

**GUÍA PARA LA
REUBICACION DE PUENTES
SUB-UTILIZADOS**

ALEJANDRO SUAZA VÉLEZ

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍAS**

2012

**GUÍA PARA LA
REUBICACIÓN DE PUENTES
SUB-UTILIZADOS**

ALEJANDRO SUAZA VÉLEZ

Trabajo de grado presentado como
requisito parcial para optar al título
de Ingeniero Civil

ASESOR: ING ALEJANDRO OSPINA

**MEDELLÍN
UNIVERSIDAD EAFIT
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
2012**

NOTA DE ACEPTACION

PRESIDENTE DEL JURADO

JURADO

JURADO

Medellín

CONTENIDO

1. Resumen	10
2. Introducción	11
3. Objetivos	15
3.1. Objetivo general	15
3.2. Objetivos específicos	15
3.2.1 Objetivo específico	15
3.2.2 Objetivo específico	15
3.2.3 Objetivo específico	15
4. Marco teórico	16
4.1. Estudio de tránsito y movilidad	17
4.1.1. Estudio de movilidad	17
4.1.2. Dictámenes del tránsito y análisis de tráfico	18
4.1.3. Aspectos funcionales	21
5. Informes técnicos	24
5.1. Informe técnico sobre la Avenida 80 con el Colegio San Carlos	25
5.2. Informe técnico sobre calle San Juan con la Iglesia La América	27
6. Estudios sociales	29
6.1 Lugares	29
6.2 Información a la comunidad.	29
6.3. Factibilidad	29
6.4. Posibles encuestas a realizar.	30
6.5. Lugares a los que se les quitará el puente.	34
6.6 Reemplazos.	35

6.7 Trabajo de información y concientización.	35
6.8 Información adicional.	35
7. Estudios constructivos.	36
7.1 Estudios estructurales.	36
7.1.1. Estudio de carga.	36
7.1.2. Clasificación de carga.	36
7.1.3. Estudio de los materiales.	37
7.1.4. Diseños	37
7.2. Estudio de suelos.	37
7.2.1 Ubicación	38
7.2.2. Descripción del proyecto.	38
7.2.3 Investigación de laboratorio.	38
7.2.4. Tipo de cimentación.	38
7.2.5. Estudio de suelos Quebrada la Limona en San Antonio de Prado y Quebrada Santa Elena.	38
7.3. Estudios hidráulicos e hidrológicos.	53
7.3.1. Localización.	54
7.3.2. Metodología	54
7.3.3 Parámetros morfométricos.	54
7.3.4. Caudales definitivos.	54
7.3.5. Conclusiones.	54
7.3.6. Estudios hidráulicos e hidrológicos Quebrada la Limona en San Antonio de Prado y Quebrada Santa Elena.	55
7.4. Estudio ambiental.	67
7.4.1. Impacto ambiental preliminar.	68

7.4.2. Impacto ambiental detallado.	68
7.4.3. Datos requeridos.	68
7.5. Logística.	69
8. Conclusiones.	71
9. Recomendaciones.	75
Glosario.	76
Bibliografía.	78

CUADRO DE IMÁGENES

- Imagen 1. Cruce peatonal en el barrio la América sobre San Juan.
- Imagen 2. Cruce peatonal en el barrio la América sobre San Juan.
- Imagen 3. Cruce peatonal en el colegio San Carlos sobre la carrera 80.
- Imagen 4. Cruce peatonal en el colegio San Carlos sobre la carrera 80.
- Imagen 5. Puente peatonal en el barrio la América sobre la avenida San Juan.
- Imagen 6. Puente peatonal en el barrio la América sobre la avenida San Juan.
- Imagen 7. Puente peatonal en el colegio San Carlos sobre la carrera 80.
- Imagen 8. Puente peatonal en el colegio San Carlos sobre la carrera 80.
- Imagen 9. Puente a restituir en Quebrada de Santa Elena.
- Imagen 10. Puente a restituir en Quebrada de Santa Elena.
- Imagen 11. Puente a restituir en Quebrada de santa Elena.
- Imagen 12. Puente a restituir en San Antonio de Prado.
- Imagen 13. Puente a restituir en San Antonio de Prado.
- Imagen 14. Puente a restituir en San Antonio de Prado.
- Imagen 15. Quebrada el Limonar en San Antonio de Prado.
- Imagen 16. Ubicación barrio el Limonar. San Antonio de Prado
- Imagen 17. Quebrada el Limonar en el sector donde se construirá el puente.
- Imagen 18. Ubicación sector Media Luna. Zona Rural Santa Elena.

CUADRO DE TABLAS

- Tabla 1. Aforo cruce peatonal en el barrio la América sobre San Juan
- Tabla 2. Cruce de personas Vs horas. Barrio la América sobre San Juan
- Tabla 3. Profundidades alcanzadas por sondeos exploratorios.
- Tabla 4. Tipo y cantidad de ensayos de laboratorio
- Tabla 5. Posición del nivel freático con respecto al nivel inicial del sondeo exploratorio.
- Tabla 6. Sistema de fundación propuesta para los estribos del puente a proyectar.
- Tabla 7. Parámetros geotécnicos para el diseño de estribos.
- Tabla 9. Profundidad alcanzada por los sondeos exploratorios.
- Tabla 10. Tipo y cantidad de ensayos de laboratorio.
- Tabla 11. Profundidad del nivel freático.
- Tabla 12. Sistema de fundación propuesto para los estribos del puente.
- Tabla 13. Parámetros geotécnicos para el diseño de muros.
- Tabla 14. Parámetros sísmicos según NSR – 10
- Tabla 15. Información general de la estación de iniciación en la zona des estudio.
- Tabla 16. Parámetros morfométricos de la cuenca de la Quebrada Santa Elena.
- Tabla 17. Caudales máximos seleccionados para la cuenca de la Quebrada Santa Elena.
- Tabla 18. Resumen de profundidades de socavación por contracción.
- Tabla 19. Resumen de profundidades de socavación por estribos.
- Tabla 20. Caudales definitivos para evacuación hidráulica.
- Tabla 21. Bordos libres puente proyectado.
- Tabla 22. Profundidad de socavación obtenida.
- Tabla 23. Profundidad de socavación definitiva.
- Tabla 24. Información general de la estación de iniciación en la zona de estudio.
- Tabla 25. Parámetros morfométricos de la cuenca de la Quebrada la Limona.

Tabla 26. Caudales máximos seleccionados para la cuenca de la Quebrada la Limona

Tabla 27. Resumen de profundidades de socavación.

Tabla 28. Resumen de profundidades de socavación por estribos.

Tabla 29. Caudales de diseño Quebrada La Limona.

Tabla 30. Bordes libre puente proyectado.

Tabla 31. Socavación total.

1. RESUMEN

Este proyecto de grado llamado “Reubicación de puentes peatonales sub-utilizados”, surge del ingeniero civil Alejandro Ospina. Y con el apoyo de la Alcaldía de Medellín.

La razón de ser es reciclar y reutilizar antiguas estructuras metálicas, en este caso más específico puentes peatonales, que se encuentran dispuestas a lo largo de toda la ciudad y que durante muchos años nos han prestado un gran servicio, pero hoy en día no están cumpliendo con su función.

A través de la historia las ciudades han evolucionado según las necesidades de las personas, y el caso de la movilidad no ha sido la excepción, surgiendo la construcción de calles, avenidas y autopistas.

Así mismo, la movilidad del peatón también crece y aparecen los puentes peatonales, mejorando los desplazamientos tanto en la ciudad como en las zonas rurales.

Esto a su vez también contrasta con la notable necesidad de algunas zonas y sectores de ciudad, en corregimientos y veredas, en los cuales por su poco desarrollo, han hecho que el tema de movilidad sea cada vez más complejo, convirtiéndose en un problema de política pública.

Por lo tanto, es importante pensar en la utilidad al llevar estas estructuras (puentes peatonales) a zonas rurales y darles nuevamente la función para la cual fueron construidas, mejorando la movilidad de las personas de la zona y aumentando su nivel de calidad de vida.

