology. (s. f.). Routledge & CRC Press.
<https://www.routledge.com/Encyclopedia-of-Geomorphology/Goudie/p/book/9780415863001>

Environmental Protection Agency. (2003). Protecting water quality from urban runoff. https://www3.epa.gov/npdes/pubs/nps_urban-facts_final.pdf

Ferreira, T. M., & Santos, P. P. (2020). An integrated approach for assessing flood risk in historic city centres. *Water*, 12(6), 1648. <https://doi.org/10.3390/w12061648>

Franchini, M., Galeati, G., & Lolli, M. (2005). Analytical derivation of the flood frequency curve through partial duration series analysis and a probabilistic representation of the runoff coefficient. *Journal of Hydrology*, 303(1-4), 1-15.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.07.008>

Gobierno de México. (s. f.). Desastres en México. Impacto social y económico [Diapositivas]. CENAPRED.
<https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/318-INFOGRAFADESAS-TRESENMEXICO-IMPACTOSOCIALYECONMICO.PDF>

Gómez, H. A. & Mujica, G. L. (2009). Cálculo de las fuerzas actuantes en la cortina y obra de excedencias de la Presa Maximiliano R. López [Tesis como requisito para obtener el grado de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de México].
https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000645467/3/0645467_A1.pdf

González, L. (s. f.-b). El espacio público y un sistema hídrico paralelo, alterno y sustentable para la Ciudad de México - *Revista Ciencias*.
<https://www.revistacienciasunam.com/es/205-revistas/revista-ciencias-125/2075-el-e-spacio-p%C3%BAblico-y-un-sistema-h%C3%ADdrico-paralelo,-alterno-y-sustentable-para-la-ciudad-de-m%C3%A9xico.html>

Han, Q., Wang, X., Li, Y., & Zhang, Z. (2022). River Ecological Corridor: A Conceptual framework and review of the Spatial Management scope. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), 7752.

<https://doi.org/10.3390/ijerph19137752>

Honjo, Y., Moro, H., Ishihara, M., & Otake, Y. (2015). On the Inspection of River Levee Safety in Japan by MLIT. IOS PRESS. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-580-7-873>

Illescas-Capelo, P. L., & Maldonado-Noboa, J. S. (2021). Inspección de daños en la subestructura de un puente de vigas de hormigón armado. *Dominio de las Ciencias*, 7(6), 1421-1445.

International Hydropower Association. (2020). How-to Guide: Hydropower Downstream Flows Regimes.

<https://static1.squarespace.com/static/5c1978d3ee1759dc44fbd8ba/t/6062f3d4b84e224fe00689f9/1617097697901/Hydropower+Downstream+How-to+Guide.pdf>

Kay, A. L., Jones, R. G., & Reynard, N. (2006). RCM Rainfall for UK flood frequency Estimation. II. Climate change results. *Journal of Hydrology*, 318(1-4), 163-172.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.06.013>

Kay, A. L., Reynard, N., & Jones, R. G. (2006). RCM Rainfall for UK Flood frequency Estimation. i. Method and validation. *Journal of Hydrology*, 318(1-4), 151-162.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.06.012>

Khu, S., Di Pierro, F., Savic, D., Djordjević, S., & Walters, G. A. (2006). Incorporating spatial and temporal information for urban Drainage model Calibration: An approach using preference ordering genetic algorithm. *Advances in Water Resources*, 29(8), 1168-1181. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2005.09.009>

Kozlov, D. V., & Yurchenko, A. N. (2020). The role of inspection of hydraulic structures in the assessment of their technical condition. *IOP conference series*, 883(1), 012049.

