

## Estudio comparativo de normativas para adecuaciones hidráulicas del cono sur americano

Alejandro R. Ruberto <sup>a\*</sup> Mauricio J. Giménez <sup>b</sup>; Florencia D. Fleitas <sup>c</sup>; Marco A. Sosa <sup>d</sup>; Marcelo J. M. Gómez <sup>e</sup>

<sup>a, b, c, d, e</sup> Dpto. de Hidráulica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina; [aleruberto44@yahoo.com.ar](mailto:aleruberto44@yahoo.com.ar); [mauriciogimenez67@gmail.com](mailto:mauriciogimenez67@gmail.com); [danifleitas015@gmail.com](mailto:danifleitas015@gmail.com); [marco.sosa1923@hotmail.com](mailto:marco.sosa1923@hotmail.com); [mgichaco@yahoo.com](mailto:mgichaco@yahoo.com)

---

### Resumen

La infraestructura terrestre y fluvial en la región suramericana no está adecuadamente desarrollada para satisfacer la demanda de mercadería del corredor bioceánico que vincula al océano Pacífico con el Atlántico. Las normas de diseño hidráulico de rutas del Mercosur difieren en parámetros y tiempos de recurrencia, lo que ha llevado a un no homogéneo cálculo de la red vial y sus obras hidráulicas en los países involucrados.

Existe un vacío metodológico homogéneo para realizar cálculos de infraestructura, lo que puede generar gastos innecesarios y/o colapsos que afectan la economía y la logística regional e internacional.

El abordaje se enfoca en analizar las normativas vigentes en países del Mercosur y Conosur, especialmente en métodos hidrológicos e hidráulicos utilizados para la adecuación al paso del agua de las vías de comunicación. El objetivo es encontrar soluciones más efectivas y homogéneas que optimicen las infraestructuras hidráulicas y reduzcan costos.

Argentina, Paraguay y Bolivia son los países elegidos para ser analizados en esta etapa debido a su diversidad hidrológica y climática y también a regiones en común.

Se consideran factores como escorrentía, patrones de lluvia, tipos y cambios en el uso del suelo, para entender el comportamiento del flujo de agua en la región y cómo afecta la planificación y diseño de infraestructuras hidráulicas.

**Palabras Clave** Comparativa, Mercosur, Adecuación Hidráulica, Normativa.

### 1 Introducción

El mayor flujo de transacciones de mercaderías que se mueven en Sudamérica generalmente se concentran a través de los mega puertos de San Francisco do Sul y San Pablo en Brasil, siendo que la mayor demanda mundial hoy se concentra y mueve por el océano Pacífico.

El trayecto en estudio abarca más de diez regiones y estados, con un recorrido de rutas mayor a 5.000 km, atraviesa más de diez pasos fronterizos y arriba a, por lo menos, cuatro puertos al océano Pacífico. Actualmente la conexión este-oeste, tanto terrestre como fluvial, es de poca relevancia y carece de infraestructura acorde a la demanda.

Los países involucrados han avanzado de forma poco planificada en el desarrollo de su red vial y con normativas distintas para el diseño de sus obras hidráulicas puesto que varias de sus reparticiones las poseen aunque sin especificar parámetros de diseño acorde a los datos disponibles por zonas, y sin tener en cuenta la variabilidad areal; sumado a ello las normativas de diseño hidrológico - hidráulico de rutas del Mercosur difieren no sólo en parámetros solicitados para su dimensionado, sino también en los tiempos de recurrencias y verificaciones.

Actualmente existe un vacío metodológico que permita realizar cálculos con datos existentes por zonas homogéneas, varios con períodos de recurrencias disímiles y que repercuten al erario público en su sobredimensionamiento, o en caso de, por ejemplo, obras de arte que se encuentran al borde del colapso o en ruinas requieren el costo de su nueva ejecución, generando gasto indirectos como por ejemplo en la logística de productos, lo que puede generar pérdida de tiempos debido a mayores longitudes de traslado debido a la redistribución del tránsito.