2. INTRODUCCIÓN

El tema de movilidad en todas y cada una de las ciudades del mundo, es de vital importancia para el crecimiento y desarrollo de éstas y a su vez para el mejoramiento de calidad de vida de las personas, que hacen parte de la comunidad.

Pero este mismo crecimiento y desarrollo ha hecho que se busquen nuevas soluciones para el manejo del desplazamiento en las calles, avenidas y carreteras principales, como es el caso de los semáforos para peatones, los cuales se tomaron de sociedades más avanzadas con el ánimo de facilitar la movilidad y los flujos de las personas.

Para solucionar el tema de movilidad y desplazamiento, en la ciudad de Medellín se ha dispuesto de puentes peatonales. Esta actividad se viene realizando desde hace muchos años, buscando la facilidad, comodidad y tranquilidad de las personas que hacen uso de las estructuras.

Pero debido a factores como la falta de cultura o de educación en las personas se desperdician estas obras, evidenciándose situaciones donde se arriesga la seguridad, el bienestar e incluso su salud.

Otro factor por analizar, es el tema de la movilidad para las personas en situación de discapacidad, ya que ellos por su condición física y limitaciones no pueden tener un acceso convencional a los puentes peatonales, generándose como solución a esta situación los cruces semaforizados, pues el cruce que se realiza en estos es más fácil y eficaz para ellos. Pero en los lugares donde no existía el puente, ha resultado más factible adecuar semáforos peatonales.

Del mismo modo, en los puntos más críticos y de alto tránsito tanto de peatones como de automotores, se busca el mejoramiento de la movilidad para las personas en situación de discapacidad, tal como se mencionó anteriormente. Es de aclarar que este modelo se ha adoptado también a la misma evolución de la sociedad y de la ciudad como tal.

En efecto, por diversas razones que se han expuesto, se puede afirmar que los puentes peatonales de la ciudad se han venido quedando sin uso, obsoletos al punto de que ya no están cumpliendo con la función para la que fueron diseñados y construidos, pues las personas no los utilizan y a su vez se convierten en focos de desorden e inseguridad social.

A lo largo de toda esta transformación que tiene cada una de las ciudades, ésta crece en su interior y se va desplazando por toda ella hasta llegar a sus periferias, como lo son los barrios, comunas y veredas. En estos lugares también se presentan los mismos problemas que en las zonas centrales y en nuestro caso el tema de la movilidad. Debido a que son asentamientos de personas muchos más amplios y extensos que otros lugares de la ciudad, haciéndose más notorio y necesario el tema de vías y de puentes adecuados para el desplazamiento adecuado de la comunidad.

Pero por diversos motivos y administraciones pasadas, muchas de estas obras civiles son diseñadas y construidas en las zonas más centrales, donde se mueve más el sector económico y laboral. Pero los barrios también están sufriendo estos cambios y a su vez surgen esta misma necesidades y prioridades.

La función en general es poder utilizar los puentes peatonales de la ciudad, los cuales ya no estén es funcionamiento o no se encuentren prestando ningún servicio, poder trasladarlos y ponerlos a disposición de comunidades que si los

necesiten para superar sus dificultades de movilidad, es decir, lo que se busca es la “Reubicación de puentes peatonales sub.-utilizados”, a barrios periféricos y zonas rurales.

A pesar de la identificación de las necesidades de estos sectores en el aspecto del desplazamiento y la movilidad, antecedentes como tales de este tipo de procesos no se tiene conocimiento en la ciudad de Medellín, por parte de la Alcaldía o por algún constructor privado. Es decir, es una actividad que nunca se ha realizado en la ciudad y pocas veces en el país.

Es así como la idea de realizar este tipo de procesos surge del Ingeniero civil Alejandro Ospina, y con el apoyo de la Alcaldía de Medellín, pero es una actividad que en la ciudad de Medellín no se tiene un manual a seguir.

Inicialmente se tomará como base los puentes peatonales que están hechos o conformados de estructuras metálicas, las cuales son más manejables que las estructuras en concreto. Es de aclarar que estos dos casos son los tipos de puentes que encontramos en la ciudad.

La estructura metálica en comparación al hormigón, es mucho más dúctil y flexible a la hora de un desmonte y de un traslado al lugar de deposición. También presenta fácil manejo para la realización de posibles modificaciones, restauraciones y finalmente para su construcción e instalación final.

A estas dos estructuras en particular, ya se les han realizado estudios previos de circulación y frecuencia peatonal, con el propósito de conocer sus demandas operacionales. Es así como se puede mencionar que tomando como punto de referencia estos datos y otros estudios realizados por parte de la Secretaría de Tránsito, se ha podido demostrar y concluir que: la demanda en

el servicio para el cruce en esos puntos, es muy bajo o casi nulo por parte de los peatones, no siendo tan necesarios para estos sectores de la comunidad; por lo que podrían ser reutilizados en otros sectores de la ciudad.

Los lugares a los cuales se tomó la decisión de trasladar estos puentes son dos barrios ubicados en las comunas de la ciudad, sectores que han crecido más por ser lugares de invasión que por la planeación del Municipio, pero que de igual forma necesitan de estas obras para una mejor calidad de vida.

Los sitios donde se realizará la instalación de la estructura ya se visitaron con anterioridad, lográndose evidenciar que son sectores en la ciudad que carecen de un medio de comunicación peatonal adecuado para las personas que habitan allí; es así como el departamento de obras públicas definió los sectores a intervenir.

El procedimiento se hará inicialmente en los dos puntos más críticos que cumplen con las características de los puentes, los cuales son los que se van a desmontar para cumplir con dicho objetivo.

Por otro lado es esencial hablar de otros aspectos con este procedimiento, entre ellos: económicamente que ventajas se hallaron en éste, si es mucho más costoso o más barato desarrollarlo que realizar la construcción de un puente nuevo; y por último la posibilidad de que este proceso sea visto desde otra perspectiva.

Teniendo estos puntos a favor se decide hacer la estructuración y sistematización de todos los datos e información para hacer posible este ejercicio investigativo desde la teoría y la práctica social.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Implementar y desarrollar la propuesta de “Reubicación de puentes peatonales sub.-utilizados” en la ciudad de Medellín, llevándolos de las zonas urbanas donde no son utilizados a las zonas rurales donde son necesarios para el mejoramiento de la calidad de vida de esta población.

3.2. Objetivos específicos:

3.2.1 Identificar las ventajas y desventajas del sistema de la “Reubicación de puentes peatonales sub.-utilizados”; tanto social como constructivo.

3.2.2. Desarrollar un derrotero para la implementación de este tipo de procesos desde sus estudios iniciales, hasta el traslado y puesta en funcionamiento del mismo.

3.2.3. Realizar una evaluación y comparación de los costos de todo el proceso de la alternativa de “Reubicación de puentes peatonales sub-utilizados”. como posible solución de movilidad de las personas en las zonas rurales.

4. MARCO TEÓRICO

En Medellín para la nacionalización y una solución para el tema de la movilidad, son temas que se han logrado paso a paso a través del tiempo, debido al crecimiento de la ciudad, del desarrollo económico, y de las vías urbanas.

Las altas tasas de migración rural a las zonas urbanas, el crecimiento del parque automotor hicieron que el municipio tomara cartas en el asunto. De aquí nace la necesidad de los puentes tanto de automotores como de peatones.

Los puentes a través de la historia son una herramienta de solución para los problemas de comunicación, y a su vez son obras costosas y de valores elevados. Por esto se vio la necesidad de buscar a parte de los recursos financieros y planes de desarrollo, otras alternativas y disponibles, con tal de poder llegar a la mayoría de las necesidades de la población en general.

La idea del proyecto es tomar un puente ya existente, y realizar estudios que permitan demostrar que es subutilizado o que no se está cumpliendo con sus funciones como debía y llevarlo a otro lugar el cual, presenta la necesidad de un puente y que este si le dará solución y beneficios a una comunidad en general.

En toda obra civil una vía, un puente, una vivienda, debe ser proyectada y construida aceptablemente, para poder cumplir con todas las necesidades para lo que fue construido y más aun en este caso que es de re-utilización de un puente en otro sector de la ciudad.