<https://doi.org/10.1088/1757-899x/883/1/012049>

La Inspección Técnica de las Cimentaciones (I). (2015, 20 mayo). Inspección Técnica de Edificios. <https://inspecciontecnicaedificios.wordpress.com/2012/03/24/10-la-inspeccion-tecnica-de-las-cimentaciones-i/>

Lee, S. (2022). Inspection standards for applying unmanned aerial vehicle photogrammetry to river topographic surveys. *Sensors and Materials*, 34(7), 2675. <https://doi.org/10.18494/sam3845>

Leonard, M., Metcalfe, A., & Lambert, M. F. (2008). Frequency analysis of rainfall and streamflow extremes accounting for seasonal and climatic partitions. *Journal of Hydrology*, 348(1-2), 135-147. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.09.045>

Licea, D. M. (2005). «Encima del mar está el cerro y ahí está el anjel»: significación del agua y cosmovisión en una comunidad tzotzil. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/encima-del-mar.pdf>

Lin, C., Wang, Y., Tfwala, S. S., & Chen, C. (2014). The variation of riverbed material due to tropical storms in Shi-Wen River, Taiwan. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2014/580936>

Lin, G., Chen, L., & Kao, S. (2005). Development of regional design hyetographs. <http://ntur.lib.ntu.edu.tw/bitstream/246246/85082/1/21.pdf>

Mazvimavi, D., Burgers, S., & Stein, A. (2006). Identification of basin characteristics influencing spatial variation of river flows. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 8(3), 165-172. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2005.08.006>

Mignot, E., Paquier, A., & Haider, S. (2006). Modeling floods in a dense urban area using 2D shallow water equations. *Journal of Hydrology*, 327(1-2), 186-199. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.11.026>

Mogollón, D. (2018). Análisis de estabilidad de cauces en ríos de montaña empleando el método químico. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507557607002>

Mora, E., & Pujal i Llombart, M. (2017). La tensión entre el cuidado y el servicio en la didáctica universitaria. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, VIII (22), 45-63. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=299151245003>

Mueller, J. E. (1968). An Introduction to the Hydraulic and Topographic Sinuosity Indexes. *Annals of the Association of American Geographers*, 58(2), 371–385. <http://www.jstor.org/stable/2561621>

Natural Disasters - Country Profile Series - Mexico. (s. f.). <https://www.imua.org/Files/reports/Natural%20Disasters%20-%20Country%20Profile%20Series%20-%20Mexico.html>

Neal, J., Bates, P., Fewtrell, T., Hunter, N., Wilson, M., & Horritt, M. S. (2009). Distributed whole city water level measurements from the Carlisle 2005 urban flood event and comparison with hydraulic model simulations. *Journal of Hydrology*, 368(1-4), 42-55. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.01.026>

Onda, Y., Tsujimura, M., Fujihara, J., & Ito, J. (2006). Runoff generation mechanisms in high-relief mountainous watersheds with different underlying geology. *Journal of Hydrology*, 331(3-4), 659-673. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.06.009>

Orona, LL. D. (2017). Modelo de drenaje pluvial sustentable en la Universidad de Sonora, Campus Hermosillo [Trabajo escrito que para obtener el grado de Maestría en Sustentabilidad, Universidad de Sonora]. http://repositorioinstitucional.unison.mx/bitstream/20.500.12984/4138/1/oronallanoda_vidcarlosm.pdf

Panorama de los desastres en América Latina y el Caribe 2000 - 2022 - World. (2023, 7 septiembre). ReliefWeb. <https://reliefweb.int/report/world/panorama-de-los-desastres-en-america-latina-y-el-caribe-2000-2022>

Parker, G., & Andrews, E. D. (1986). On the time development of Meander bends. *Journal of Fluid Mechanics*, 162(1), 139-156. <https://doi.org/10.1017/s0022112086001970>

Pino, L., Marín, S. L., & Núñez, R. (2015). Indicadores bióticos y fracción de tamaños en la definición de la macrofauna. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 329-336. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue2-fulltext-9>

Pinos, J., & Timbe, L. (2019). Performance assessment of two-dimensional hydraulic models for generation of flood inundation maps in mountain river basins. *Water science and engineering*, 12(1), 11-18. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2019.03.001>