Este análisis de las normativas vigentes en países miembros del Mercosur se enfoca en los métodos hidrológicos e hidráulicos utilizados para las adecuaciones en las vías de comunicación; mediante la recopilación se busca la identificación de similitudes y diferencias en estos enfoques permitiendo buscar soluciones más efectivas y homogéneas, que promuevan la optimización de los estudios hidrológico-hidráulicos.

Argentina en su extenso y diverso territorio comparte características similares con países limítrofes en la geografía y sus climas. Este apartado se enfocó en identificar cómo se genera la escorrentía considerando aspectos topográficos, patrones de lluvia, tipos de suelo, entre otros parámetros relevantes, permitiendo observar cómo es el comportamiento hidrológico de algunas regiones.

Otro factor de relevancia son los cambios significativos en el uso del suelo, lo que ha afectado directamente el escurrimiento superficial. Ha sido tomado en cuenta este factor y su influencia en el comportamiento del flujo de agua en la región considerando cómo estos cambios afectan la planificación y el diseño de las infraestructuras hidráulicas.

Ésta etapa se enfoca en el análisis de tres países del Mercosur: Argentina, Paraguay y Bolivia, los cuales proporcionan una muestra representativa de la diversidad hidrológica y climática regional.

## **2 Desarrollo**

A continuación se realiza una desagregación, ordenada por países y analizando cada uno de ellos por separado según:

## 2.1 Bolivia

La entidad encargada de establecer los lineamientos normativos del diseño hidrológico e hidráulico de las obras viales es la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC) la cual forma parte del Ministerio de Obras Públicas y se encarga además de la planificación y administración de la Red Vial Fundamental, incluida la evaluación, diseño, construcción, mejoramiento, mantenimiento y operación. ABC fue fundada en 2006 y su oficina central se ubica en La Paz.

La entidad mencionada establece distintos manuales para el diseño vial, en cuanto al diseño geométrico [1] y también cuenta con un Manual de planos de obras tipo [2].

El lineamiento normativo respecto a la parte Hidráulica lo realiza a través de uno de sus Manuales Técnicos para el Diseño De Carreteras, puntualmente en el volumen: Hidrología y Drenaje [3].

El propósito de dicha normativa es:

- Estimar la magnitud y frecuencia del escurrimiento producido por las tormentas.
- Conocer el drenaje superficial natural del terreno y restituir aquellos drenajes interceptados por el camino.
- Determinar las características del flujo de agua subterránea, y
- Estudiar el efecto que la carretera tiene sobre los canales y cursos de agua existentes, cuyo trazado debe ser modificado.

Presenta recomendaciones y normas de diseño generales para ayudar al Ingeniero Projectista y conseguir una razonable uniformidad en el diseño de estas obras, pero en ningún caso, el contenido del volumen reemplaza el conocimiento de los principios básicos de la Ingeniería ni a un adecuado criterio profesional.

Este volumen se encuentra dividido en ocho capítulos: Aspectos Generales, Hidrología, Drenaje Transversal, Drenaje de la Plataforma, Diseño de Canales en Régimen Uniforme, Drenaje Subterráneo, Procedimientos y Técnicas de Hidráulica y Mecánica Fluvial, Defensas Fluviales y Criterios Ambientales.

En cada uno de estos capítulos se encuentran recomendaciones de diseño hidráulico de las obras, incluyendo los antecedentes técnicos necesarios para su aplicación y se especifican normas y criterios de proyecto.

Se establecen en el mismo los criterios de diseño de parámetros utilizados y características particulares para cada tipo de obra de arte, como ser velocidades de escurrimiento, pendientes, coeficientes de rugosidad, entre otros; con valores definidos para cada tipo de obra.

Respecto a la forma de realizar el estudio hidrológico, divide al mismo en cinco pasos característicos:

- Elección del Período de Retorno (TR).
- Caracterización hidrográfica del área de estudio.
- Recopilación de datos meteorológicos.
- Análisis de los datos hidrológicos.
- Estimación de los caudales de diseño.