En efecto, se debe seguir y realizar una serie de estudios y análisis para encontrar la mejor solución y desarrollo del trabajo o proyecto planteado.

PUENTES A INTERVENIR

HISTORIA

Los puentes a intervenir por parte de la Secretaria de Obras Públicas de Medellín, son dos estructuras que cumplen con las mismas características constructivas y estructurales. El primer puente se encuentra ubicado en el barrio La América, frente a la iglesia del sector y cruza la avenida San Juan; el segundo puente está ubicado sobre la carrera ochenta, a la altura del colegio San Carlos.

Para esta primera fase se cuenta con una serie de análisis y estudios previos los cuales soportan y justifican el desmonte de los puentes:

4.1. Estudio de tránsito y movilidad:

4.1.1. Estudios de movilidad:

Para iniciar se debe tener muy presente que puentes son los que se van a desarmar y trasladar de lugar; para esto se tendrán en cuenta dos aspectos que servirán como soporte para tomar una decisión frente al procedimiento.

La movilidad cotidiana constituyó, ya hace décadas, la primera línea de investigación empírica que se desarrolló en geografía urbana desde la perspectiva de género (Sabaté, Rodríguez y otros, 1995).

La movilidad de la población materializa, efectivamente, la relación entre diferentes aspectos de los roles y relaciones de género, del urbanismo y de la vida cotidiana, como:

- Los estilos de vida y la división funcional en las unidades familiares.
- Las actividades y los espacios cotidianos.
- La división funcional del espacio y la estructura urbana y metropolitana.
- En resumen, es una cuestión fundamental en la calidad de vida y las oportunidades de relación y actividad de todos los ciudadanos dentro de una comunidad.

4.1.2. Dictámenes del tránsito y análisis de tráfico.

4.1.2.1. Aforos Aforo cruce iglesia la América con avenida San Juan.

Se realizó conteos esporádicos en diferentes horas. Teniendo claro el tipo de dirección, el modo de cruce de la avenida y la cantidad de personas desplazadas:

LA AMÉRICA

HORA AFORO	CRUCE		DIRECCION		TOTAL	TOTA
	PASO PEATONAL	PUENTE	NORTE SUR	SUR NORTE	PARCIAL	FINAL
7:00 - 8:00		X	29	10	39	385
	X		207	139	346	
8:00 - 9:00		X	36	15	51	479
	X		236	192	428	
9:00 - 10:00		X	41	25	66	391
	X		182	143	325	
10:00 - 11:00		X	20	12	32	370
	X		161	177	338	
14:00 - 15:00		X	27	33	60	417
	X		168	189	357	
15:00 - 16:00		X	25	24	49	482
	X		216	217	433	
			1348	1176	2524	

Tabla 1. Aforo cruce peatonal en el barrio la América sobre calle San Juan

Datos estadísticos:

- Número total de personas que cruzaron: 2524 personas.
- Número de personas que cruzaron en dirección Norte – Sur: 1348 personas.
- Número de personas que cruzaron en dirección Sur – Norte: 1176 personas.
- Personas que cruzaron, utilizando el puente: 297 personas.
- Personas que cruzaron, utilizando el semáforo: 2227 personas.

Tablas estadísticas:

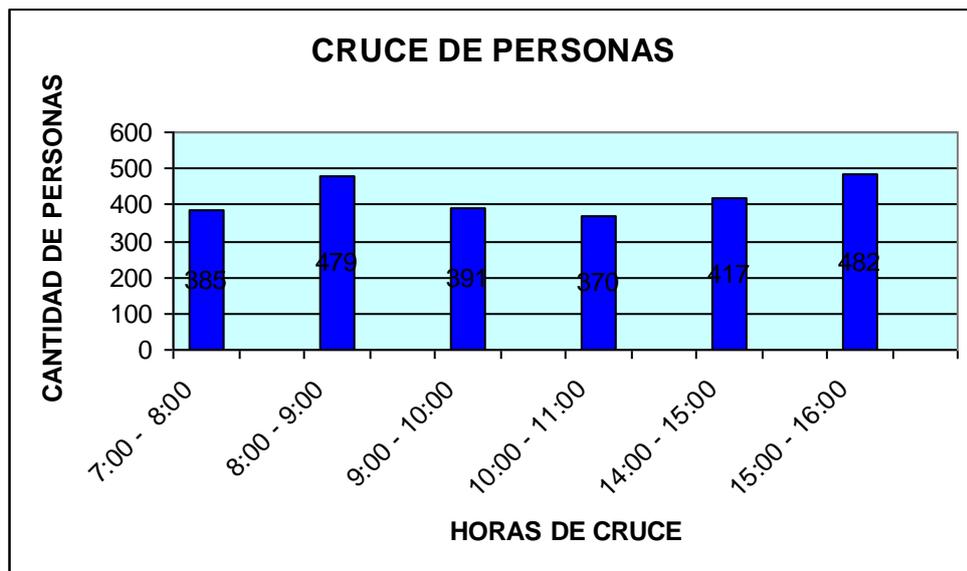


Tabla 2. Cruce de personas vs hora. Barrio la América sobre calle San Juan

- El 11.76 % de la población en estudio cruzan la vía por el puente, durante el día.
- El restante 88.24 % de la población en estudio cruzan la vía, por el paso semaforizado.

A continuación se puede observar la carta de respuesta de la Secretaria de Transito y Transporte de la ciudad de Medellín para el departamento de Obras Públicas acerca del traslado de los puentes peatonales mencionados:

Medellín, diciembre 16 de 2011

Radicado: 201100543227

Doctora
ALBA LUCIA GONZALEZ
Taller del Espacio Público
Departamento Administrativo de Planeación Municipal
Medellín

Asunto: respuesta radicado 201100502806

Cordial Saludo doctora Alba Lucía:

De acuerdo con la solicitud del concepto técnico para el traslado de los puentes metálicos peatonales ubicados frente al Colegio San Carlos (Av. 80) y sobre San Juan con carrera 84, le informo lo siguiente:

Dentro de los diseños que se adelantan para el Tranvía de La 80 se tiene contemplado la eliminación del puente peatonal del Colegio San Carlos, igualmente hace poco y por fallo de Acción Popular fue instalado un paso seguro semaforizado pulsado y con sonorizador sobre la Av. 80 entre las calles 18ª y 19 el cual esta habilitado para cualquier tipo de peatón.

En cuanto al puente de San Juan con carrera 84, no tenemos datos de la subutilización del puente como ustedes lo expresan en el oficio, sin embargo tenemos una estructura en los planes semaforicos alimentados en esta intersección que permite el paso seguro de peatones.

Por lo anterior, damos un concepto positivo para el retiro de estos puentes peatonales ya que los pasos a nivel están dotados de los elementos necesarios para que sean utilizados por los peatones del sector.

Atentamente,


JUAN FERNANDO FRANCO HERNANDEZ
Subsecretario Técnico

4.1.3. Aspectos Funcionales

Con el desarrollo urbano y crecimiento demográfico, empezaron a surgir algunas dificultades para la movilización de las personas. Haciéndose necesario la creación de soluciones que permitieran la compensación y superación de esta dificultad. Así mismo sucede en el caso del flujo de peatones en las calles y las condiciones del tráfico, la solución de un cruce en este caso fue la de los puentes peatonales. Pero estos al ser desarmados y dejarlos fuera de servicio en los sectores donde fueron ubicados de manera inicial, llevará a que se busque un nuevo mecanismo para la mitigación de esta actividad.

Es esencial tener en cuenta que los movimientos predominantes, en estos casos son los del peatón, por ello es necesario visualizar aspectos como no cortar con el flujo de personas, no interrumpir con sus vías de comunicación y accesos existentes para llegar a un destino o lugar.

Otro aspecto por analizar es que estos puentes carecen de acceso para las personas en situación de discapacidad, entre ellos: discapacidades motoras y visuales. Esto ha llevado a que en la ciudad se adecuen los puentes peatonales con rampas, con el objetivo de compensar y suplir esta necesidad. Pero en la mayoría de los casos son obras de costos muy elevados, factor que incide directamente en los mismos y hace que la solución no sea la más viable para la comunidad.