Polluted runoff: Nonpoint source (NPS) pollution | US EPA. (2021, 13 enero). US EPA. https://19january2021snapshot.epa.gov/nps_.html

Reed, S., Schaake, J. C., & Zhang, Z. (2007). A distributed hydrologic model and threshold frequency-based method for flash flood forecasting at ungauged locations. *Journal of Hydrology*, 337(3-4), 402-420. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.02.015>

Reque, N. D. (2018). Estudio de encauzamiento y diseño de defensas ribereñas en el río Reque-sector Ciudad Eten [Trabajo de investigación bibliográfica para optar el título profesional de ingeniero agrícola, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/3817/BC-TES-TMP-2627.pdf>

Rodriguez, F., Andrieu, H., & Creutin, J. (2003). Surface runoff in urban catchments: Morphological identification of unit hydrographs from urban databanks. *Journal of Hydrology*, 283(1-4), 146-168. [https://doi.org/10.1016/s0022-1694\(03\)00246-4](https://doi.org/10.1016/s0022-1694(03)00246-4)

Sánchez, F. (s/f). Ciclo hidrológico. Universidad de Salamanca. https://hidrologia.usal.es/temas/Ciclo_hidrol.pdf

Semadeni-Davies, A., Hernebring, C., Svensson, G., & Gustafsson, L. (2008). The impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: combined sewer system. *Journal of Hydrology*, 350(1-2), 100-113. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.05.028>

Şen, Z., & Habib, Z. (1998). Point Cumulative semivariogram of areal precipitation in mountainous regions. *Journal of Hydrology*, 205(1-2), 81-91. [https://doi.org/10.1016/s0022-1694\(97\)00146-7](https://doi.org/10.1016/s0022-1694(97)00146-7)

Shaw, S. B., Parlange, J., Lebowitz, M., & Walter, M. T. (2009). Accounting for surface roughness in a physically-based urban wash-off model. *Journal of Hydrology*, 367(1-2), 79-85. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.01.004>

Soria, R. I. (2011). Curvas de fragilidad para puentes carreteros típicos del Pacífico Mexicano [Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Estructural, Universidad Autónoma Metropolitana].

http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/5722/Curvas_de_fragilidad_para_puentes%20_2011_Soria_MIE.pdf

Teegavarapu, R. S. V., & Chandra-Mouli, V. (2005). Improved weighting methods, deterministic and stochastic data-driven models for estimation of missing precipitation records. *Journal of Hydrology*, 312(1-4), 191-206.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.02.015>

Tiepolo, M., Belcore, E., Braccio, S., Issa, S., Massazza, G., Rosso, M., & Tarchiani, V. (2021). Method for fluvial and pluvial flood risk assessment in rural settlements.

MethodsX, 8, 101463. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101463>

Thorndahl, S. L., Beven, K., Jensen, J. B., & Schaarup-Jensen, K. (2008). Event based uncertainty assessment in urban drainage modelling, applying the GLUE methodology. *Journal of Hydrology*, 357(3-4), 421-437. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.05.027>

Uhlenbrook, S., Roser, S., & Tilch, N. (2004). Hydrological process representation at the Meso-scale: the potential of a distributed, conceptual catchment model. *Journal of Hydrology*, 291(3-4), 278-296. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.12.038>

Villarini, G., Smith, J. A., Serinaldi, F., Bales, J. D., Bates, P., & Krajewski, W. F. (2009). Flood frequency analysis for nonstationary annual peak records in an urban drainage basin. *Advances in Water Resources*, 32(8), 1255-1266.

<https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2009.05.003>

Yamaoka, I., Iahr, M. y Hasegawa, K. (1984). Efectos de curvas y barras alternas en la evolución de meandros.

Yanmaz, A. M., Caner, A., & Berk, A. (2007b). Renovation of a Safety-Inspection methodology for river bridges. ResearchGate. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3828\(2007\)21:5\(382\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3828(2007)21:5(382))