**Tiempo de concentración (TC):** Para el cálculo del mismo utiliza las expresiones propuestas por diferentes autores, las cuales se expresan en las tablas 1.3-2 y 1.3-3.

Son expresiones de tipo empírico que se obtuvieron bajo ciertas condiciones particulares, estableciendo diferencias según las características de la cuenca. Como norma general para el tiempo de concentración, el manual establece que no debe ser inferior a 10 minutos, salvo que se tengan mediciones en terreno que justifiquen adoptar valores menores.

**Recopilación de datos:** se toma la información básica de las estaciones meteorológicas del país, la cual es recopilada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la misma es la institución encargada de administrar la red de medición a nivel nacional, aunque en algunos casos es posible obtener registros de algunas instituciones privadas también.

Cualquiera sea el caso, para los fines propuestos en el Manual es posible obtener, en la mayoría de los casos, datos de precipitación en dos categorías: - Informe mensual y anual de datos pluviométricos y/o pluviográficos.

- Planilla de precipitación máxima diaria o de 24 horas.

**Cálculo de la precipitación media:** Conocida la precipitación en una serie de estaciones de una red pluviométrica, normalmente resulta necesario establecer la magnitud media de la precipitación en una determinada zona, cuenca o región, la normativa recomienda la utilización del método de los Polígonos de Thiessen.

**Elección del periodo de retorno:** considera la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla aceptable, dependiendo de factores económicos, sociales, ambientales y técnicos entre otros.

El criterio de brindar protección total podría resultar lógico, es decir, no aceptar ningún riesgo durante la vida operativa, lo que implicaría construir obras de drenaje de desproporcionadas magnitudes tanto físicas como económicas; lo que obliga a seleccionar un nivel de protección menor, elección que depende fundamentalmente de dos hechos:

– La importancia de la vía que va a protegerse (tipo de vía), pues de ella depende que se causen mayores o menores daños.

– La función que desempeña la obra, la integridad de la vía debe garantizarse en grado mayor que el libre tránsito de vehículos.

Se presenta un resumen de los periodos de retorno y recomendaciones establecidas en la normativa a fin de no caer en sobredimensionamientos:

Tipo de obra	Tipo de ruta	Período de retorno (T años)		Vida útil supuesta (n; años)	Riesgo de falla (%)	
		Diseño (3)	Verificación (4)		Diseño	Verificación
Puentes y viaductos (1)	Carretera	200	300	50	22	15
	Camino	100	150	50	40	28
Alcantarillas ( $S > 1,75 \text{ m}^2$ ) o Hterrap $\geq 10 \text{ m}$ y Estructuras enterradas (2)	Carretera	100	150	50	40	28
	Camino	50	100	30	45	26
Alcantarillas ( $S < 1,75 \text{ m}^2$ )	Carretera	50	100	50	64	40
	Camino	25	50	30	71	45
Drenaje de la plataforma	Carretera	10	25	10	65	34
	Camino	5	10	5	67	41

Defensas de riberas	Carretera	100		20	18	-
	Camino	100	-	20	18	-

<sup>(1)</sup> En el caso de Viaductos, el cálculo de caudales en crecida está destinado a calcular la socavación en las fundaciones de las pilas. Igual T se emplea para el cálculo de socavaciones en puentes.

<sup>(2)</sup> Las alcantarillas de drenaje construidas bajo terraplenes de altura  $\geq 10$  m deben diseñarse para estos Períodos de Retorno, cualquiera sea su Sección. En esta misma categoría se clasificarán las estructuras proyectadas bajo el nivel del terreno natural circundante, destinadas al cruce desnivelado de dos vías.

<sup>(3)</sup> Para la etapa de diseño de puentes y defensas de ribera, la revancha mínima asociada a la cota de aguas máximas para el período de retorno de diseño debe ser de 1,0 m.