Por tal razón, se ha optado un estrategia desarrollada en varios países desde tiempo atrás como lo son los cruces semaforizados y con guías o franjas para el invidente. Los cuales cumplen una muy buena función y resultan ser más económicos a la hora de compararlos y ejecutarlos.

Tanto el puente de la ochenta como el de san Juan poseen cruces semaforizados. Los cuales son de vital importancia para continuar con éste proceso.



Imagen 1. Cruce peatonal en el barrio La América sobre San Juan.



Imagen 2. Cruce peatonal en el barrio La América sobre San Juan.



Imagen 3. Cruce peatonal en el colegio San Carlos sobre la cra 80.



Imagen 4. Cruce peatonal en el colegio San Carlos sobre la cra 80.

5. INFORMES TÉCNICOS

Para el desarme y traslado a realizar con los puentes, es muy importante y necesario conocer las características de las estructuras, así como sus materiales, diseños, capacidades portantes, condiciones en las que se encuentran; pues de esta forma se clasificarán según el material del cual están contruidos, la transversal del tablero, y la estructura longitudinal

Para cada intervención que se desarrolle es necesario identificar el puente y poder clasificarlo en los siguientes aspectos:

- La geometría estructural.
- Los materiales constructivos.
- Condiciones ambientales.

Según el material:

- Madera, o bambú.
- Mampostería de piedra o ladrillo.
- Concreto ciclópeo, concreto simple, concreto reforzado, concreto pre-esforzado, concreto polimerizado.
- Metal.
- Mixto. Metal y acero. Acero y aluminio.

Según la sección transversal:

- Losa, o losa aligerada.
- Viga y losa
- Cajón.
- Ortotrópico.

Según la silueta longitudinal:

- Luz simple.
- Luz múltiple.

5.1. INFORME TÉCNICO 1:

Fecha: 11 de Enero de 2012

Asunto: Puente peatonal frente a la Iglesia de La América. Calle 44 por Carrera 84.
Estado y Sistema propuesto para su desmonte.

Elaboró: Jesús Albeiro Ramírez Gómez.
Ingeniero Civil

Descripción:

- Puente peatonal de 34 m de luz, 2.4 m de ancho y gálibo de 5 m.
- Conformado por 2 apoyos en columnas de concreto reforzado de 1.5 m x 0.8 m. y viga longitudinal metálica de lámina auto protectora de 1.25 m por 0.55 m.
- Tablero conformado en lámina colaborante Steel Deck, vaciada en concreto de 9 cm. de espesor, apoyada sobre 16 vigas metálicas de 12cm x 12 cm cada 2.20 m.
- Dispone de 2 vigas de borde longitudinal de 20cm x 30 cm.
- Pasamanos a ambos lados de 1 m de altura.
- Tiene dispuesto 5 techos de 2.25 x 2.40 m conformado con vigas metálicas cuadradas de 12 m x 12 m.
- Tiene dos tacos de escaleras de acceso.
- Toda la estructura esta soldada.
- Se encuentra en buen estado.

Alternativa de desmonte

- Retiro de techos y pasamanos localizados sobre el tablero.
- Demolición de placa y retiro de tablero.

- Demolición de tabique de concreto en los apoyos.
- Desmonte de viga.
- Corte de viga en tres tramos y transporte. (Transporte máximo. Cama baja 13 m).



Imagen 5. Puente peatonal la América sobre la avenida San Juan



Imagen 6. Puente peatonal la América sobre la avenida San Juan.

5.2 INFORME TÉCNICO 2:

Fecha: 14 de Enero de 2012

Asunto: Puente peatonal frente al Colegio San Carlos, ubicado en la Avenida 80 por Calle 18A.
Estado y Sistema propuesto para su desmonte.

Elaboró: Jesús Albeiro Ramírez Gómez.
Ingeniero Civil.

Descripción

- Puente peatonal de 23.4 m de luz, 1.75m de ancho y galibo de 4.9 m.
- Puente en estructura metálica conformado por cerchas que soportan el tablero como las columnas de apoyo.
- El tablero está soportado por dos cerchas de 2.5 m. de altura, por 23.4 m. de longitud, apoyadas sobre 4 columnas en ángulos de 25 cm x 25 cm.
- El tablero lo conforman placas de concreto rematado con concreto de 3.5 mm de espesor
- Dispone de pasamanos en ambos costados con tubería negra de 1.5" y 0.85 m. de altura, recubierto con una reja en malla eslabonada de 0.9 m de alto.
- Escalas de acceso en avanzado estado de deterioro.
- Toda la estructura es soldada.

Alternativa de desmonte

- Demolición y retiro de tablero en concreto.
- Desmonte de puente.
- El puente se divide en 2 para su traslado (Longitud máxima. Cama baja 13 m.)



Imagen 7. Puente peatonal en el colegio San Carlos sobre la cra 80.



Imagen 8. Puente peatonal en el colegio San Carlos sobre la cra 80.

6. ESTUDIOS SOCIALES

Esta parte es vital, para continuar con el proyecto debido a que éste se divide en dos secciones; la primera dirigida hacia las personas que se beneficiarán con la construcción de la obra y la segunda está orientada a los otros ciudadanos a los que se les retirará el puente de su sector o lugar de vivienda.

6.1. LUGARES DONDE SE LLEVARÁN LOS PUENTES.

Con respecto a los sitios donde serán llevados los puentes, como se ha mencionado anteriormente ya fueron elegidos por parte de la Secretaría de Obras Públicas de la ciudad de Medellín, los cuales tuvieron en cuenta diferentes aspectos para llegar a esta decisión:

6.2. INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR LA COMUNIDAD:

Los mismos barrios a través de sus acciones comunales y representantes de barrio, han hecho llegar a la alcaldía una serie de peticiones, según sus necesidades y en este caso la solicitud de un puente peatonal que les permita comunicarse de forma eficaz y segura con otros lugares, mejorando de esta manera su calidad de vida. Este paso es muy común en nuestra ciudad.

6.3. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD:

Al tener todos los posibles sitios se puede efectuar un primer filtro el cual consiste en analizar los siguientes aspectos: necesidad de la obra; cantidad de sectores, barrios y personas que se benefician con ésta y alcances e impactos generados con la misma.

Luego de estos filtros se constata que las condiciones físicas del sitio y ambientales son óptimas y adecuadas para realizar este proceso.

Presentamos una posible encuesta. La cual nos ayuda desde la parte social, a conocer sobre el pensar de las personas por un posible cambio de su barrio y entorno:

6.4. POSIBLES ENCUESTAS A REALIZAR:

Encuesta 1

La primera encuesta se basa en la comunidad que tiene a su servicio el puente peatonal. Pero éste por los diversos estudios previos es el que se desea reutilizar en otro punto de la ciudad.

Por esto es bueno conocer la percepción de las personas acerca de este procedimiento.

1. ¿Conoce algún puente peatonal en esta zona?

Si _____ NO _____ ¿CUÁL? _____

2. ¿Utiliza este medio para su vida diaria?

Si _____ NO _____ ¿PORQUÉ? _____

3. ¿Cómo es el flujo de personas en el puente?

Mucho _____ Regular _____ Poco _____

4. ¿Cree usted que es necesario el puente peatonal que poseen en estos momentos en el sector?

Si _____ NO _____ ¿PORQUÉ? _____

5. ¿Está de acuerdo en dismantelar el puente existente para que preste un mejor servicio pero en otro lugar de la ciudad?

Si _____ NO _____ ¿PORQUÉ? _____

6. Opiniones:

Encuesta 2

En esta segunda encuesta lo que buscaremos es hablar con las personas o población a la cual se le llevará el nuevo puente para su utilización.

- ¿Conoce algún puente peatonal en esta zona?

Si ____ NO ____ ¿CUÁL? _____

- ¿Utiliza este medio para su vida diaria?