<sup>(4)</sup> Para la verificación hidráulica de puentes se considerará que la revancha asociada a la cota de aguas máximas para el período de retorno de verificación puede reducirse a 0,30 m.

Se observa que la misma incluye periodos de retorno de diseño y periodos de retorno como verificación y se toma como parámetro de diseño a la variable caudal.

**Tratamiento de eventos máximos:** el manual establece los TR utilizando los modelos que considera de mayor aceptación, mediante estos cuales se efectúa normalmente el análisis son Gumbel (Valor Extremo tipo I) y Log-Pearson (tipo III), dejando a criterio del proyectista la elección del método de cálculo.

**Obtención de las curvas IDF:** El diseño hidráulico de las obras de drenaje requiere el uso de las llamadas curvas Intensidad – Duración – Frecuencia de lluvias (IDF). Estas relaciones presentan la variación de la intensidad de la lluvia de distintas duraciones, asociadas a diferentes probabilidades de ocurrencia, siendo necesarias para estimar indirectamente el escurrimiento proveniente en función de la lluvia caída.

En el manual se explican dos métodos:

1 - Obtención de curvas IDF a partir de datos pluviográficos:

Para determinar las curvas IDF a partir de datos pluviográficos, es necesario contar con registros de lluvia en el lugar de interés y seleccionar la lluvia más intensa de diferentes duraciones en cada año, con el fin de realizar un estudio de frecuencia con cada una de las series así formadas.

## 2 - Obtención de curvas IDF a partir de datos pluviométricos:

Debido a que la disponibilidad de registros pluviográficos en el país es escasa y si sólo se dispone de estadísticas pluviométricas diarias, sólo se dispondrá de un punto de la curva, correspondiente a la intensidad media diaria o en 24 h. Es importante señalar que cuando sólo se dispone de datos aportados por un pluviómetro en una estación, es evidente que, en general, sólo se podrá conocer la intensidad media en 24 horas. Como se comprenderá, esta información puede inducir a errores por defecto, por cuanto las lluvias de corta duración son, en general, las más intensas.

Por lo que en el país es más común contar con coeficientes observados para precipitaciones de 1 hora de duración en relación a 24 horas que con información pluviográfica en una determinada región, por ejemplo en instituciones como PROMIC, AASANA y SENHAMI.

**Estimación de los caudales de diseño:** El objetivo del cálculo de la crecida de diseño es asociar una probabilidad de ocurrencia a las distintas magnitudes de la crecida. Para lograr este fin se cuenta con procedimientos directos, regionales e indirectos. Los primeros requieren valores de caudales máximos observados en el punto de interés; los segundos se utilizan cuando no existen observaciones o existen pocas observaciones de caudales en el lugar del estudio y se justifican las decisiones analizando los datos de otros lugares similares; y los últimos estiman las crecidas en base a la relación que existe entre la precipitación u otras variables explicativas y el escurrimiento.

Se recomienda que el procedimiento de cálculo que se adopte, incluya la utilización de al menos dos de estos métodos de manera independiente, sumando un análisis de sensibilidad de los resultados ante cambios en los parámetros o en las condiciones iniciales. Para así se obtener una estimación del comportamiento hidrológico del caudal máximo en varios escenarios, para posteriormente emplear la experiencia y un criterio adecuado en la selección del valor de diseño apropiado para el caso en estudio.

### 2.2 Paraguay

La normativa paraguaya tiene como objetivo principal eliminar el exceso de agua superficial sobre el camino y restituir la red de drenaje natural. La misma sigue el Manual de Carreteras de Paraguay la cual se encuentra compuesto por quince volúmenes, siendo el analizado el volumen I: Normas para Obras de Drenaje Vial, poniendo énfasis al tomo 3, Hidrología [5], donde se presentan recomendaciones y normas de diseño generales.

Para cumplir estos fines se requiere:

- Estimar la magnitud y frecuencia del escurrimiento producido por las tormentas.

- Conocer el drenaje superficial natural del terreno y restituir aquellos drenajes interceptados por el camino.
- Determinar las características del flujo de agua subterránea
- Estudiar el efecto que la carretera tiene sobre los canales y cursos de agua existentes, cuyo trazado deba ser modificado

Dentro de los puntos de mayor relevancia, se tiene en primera instancia el *periodo de retorno para diseño*, donde se debe considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia del evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla aceptable, el cual va a variar en función de ciertos factores, como ser económicos, sociales, ambientales, técnicos, etc.

Para determinar la probabilidad de falla durante el periodo de vida útil de la estructura, se utiliza la siguiente expresión:

$$r = 1 - i$$

Siendo:

- $r$  = riesgo
- $T$  = período de retorno
- $n$  = vida útil

Al mismo tiempo, se puede utilizar un *modelo probabilístico*, que represente la muestra. Los modelos aconsejados son el modelo de valores extremos Tipo I (distribución de Gumbel), la distribución Log-Pearson III o Pearson III y las distribuciones de probabilidad normal y log-normal. Cada proyectista deberá seleccionar la mejor alternativa.

Otro factor de importancia corresponde a las curvas *de intensidad-duración-frecuencia de lluvia*. Las mismas deben ser recalculadas cada periodo de 5 años.

Para la región oriental de Paraguay, las curvas IDF han sido elaboradas por el Departamento de Desarrollo de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción (Monte Domeq, R. et. al.), las mismas fueron elaboradas para las ciudades de Asunción, Villarrica y Concepción [7].

Con respecto a la determinación de caudal se utiliza el *método racional*, que supone que el escurrimiento máximo proveniente de una tormenta es proporcional a la lluvia caída.



Para determinar el tiempo de concentración para cuencas, el reglamento define un gran número de autores (normas españolas, California Culverts Practice, Giandotti, SCS), recomendando la utilización del método del SCS.

Para la elección de alcantarillas se tienen las siguientes características:

- El diámetro para alcantarillas de caminos locales o de desarrollo deberá ser al menos 0,8 m, o bien 1 m si la longitud de la obra es mayor a 10 m. En las demás categorías de caminos y carreteras el diámetro mínimo será de 1m. En obras de drenaje urbano es admisible usar tubos de 0,60 m para conexiones cortas, como de sumidero a registro.
- La separación de los tubos en instalaciones múltiples, medidas entre las superficies externas, deberá ser igual a la mitad del diámetro del tubo con un máximo de 1 m. y un mínimo de 0,4 m, a fin de facilitar la compactación del material de relleno
- Los materiales más usados para las alcantarillas son el hormigón armado in situ o prefabricado, y los pequeños puentes o “pontillones” con o sin solera de hormigón, muros de piedra bruta colocada y losa de hormigón armado.

Según sea la categoría de la carretera se deben considerar las siguientes vidas útiles:

- Autopistas y Rutas Primarias > 50 años.
- Colectores y Locales > 30 años.
- Desarrollo > 10 años.

País	<b>Paraguay</b>	
Elementos	NORMAS DE DRENAJE VIAL	
NORMATIVA UTILIZADA	Caudales	
Variable de diseño:	-	
Criterio de diseño	-	
Periodo de retorno:	<b>OBRA</b>	<b>TR (años)</b>
	Vías de circulación normales	Autopistas: 25 Autorrutas y primarios:10 Caminos: 5
	Rampas	Autopistas: 25 Autorrutas y primarios:10 Caminos: 5
	Ramales y otros empalmes de importancia similar	Autopistas: 25 Autorrutas y primarios:10 Caminos: 5
	Puntos bajos de calzada y secciones bajo nivel de terreno	Autopistas: 50 Autorrutas y primarios:25

		Caminos: 10
Vida útil	Alcantarillas para autopistas y rutas primarias	50
	Alcantarillas para colectores y locales	30
	Alcantarillas para carreteras en desarrollo	10
Función de distribución usada para estimar variable	Distribución normal, Los modelos log-normal, de dos y tres parámetros, distribuciones de valores extremos tipo I y valores extremos generalizados, distribución gama o Pearson tipo III	
Dimensiones mínimas	Varía según el elemento a considerar	

### 2.3 Argentina

La misma no posee una normativa específica común a todos los organismos para dicho fin, por tanto, muchas veces el diseño hidrológico para las vías de comunicación queda determinado en función del criterio y experiencia de cada proyectista; de todas formas, se analizan dos normativas que se utilizan para tal fin.