Si ____ NO ____ ¿PORQUÉ? _____

- ¿Cree que si se verían beneficiadas las personas con la construcción de un puente peatonal en el sector?

Mucho ____ Regular ____ Poco ____

- ¿Cree usted que es necesario un puente peatonal en la zona?

Si ____ NO ____ ¿PORQUÉ? _____

- ¿Está de acuerdo en desmontar el puente existente en un lugar de la ciudad para trasladarlo a este nuevo lugar?

Si ____ NO ____ ¿PORQUÉ? _____

- Opiniones:

Teniendo en cuenta cada uno de los ítems anteriormente mencionados, éstos fueron los dos lugares seleccionados para la realización del procedimiento.



Imagen 9. Puente a restituir en quebrada Santa Elena.



Imagen 10. Puente a restituir en quebrada Santa Elena.



Imagen 11. Puente a restituir en quebrada Santa Elena.



Imagen 12. Puente a restituir en San Antonio de Prado.



Imagen 13. Puente a restituir en San Antonio de Prado.



Imagen 14. Puente a restituir en San Antonio de Prado.

6.5. LUGARES A LOS CUALES SE LES QUITARÁ EL PUENTE:

Estos son los lugares en los cuales previamente se demostró mediante estudios, análisis y sondeos que los puentes podían ser evacuados y llevados a otros lugares.

A pesar de esto, el hecho de decirle a una persona que el puente que ha tenido durante mucho tiempo, que hace parte de su barrio y de su vida ya no estará ahí, puede generar confusión, inconformidad dentro de su estilo de vida e incluso malestar con las personas que proponen realizar el procedimiento. Por esta razón es necesario tener cada uno de los datos e información necesaria en el momento adecuado para resolver inquietudes y generar tranquilidades en las personas que se verán afectadas por el procedimiento.

6.6. REEMPLAZO DE LOS CRUCES:

Como los puentes son estructuras las cuales comunican, son vías de acceso entre barrios y son rutas ya establecidas; al ser desmontados se deben hacer remplazos de estos pasos, por otras alternativas como lo son los pasos semaforizados o cambio de lugar de estos.

6.7. TRABAJO DE INFORMACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN:

Es muy importante que la comunidad tenga conocimiento e información de todo el proyecto y el proceso que se va a desarrollar. Por eso son tan importantes los estudios previos de movilidad ya que constituyen el soporte para dar entender las razones de los cambios dentro del espacio de la comunidad. De la misma manera es esencial tener muy definidas las soluciones que se proponen ante los cambios y darlas a conocer a la comunidad para evitarles confusiones y angustias sociales.

6.8. INFORMACIÓN ADICIONAL:

Por último es dar a conocer la finalidad de la obra, es decir, mostrar, informar y difundir los objetivos a cumplir con el proyecto los cuales consisten en ofrecer soluciones a una comunidad que requiere más el puente por calidad de vida, pero que a su vez este traslado no los afectará ni cambiaran sus condiciones

de vida ya que se cuentan con las alternativas adecuadas para desarrollar sus desplazamientos como se han venido haciendo a lo largo del tiempo.

7. ESTUDIOS CONSTRUCTIVOS

Los puentes peatonales existentes en la ciudad de Medellín, principalmente los más antiguos, son estructuras anti técnicas, poco funcionales y en ocasiones mal ubicados. Por esta razón es importante tener en cuenta todos los aspectos y estudios necesarios para que esto no ocurra con los nuevos puentes y mas aun con el puente que será reutilizado ya que éste cuenta con unas características constructivas.

A continuación tomaremos los siguientes estudios:

7.1. ESTUDIOS ESTRUCTURALES:

La estructura de un puente se divide en dos partes principales: La superestructura y la infraestructura o subestructura.

La superestructura es donde se realiza la circulación de los peatones, y se le denomina tablero. Está conformada por elementos como: vigas, riostras, losas, barandas y andenes.

La infraestructura recibe la superestructura y la lleva hasta la cimentación. Está compuesta por las pilas y los estribos, con sus respectivas cimentaciones.

Los apoyos sirven de vínculo en la superestructura y la infraestructura; a través de ellos, se transmiten las cargas, entre las dos componentes anteriores. Se les considera parte de la infraestructura.

Para estos se deben tener varios aspectos en cuenta, tales como:

7.1.1. Estudios de carga:

La capacidad portante del puente y si éste cumple con las cargas establecidas para la actividad nueva que va a realizar.

7.1.2. Clasificación de la estructura:

Según el material el cual está construido, la transversal del tablero, la estructura longitudinal y tipos de luces.

7.1.3. Estudios de los materiales:

Como son puentes los cuales se van a desarmar, se deben realizar estudios a los materiales después de quitarlos para saber en qué condiciones se encuentran, determinando si hay que hacer algún tipo de reemplazo y modificaciones en su composición estructural.

7.1.4. Diseño para la nueva estructura:

De igual forma como el puente cambia en varias de sus configuraciones, se necesitará un nuevo diseño, aunque este no podrá ser el mismo deberá ajustarse a los nuevos cambios, como carga de materiales, la necesidad de la comunidad tanto de sitio como de espacio.

7.2. ESTUDIOS DE SUELOS:

Estos se deben de realizar en el punto elegido, como lugar de construcción del nuevo puente. Así de esta manera deberemos tener muy presente:

El estudio de suelos arrojará unos resultados que ayudarán a tomar decisiones como del tipo de cimentación a utilizar y hasta que profundidad se debe cimentar; pues dependiendo del tipo de suelo es la capacidad de soporte del suelo (resistencia del suelo) y este ítem solo se puede determinar con el estudio de suelos. Así mismo, dependiendo del estudio de suelos se determinará cuanto se va a gastar o cuanto se va a ahorrar en cimentación.

Por otra parte el uso de la tecnología moderna y actualizada ha fijado como primera exigencia en las normas que rigen la construcción en las distintas municipalidades, la realización de estudios de suelos. Argumentos y razones sin fundamentos como mi vecino construyó de esta o aquella manera” ya no es válido, además de ser peligroso y antieconómico. La incidencia del estudio de suelos en el costo total de una obra es insignificante por lo que no existen motivos para no realizarlo.

Algunos aspectos a tener en cuenta en el estudio.

7.2.1. Ubicación del proyecto:

Conocer la ubicación del proyecto. Su punto exacto, con respecto a la ciudad, coordenadas.

7.2.2. Descripción del proyecto:

Recopilación del historial de la zona en estudio. Toda información que se exista antes del proyecto. Así con una completa caracterización en el estudio de campo, se llegara a una completa información de la zona.

7.2.3. Investigación de Laboratorio:

Es de vital importancia el estudio de laboratorio. Todo lo que conseguimos y la información recolectada en el estudio de campo. Esta será procesada e interpretada debidamente por un profesional. El cual nos arrojará conclusiones fundamentales para el estudio de suelos.

7.2.4. Tipo de Cimentación:

Según la carga dada por el estructural y las condiciones del suelo se determinará los tipos de cimentación y los apoyos más adecuados.

7.2.5. Estudio de suelos para el puente del Limonar en San Antonio de Prado y estudio de suelos para Santa Elena.

ESTUDIO DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PUENTE SOBRE LA QUEBRADA LA LIMONA, SECTOR PONTEADERO

El Consorcio SODINSA S.A. – CONSTRUCCIÓN Y URBANISMO S.A.S., adelanta los diseños definitivos para la construcción de un puente peatonal ubicado en el barrio El Limonar el corregimiento de San Antonio de Prado municipio de Medellín (Ant.). En la fotografía se muestra la localización de la zona de estudio.