- ***NORMAS TÉCNICAS SOBRE ESTUDIOS DE HIDROLOGÍA DE CRECIDAS*** [5].

En la misma se indican los estudios hidrológicos que deben realizarse para el diseño de estructuras vinculadas a cursos de agua para el caso de estructuras de terraplenes y obras ferroviarias; la misma tiene en cuenta el cálculo de condiciones de máxima probables teniendo en cuenta periodos de recurrencia significativos.

Los estudios hidrológicos aplicables son tres, cada una con sus respectivas características:

1. **Métodos empíricos:** se utilizan cuando se carezca de datos estadísticos relacionados con el comportamiento del cauce o con las lluvias del lugar. Suelen aplicarse a obras de poca envergadura.
2. **Métodos hidrometeorológicos:** se utilizan cuando no se posean datos del hidrograma de crecidas de las cuencas de estudio, pero sí de las condiciones pluviométricas en uno o varios puntos de la misma. Son aplicables en cuencas relativamente pequeñas. Cuando se trate de grandes superficies deben subdividirse. Entre ellas se pueden nombrar: el método racional, método del hidrograma triangular sintético, método del hidrograma sintético de Snyder, etc.

3. Métodos probabilísticos: se basan en el estudio de los registros históricos de los caudales máximos a fin de estimar probabilidades futuras de ocurrencia de crecidas. Son ejemplos para este tipo de métodos: California, Gumbel, Pearson II, etc.

- **DETERMINACIÓN DEL DERRAME MÁXIMO SUPERFICIAL DE LAS CUENCAS IMBRÍFERAS [6]**

Permite conocer el derrame máximo superficial de cuencas imbríferas y puede ser aplicado a cuencas de hasta 2.000 km<sup>2</sup> de superficie, longitudes de cauce de hasta 100 km y tiempos de concentración de hasta 9 horas, permitiendo extrapolarlas a 12 horas.

Los parámetros de importancia son: área de la cuenca hidrográfica, el coeficiente de escorrentía es considerada su variación con la intensidad de precipitación, tiene en cuenta la retención superficial y la del cauce.

La obtención de los caudales máximos por el Método Racional Generalizado (Ruhle) se realiza a través de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{\alpha \cdot \beta \cdot A \cdot E \cdot R}{360}$$

El coeficiente “ $\beta$ ” tiene en cuenta la reducción del derrame por la retención del cauce.

El coeficiente “ $\alpha$ ” tiene en cuenta la menor intensidad de precipitación en grandes áreas en relación a la intensidad puntual del registro, el mismo disminuye en la medida que aumenta el área “A” y la precipitación “R”.

El método propone para el cálculo de la intensidad máxima esperable para una determinada recurrencia, utilizando en primera instancia asociada a un periodo de retorno de 25 años, empleando un ábaco que abarca a todo el territorio nacional a partir de unos pocos datos pluviométricos.

### 3 **Resultados**

Se analizaron y compararon las normas para adecuaciones hidráulicas de tres países contiguos con sus respectivas similitudes regionales.

Los resultados denotan una falta de similitud en lo cuantitativo al momento del diseño con dichos parámetros hidrológicos, siendo las mismas obras a las cuales se desea abordar.

Para los tiempos de retorno se analizó a cada país por separado teniendo en cuenta la magnitud de las obras propuestas, siendo que en primera instancia las mismas no poseen igual subdivisiones en el tipo de obra.

En Paraguay se proponen analizar vías de circulación normal, Rampas, Ramales y Puntos bajos, donde en todos estos tipos de estructuras se vuelven a dividir según su importancia, es decir que una autopista necesita ser evaluada con un TR de 25 años, para una autorrutas y primarios es de 10 años y para caminos 5 años.

Bolivia posee otra clasificación de tipos de obras como puentes y viaductos para los que asigna 200 y 100 años, para alcantarillas de secciones mayores a 1,75 m<sup>2</sup> o alturas de terraplenes mayores o igual a 10 m y también estructuras enterradas asignan 100 y 50 años; y para alcantarillas de luces menores a 1,75 m<sup>2</sup> de 50 y 25 años.

Para el drenaje de la plataforma 10 y 5 años y para defensas de riberas 100 años; se consigna que todos estos tipos de obras poseen las mismas clasificaciones de carreteras y caminos.

Argentina tiene mayor preponderancia el criterio proyectista en La Dirección Nacimiento de Vialidad y Ferrocarriles Argentinos.

Se compararon los Tiempos de Vida Útil también para el Diseño de Obras de Infraestructura Vial de Paraguay, Bolivia y Argentina.

En Paraguay y Bolivia aparecen diferencias significativas en las clasificaciones y durabilidad que le asignan a las estructuras. Estas divergencias deben ser consideradas en función de las características particulares de cada país y la envergadura de las obras a desarrollar.

En el contexto paraguayo se realiza una categorización generalizada de las obras, específicamente en las alcantarillas para autopistas y Rutas Primarias, donde se establece una vida útil mayor a 50 años. Similarmente para alcantarillas destinadas a Colectores y Locales se prescribe una duración mínima de 30 años.

No obstante, para las alcantarillas en carreteras en etapa de desarrollo, se establece un umbral de 10 años mínimo.

Argentina no considera la vida útil de las obras como elemento a considerar en el diseño.

Y Bolivia adopta una perspectiva más detallada en su normativa definiendo diferentes categorías de estructuras. Puentes y viaductos se segmentan en 200 y 100 años de vida útil, mientras que las alcantarillas de superficie mayor a 1,75 m<sup>2</sup> o terraplenes de altura igual o superior a 10 m y también las estructuras enterradas se subdividen en 100 y 50 años.

Las alcantarillas con luces menores a 1,75 m<sup>2</sup> se fragmentan en 50 y 25 años, y en el caso del drenaje de la plataforma y las defensas de riberas, se establece una duración de 10 y 5 años respectivamente.

Resulta de importancia tener en cuenta que el nivel de riesgo que deben asumir las estructuras mencionadas está sujeto a una serie de factores como económicos, sociales, ambientales y técnicos.

En Bolivia se desarrolló una clasificación específica para distintos tipos de obras, como Puentes y Viaductos, los cuales se subdividen en categorías de 22 y 40 años de vida útil. En las alcantarillas con área superficial mayor a 1,75 m<sup>2</sup> o altura de terraplén igual o superior a 10 m, así como estructuras enterradas, se establecen subcategorías de 40 y 45 años de durabilidad; y para alcantarillas con luces menores a 1,75 m<sup>2</sup> se dividen en segmentos de 64 y 71 años.

Para el drenaje de la plataforma, se detallan periodos de vida útil de 65 y 67 años, mientras que las Defensas de riberas se consideran con un ciclo de vida de 18 años. Se destaca que todas estas tipologías de obras comparten las mismas categorías de clasificación que se aplican a carreteras y caminos.

Paraguay y Argentina se diferencian porque la implementación se guía según el criterio del diseñador y la relevancia o magnitud inherente al proyecto en cuestión.

#### **4 Conclusiones**

Se destaca la importancia en la investigación relacionada con el estudio comparativo de normativas de adecuación hidráulica en el cono sur americano, donde a lo largo de este planteo se exponen las diferencias de las formas de abordar que tiene cada país respecto a los parámetros y variables tenidas en cuenta para su dimensionamiento.