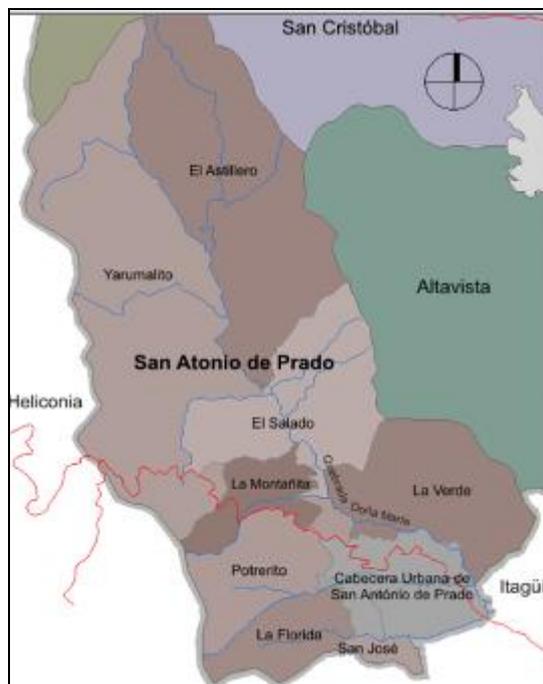


Imagen 16. Ubicación quebrada El Limonar en San Antonio de Prado

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En la zona de estudio se proyecta la construcción de un puente peatonal, de 2 metros de ancho y 22,58 metros de largo aproximadamente, el cual está proyectado para que atraviese la quebrada La Limona.



Imagen 17. Quebrada El Limonar en el sector donde se construirá el puente

En las figuras siguientes se muestra la planta – perfil del puente, así mismo, se indica de acuerdo con el estudio hidrológico e hidráulico que la cota de socavación estimada para los estribos será de 5,0 m y general del 3,0 m con respecto a la condición inicial.

ETAPA DE EXPLORACIÓN DE CAMPO

Para éste proyecto se realizaron cuatro (4) perforaciones exploratorias con taladro mecánico por los sistemas de percusión, lavado y rotación con broca de diamante de profundidades variables entre 3,45 y 10,50 m. Es importante anotar que todo lo anterior se acompañó de reconocimientos detallados en la zona del proyecto y sus vecindades por parte de nuestros profesionales en las áreas de Geología y Geotecnia.

Las perforaciones exploratorias por rotación se denominaron P-1 - P-2 y SPT-1 - SPT-2, su localización en planta se presenta en el Anexo 1 que se incorpora al final del presente informe.

SONDEO EXPLORATORIO (No.)	PROFUNDIDAD (m)
<i>P-1 (Margen derecha)</i>	10,50
<i>P-2 (Margen izquierda)</i>	10,50
<i>SPT – 1(Margen izquierda)</i>	5,30
<i>SPT – 2 (Margen derecha)</i>	3,45
TOTAL	29,75

Tabla 3. Profundidades alcanzadas por sondeos exploratorios

Durante la realización de las perforaciones exploratorias se realizó el ensayo de penetración estándar, comúnmente conocido como SPT (*Standard Penetration Test*), que consiste en penetrar en el suelo un saca-muestras (*Split Spoon*) normalizado contando el número de golpes necesarios para hincar el mismo 0,30 m.

A partir del número de golpes y del tipo de suelo pueden estimarse las propiedades geo-mecánicas de comportamiento del suelo. Su objetivo es el de obtener muestras representativas del suelo para fines de identificación y ejecución de ensayos en laboratorio, además de medir la resistencia a la penetración de la cuchara normal de muestreo (*Split Spoon*). Su utilización no se ha limitado a suelos granulares, el ensayo también puede ejecutarse en arcillas y rocas suaves, teniendo presente las limitaciones del mismo. Éste se realiza de acuerdo a la Norma *ASTM D-1586*.

ETAPA DE INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO

A nuestro laboratorio de suelos ingresaron las muestras obtenidas durante la etapa de exploración de campo, las cuales se sometieron a una detallada inspección visual, por parte de nuestros Especialistas en las áreas de Geología y Geotecnia, con miras a confrontar las descripciones realizadas por el personal de campo y corregirlas en caso de ser necesario, y seleccionar las muestras más representativas para ejecutarles los ensayos de humedad, clasificación (*límites de consistencia y granulometría por tamizado*). El número de ensayos realizados son los indicados en la tabla siguiente:

TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD
Contenido de humedad natural	8
Límites de consistencia (Atterberg)	8
Granulometría por tamizado	8
TOTAL	24

Tabla 4. Tipo y cantidad de ensayos de laboratorio.

Durante la época de realización de la exploración de campo, (Enero de 2012), el nivel freático se encontró a las profundidades presentadas en la siguiente tabla.

SONDEO EXPLORATORIO	PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO (M)
P - 1	2,6
P - 2	2,4
SPT - 1	5
SPT - 2	No de detecto

Tabla 5. Posición del nivel freático con respecto al nivel inicial del sondeo exploratorio

La posición del nivel freático corresponde a la línea de presión de poros igual a cero, equivalente a que la presión neta en el sitio es igual a la presión atmosférica. El nivel de agua determina los niveles de presiones hidrostáticas

sobre una superficie localizada por debajo de ese nivel o los valores de presión negativa o de succión para el suelo por encima.

CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL LOTE EN ESTUDIO

A continuación se describen los principales paquetes estratigráficos encontrados en los sondeos exploratorios realizados.

DEPÓSITO DE VERTIENTE TIPO FLUJO DE LODO: conformado principalmente por limos de alta compresibilidad de color café amarillento con vetas café oscuras, presenta humedad y consistencia de baja a media. Este depósito se encontró en la perforación P-1 entre 0 y 2,45 m de profundidad y en la perforación SPT-2 entre 0 y 3,45 m de profundidad, el cual presenta una resistencia promedio en el SPT de 24 golpes/pie, mínima de 7 golpes/pie y máxima de 36 golpes/pie.

DEPÓSITO ALUVIAL Y ALUVIO-TORRENCIAL: este material se subdividió en dos de acuerdo con su composición. Superficialmente este *depósito* es de textura *fino-granular* y se describe como de textura limosa con fragmentos de roca meteorizados, mezclado con lente de suelo orgánico de color café oscuro con franjas naranja. Se identificó entre 0 y 2,45 m en la perforación P-2 y en el SPT-1; este estrato presenta una resistencia mínima en el SPT de 6 golpes/pie, promedio de 16 golpes/pie y máxima de 31 golpes/pie. El material clasificó como limo con pasa # 200 promedio de 62%, límite líquido 51%, límite plástico del 40% y contenido de humedad del 45%, lo que indica que las muestras están en estado plástico.

SISTEMA DE CIMENTACIÓN

De acuerdo con el estudio hidrológico – hidráulico suministrado por el Consorcio SODINSA S.A. – CONSTRUCCIÓN Y URBANISMO S.A.S. se tiene que la cota de socavación estimada es de 5,0 m en los estribos y de 3,00 m por socavación general del cauce, así mismo dicho estudio recomienda que la cimentación de los estribos alcance una profundidad alrededor de la cota 1681. Con base en la información anterior se proyecta que el sistema de fundación para los apoyos del puente consistirá en cimentaciones profundas tipo pilas pre-excavadas y vaciadas “in situ” que superen la cota de socavación dada y se empotren en un estrato competente desde el punto de vista geotécnico.

Las pilas de cimentación tendrán una longitud mínima de 10,0 m, contados a partir del nivel del terreno actual y 1,2 m de diámetro mínimo. Las modelaciones geotécnicas para el cálculo de la capacidad de soporte y asentamientos para fundaciones profundas se realizaron mediante el módulo MP del software GEOSTRU 2012.

Estrato de cimentación	Depósito aluvio-torrencial conformado por gravas y bolas de roca de tamaño heterométricos distribuidos erráticamente embebidas en una matriz limosa de color café amarillento. Consistencia de la matriz: media a alta	
Profundidad mínima de desplante	<i>10,00 m. contados a partir del nivel actual del terreno (Contados desde la cota 1690 aproximadamente)</i>	
Tipo de cimentación	<i>Pilas pre-excavadas y vaciadas “In Situ” unidas entre sí con los estribos del puente.</i>	
Capacidad portante admisible por punta del estrato de cimentación	<i>Df mín. = 10,00 m</i>	<i>550 kPa</i>
Módulo de reacción lateral del sub-suelo (Ks)	<i>Varía linealmente de la siguiente manera:</i>	
	<i>Estribo 2 – Margen Derecha</i>	
	<i>Entre 0,00 y 6,10 m de profundidad : 0 kN/m³</i>	

	Entre 6,10 y 10,00 m de profundidad : 37500 kN/m ³
	Estribo 1 – Margen Izquierda
	Entre 0,00 y 6,80 m de profundidad : 0 kN/m ³
	Entre 6,80 y 10,00 m de profundidad : 37500 kN/m ³

Tabla 6. Sistema de fundación propuesta para los estribos del puente proyectado

A continuación se presenta los parámetros para el diseño de las estructuras de contención de los estribos.