El análisis comparativo de normativas permite poner en evidencia las cuestiones actuales que enfrenta la región en términos de infraestructura hidráulica y vial al destacar estas cuestiones y se abre la oportunidad de buscar soluciones más efectivas, homogéneas y adaptadas a las necesidades específicas de cada región con el objeto de mejorar la infraestructura y promover el desarrollo sostenible y seguro en el cono sur americano.

A largo plazo es de importancia generar mejoras en la formación profesional del conocimiento de esta extensa región, pudiendo así lograr una mejor aproximación al conocimiento de los procesos hidrológicos y particularmente del fenómeno de precipitación - escorrentía que influye sobre los terraplenes.

También esta comparativa busca intentar llegar a abordar similares criterios y análisis donde estos países comparten similitudes en la extensa morfología de la región.

La homogeneización de la normativa podría implicar grandes ventajas al desarrollo de la región, como ser:

Identificar mejores prácticas y enfoques más efectivos utilizados en diferentes países para optimizar las metodologías de cálculo y consecuentemente mejorar el diseño de las infraestructuras hidráulicas y poder implementar soluciones más eficientes y adecuadas a las necesidades específicas de cada región.

Contribuiría a la optimización de las infraestructuras hidráulicas, evitando gastos innecesarios, haciendo posible seleccionar los parámetros y métodos más adecuados para el diseño de las rutas y obras hidráulicas complementarias.

El análisis comparativo también considera factores hidrológicos y climáticos específicos de la región como la escorrentía, patrones de lluvia, tipos de suelo y cambios en el uso del mismo. Esto proporciona una comprensión más profunda del comportamiento del flujo de agua en la región, permitiendo una mejor y más adecuada planificación y diseño.

Sin embargo, realizar este tipo de análisis también presenta desafíos puesto que la complejidad y diversidad de las normativas de los países involucrados pueden dificultar la comparación y encontrar soluciones comunes. Además, la falta de levantamientos sistemáticos de datos hidrológicos en algunos países puede limitar la homogenización, factor que debe ser reconsiderado.

Y también el análisis comparativo debe considerar la incertidumbre asociada a los cambios climáticos futuros sabiendo que las condiciones hidrológicas pueden variar a lo largo del tiempo debido al cambio climático, lo que implica que las normativas deben ser suficientemente flexibles para adaptarse a estas posibles variaciones.

A pesar de estos desafíos, el análisis comparativo de normativas de adecuación hidráulica podría ser una herramienta valiosa para mejorar la infraestructura terrestre y fluvial en la región del cono sur americano. Al identificar fortalezas y debilidades de las regulaciones existentes, se pueden tomar mejores decisiones.

Finalmente, surge del análisis que Paraguay y Argentina mantienen un enfoque más amplio y flexible en la toma de decisiones del proyectista.

## **Bibliografía:**

- [1] V. Autores, Manual de Diseño Geométrico, Manual de Carreteras, Volumen 1, La Paz, Bolivia: Administradora Boliviana de Carreteras, 2007.
- [2] V. Autores, Manual de Planos de obras tipo, Manual de Carreteras, Volumen 6, La Paz, Bolivia, 2011.
- [3] V. Autores, Manual de Hidrología y Drenaje, Manual de Carreteras, Volumen 2, La Paz, Bolivia: Administración Boliviana de Carreteras, 2009.
- [4] V. Autores, Manual de Carreteras de Paraguay, Tomo 3: Normas para Drenaje Vial, Asunción, Paraguay: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2011.
- [5] F. A. -. Gerencia de Infraestructura, Normas Técnicas sobre Estudios de Hidrología de Crecidas (I-GVO OA 004), Argentina, mayo de 1990.
- [6] F. Ruhle, Determinación del derrame superficial de las cuencas imbríferas, Método Racional Generalizado, Buenos Aires, Argentina: Dirección Nacional de Vialidad, 1966.
  
- [7] Monte Domecq, R. et al. (?). “Cálculo de las curvas IDF de Asunción, Villarica y Concepción”. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.