Ángulo de fricción interna del terraplén al respaldo de los muros	30°
Coefficiente de fricción suelo-concreto	0,39
Coefficiente de empuje activo (Ka)	0,33
Coefficiente de empuje pasivo (Kp)	3,00
Coefficiente de empuje dinámico (Kae)	0,37
Peso unitario húmedo promedio del material al respaldo	19 kN/m ³

Tabla 7. Parámetros geotécnicos para el diseño de los estribos.

Para efectos del análisis sismo-resistente de la estructura se tendrán en cuenta los siguientes parámetros atendiendo las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente *NSR-10*:

Zona de riesgo sísmico	Intermedia
Tipo de perfil del suelo	D
Aa	0,15
Av	0,20
Fa	1,5
Fv	2,0

Tabla 8. Parámetros sísmicos según NSR-10

ESTUDIO DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SANTA ELENA SECTOR MEDIA LUNA

La Unión Temporal SODINSA S.A. – CONSTRUCCION Y URBANISMO S.A.S, adelanta los diseños definitivos para la construcción de un puente peatonal ubicado en el sector Media Luna de la zona rural del corregimiento de Santa Elena municipio de Medellín (Ant.). En la Fotografía se muestra la localización de la zona de estudio.



Imagen 18. Ubicación sector Media Luna Zona Rural Santa Elena

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En la zona de estudio se proyecta la construcción de un puente peatonal, de 4 metros de ancho y 24 metros de largo aproximadamente, el cual esta proyectado para que atraviese la quebrada Santa Elena

El puente se ubicará en diagonal debido a la existencia de un nacimiento de agua que en época invernal crece considerablemente.

ETAPA DE EXPLORACIÓN DE CAMPO

Para este proyecto se realizaron dos (2) perforaciones exploratorias realizadas con taladro mecánico por los sistemas de percusión y lavado de 15,00 m de profundidad cada una. Es importante anotar que todo lo anterior se acompañó de reconocimientos detallados en la zona del proyecto y sus vecindades por parte de nuestros profesionales en las áreas de Geología y Geotecnia.

Las perforaciones exploratorias se denominaron P-1 y P-2.

SONDEO EXPLORATORIO	PROUNDIDAD (M)
P - 1 (Margen derecha)	15,00
P - 2 (Margen izquierda)	15,00
TOTAL	30,00

Tabla 9. Profundidad alcanzada por los sondeos exploratorios

Durante la realización de las perforaciones exploratorias se realizó el ensayo de penetración estándar, comúnmente conocido como SPT (Standard Penetración Test), que consiste en penetrar en el suelo un saca-muestras (Split Spoon) normalizado contando el número de golpes necesarios para hincar el mismo 0,30 m.

A partir del número de golpes y del tipo de suelo pueden estimarse las propiedades geo-mecánicas de comportamiento del suelo. Su objetivo es el de obtener muestras representativas del suelo para fines de identificación y ejecución de ensayos en laboratorio, además de medir la resistencia a la penetración de la cuchara normal de muestreo (Split Spoon). Su utilización no se ha limitado a suelos granulares, el ensayo también puede ejecutarse en

arcillas y rocas suaves, teniendo presente las limitaciones del mismo. Este se realiza de acuerdo a la Norma ASTM D-1586.

ETAPA DE INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO

A nuestro laboratorio de suelos ingresaron las muestras obtenidas durante la etapa de exploración de campo, las cuales se sometieron a una detallada inspección visual, por parte de nuestros Especialistas en las áreas de Geología y Geotecnia, con miras a confrontar las descripciones realizadas por el personal de campo y corregirlas en caso de ser necesario, y seleccionar las muestras mas representativas para ejecutarles los ensayos de humedad, clasificación (limites de consistencia y granulometría por tamizado), resistencia a la compresión confinada en roca. Los ensayos realizados fueron los siguientes:

TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD
Contenido de humedad natural	7
Limites de consistencia (Atterberg)	7
Granulometria por tamizado	7
Resistencia a la compresión	2
TOTAL	23

Tabla 10. Tipo y cantidad de ensayos de laboratorio

NIVEL FREÁTICO

Durante la época de realización de la exploración de campo, (Diciembre de 2011), el nivel freático se encontró a las profundidades presentadas en la siguiente tabla.

SONDEO EXPLORATORIO	PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO (M)
P - 1	1,2
P - 2	4,1

Tabla 11. Profundidad del nivel freático

La posición del nivel freático corresponde a la línea de presión de poros igual a cero, equivalente a que la presión neta en el sitio es igual a la presión atmosférica. El nivel de agua determina los niveles de presiones hidrostáticas sobre una superficie localizada por debajo de ese nivel o los valores de presión negativa o de succión para el suelo por encima.

CARACTERISTICAS GEOTÉCNICAS DEL LOTE EN ESTUDIO

A continuación se describen los principales paquetes estratigráficos encontrados en los sondeos exploratorios realizados. En general en la zona se encontraron: de depósitos aluviales, deposito aluvio- torrenciales y el macizo rocoso de roca metamórfica (Anfibolita).

DEPOSITO ALUVIAL: Conformado por arenas arcillosas y limos de baja compresibilidad de colores que varían entre pardo amarillento y gris, de humedad media a alta, contiene gravas y raicillas superficialmente. Este depósito se encontró en las 2 perforaciones exploratorias realizadas; en la perforación P-1 se encontró hasta 3,45 m, en la perforación P-2 se encontró hasta 5,45 m. Este estrato presenta una resistencia mínima en el SPT de 18 golpes/pie, promedio de 45 golpes/pie y máxima de 78 golpes/pie.

DEPOSITO ALUVIO TORRENCIAL: Conformado por bolas de roca de tamaño heterométrico embebidas en materiales de texturas areno-arcillosas de colores amarillento, de humedad media a alta. Este depósito se encontró en la perforación P-1 entre 3,45 y 7,00 m de profundidad y en la perforación P-2 entre 5,45 y 7,45 m de profundidad, el cual presenta una resistencia en el SPT de 73 golpes/pie. Dentro de este depósito es posible encontrar zona de matriz como el caso de la muestra que se recupero entre 5,0 y 5,45 m (M6) en la perforación SPT-1

RECOMENDACIONES DE CIMENTACION

De acuerdo con el estudio hidrológico –hidráulico suministrado por el Consorcio

SODINSA S.A. – CONSTRUCCION Y URBANISMO S.A.S. se tiene que la cota de socavación estimada es de 4,50 m (estribo de la margen derecha) y 6,00 m (estribo de la margen izquierda) por debajo del nivel actual del lecho de la quebrada Santa Elena.

Partiendo de esta información se proyecta que el sistema de fundación para los Apoyos del puente consistirá en cimentaciones profundas tipo pilas pre-excavadas y vaciadas “in situ” que superen la cota de socavación dada y se empotren en un estrato competente desde el punto de vista geotécnico. Las pilas de cimentación tendrán 1,2 m de diámetro y una longitud mínima de 9,0 m, contados a partir del nivel del terreno actual. Las modelaciones geotécnicas para el calculo de la capacidad de soporte y asentamientos para fundaciones profundas se realizaron mediante el modulo MP del software GEOSTRU 2012.

Estrato de cimentación	Macizo rocoso de origen Metamórfico del tipo Anfibolita. Superficialmente esta altamente fracturada y moderadamente meteorizada, en profundidad esta roca alcanza un RQD promedio del 94 %
Profundidad mínima de desplante	9,00 m contados a partir del nivel actual del terreno
Capacidad portante admisible a la cimentación	Df min. = 9,00 m. 1011 Kpa
Modulo de reacción lateral del sub-suelo (Ks)	Estribo 1 - Margen derecha
	Entre 0,00 y 4,50 m de profundidad
	Entre 4,50 y 7,50 m de profundidad : 53333 KN/m3
	Entre 7,00 y 9,00 m de profundidad: 213333 kN/m3
	Estribo 2 - Margen Izquierda
	Entre 0,00 y 6,00 m de profundidad
	Entre 6,00 y 7,45 m de profundidad : 53333 kN/m3
Entre 7,45 y 9,00 m de profundidad: 213333 kN/m3	

Tabla 12. Sistema de fundación propuesto para los estribos del puente

A continuación se presenta los parámetros para el diseño de las estructuras de contención de los estribos.

Ángulo de fricción interna del material al respaldo de los muros	28°
Coefficiente de fricción suelo-concreto 0,37	0,37
Coefficiente de empuje activo (Ka)	0,36
Coefficiente de empuje pasivo (Kp)	2,77
Coefficiente de empuje dinámico (Kae)	0,4
Peso unitario húmedo promedio del material al respaldo	17 kN/m ³

Tabla 13. Parámetros geotécnicos para el diseño de muros

PARÁMETROS SÍSMICOS

Para efectos del análisis sismo-resistente de la estructura se tendrán en cuenta los siguientes parámetros atendiendo las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente **NSR-10**:

Zona de riesgo sísmico	Intermedia
Tipo de perfil del suelo	C
Aa	0,15
Av	0,2
Fa	1,2
Fv	1,65

Tabla 14. Parámetros sísmicos según NSR-10

CONCLUSIONES

- El objeto de informe es la realización del estudio geotécnico para definir la cimentación de un Puente peatonal ubicado en el corregimiento de Santa Elena, sobre la quebrada que lleva el mismo nombre. El puente proyectado tiene 4,0 m de ancho y de 24 m de longitud aproximadamente.
- Para el proyecto se realizó 2 perforaciones de 15,0 m, localizadas en los márgenes de la quebrada, mediante las cuales se detectaron profundidades del nivel freático entre 1,20 y 4,10 m.

- De acuerdo con la geología y las perforaciones realizadas en la zona, se encontró hasta una profundidad variable entre los 3,45 y 5,45 m un depósito de aluvial de textura areno-limosa con fragmentos de rocas, posteriormente y con un espesor promedio aproximado de 2,50 m se encontró un depósito aluvio-torrencial compuesta por fragmentos de anfibolita envuelto en una matriz arenosa principalmente.
- El basamento que subyace a los depósitos aluviales detectados superficialmente corresponde al macizo rocoso de Anfibolita, el cual tienen un RQD promedio de 94%.
- Las muestras de los depósitos clasificaron como areno-arcillosos con contenido de finos por encima del 10%. Los fragmentos de roca que se ensayaron mediante compresión simple arrojaron una resistencia mínima de 28000 kPa.
- Se considera que la cimentación del Puente debe ser profunda, mediante pilas de 1,2 m de diámetro mínimo y de 9,0 m de longitud; con estas dimensiones se espera superar la cota de socavación que para este caso específico sea de 6,0 m en el caso más crítico de acuerdo a la información suministrada por la entidad contratante.
- Se estima, de acuerdo a los resultados de las modelaciones geotécnicas, que las pilas tendrán una capacidad de soporte admisible mínima de 1011 kPa, el módulo de reacción del subsuelo es de 0 hasta los 6,0 m de profundidad e incrementa hasta 213333 kN/m³ a una profundidad de 9,0 m.

RECOMENDACIONES

- Los materiales a utilizar en la obra deben ser previamente sometidos a ensayos de laboratorio para su aprobación por parte de la Interventoría;

además, durante el proceso constructivo se debe realizar el control de calidad con ensayos de campo y laboratorio.

- Una vez se encuentre el nivel y el suelo de cimentación, se procederá a vaciar un solado en concreto pobre de espesor no inferior a 0,10 m, con miras a garantizar una superficie de apoyo limpia y homogénea en las actividades de armado y vaciado de la infraestructura.
- Si el suelo propuesto para servir de apoyo a las fundaciones superficiales no se encuentra al nivel especificado, la excavación debe continuarse y la sobre excavación se remplazará por concreto ciclópeo.
- Las excavaciones para las fundaciones no deben permanecer expuestas a la intemperie durante periodos superiores a 24 horas. Si el vaciado no se puede realizar el mismo día en el que se ejecuta la excavación se dejara el nivel unos 0,20 m por encima de la cota de fundación, los cuales se retiraran antes de proceder a realizar el vaciado.
- Si se tienen dudas sobre la identificación de los suelos propuestos para servir de apoyo a la infraestructura, se dará aviso oportuno a CONSULCIVIL S.A.S. para que envíe uno de sus Ingenieros e instruya al profesional residente en la obra sobre los parámetros necesarios para su reconocimiento.

7.3. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS:

Para la construcción de un puente sobre un río, se necesita el conocimiento de las crecientes ordinarias y las crecientes máximas extraordinarias y la duración de las mismas. Los niveles que podrían alcanzar el río y las zonas de cambio de dirección de la corriente en las crecientes.

Son varios los procedimientos para estimar el caudal en las crecientes, pero inicialmente se debe acudir a este siguiente historial:

- Estación de aforo.
- Procedimiento de sección y pendiente.

Luego serán importantes una serie de pasos descritos a continuación:

7.3.1. Localización:

Ubicación precisa del lugar de trabajo.

7.3.2. Metodología:

Descripción detallada de todos y cada uno de los procesos que se llevaran a cabo para logra dichos objetivos.

7.3.3. Parámetros morfológicos:

Estudio detallado de toda la zona de estudio. Dimensiones y aéreas.

7.3.4 Caudales definitivos:

Con todos los estudios anteriores podremos llegar a unos resultados reales y objetivos del lugar de estudio. Tendremos claro el manejo de las aguas, las alturas y retiros necesarios para cada puente.

7.3.5. Conclusiones:

Resultados definitivos y recomendaciones para tener en cuenta en el diseño de cada uno de los puentes.

También es importante el caso de la socavación: esto para las cotas de la cimentación de las pilas y estribos. Sin este estudio es probable que las cotas que se consigan, hagan que la estructura sea inestable por ausencia de piso en el caso de ser superficial o en caso contrario, una cota más profunda elevara más sus costos y dificultades de construcción.

Algunas veces el problema de funcionamiento de los cauces es olvidado. Es un caso muy común en nuestra sociedad. Esto se presta para invasiones de zonas de inundación de los ríos con urbanizaciones en las ciudades, lo cual ocasiona inconvenientes técnicos y sociales.

7.3.6. Estudios hidráulicos e hidrológicos de la quebrada Santa Elena y Quebrada la Limona en San Antonio de Prado:

LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La zona de estudio se encuentra localizada en el municipio de Medellín, entre las coordenadas 1.176.000 – 1.182.000 Norte y 840.000 – 845.000 Este, a una altura promedio de 2500 metros sobre el nivel del mar. El proyecto se encuentra localizado en específicamente en la vereda Media Luna, municipio de Medellín:

Con ayuda del catálogo de estaciones meteorológicas de EPM (Empresas Publicas de Medellín) se elaboraron los polígonos de Thiessen los cuales se muestran con anterioridad, empleando para esto las estaciones pluviográficas con información disponible de curvas IDF; se encontraron dos estaciones de incidencia, la estación pluviográfica Vasconia que tiene una incidencia de 76,1% y la estación pluviográfica Mazo con un porcentaje de incidencia de 23,9%; en la Tabla 15 se muestra la información de estas estaciones pertenecientes a EPM.

Código	Tipo	Nombre estación	Entidad	coordenada		Elevación msnn	long de registro años	Info. que se posee	Precipitaciones media anual
				Este	Norte				
2308024	pg	vasconia	EPM	844895.00	1178000	2510	63	EC de curva IDF	2182,6
2401034	pg	Mazo	EPM	841940	1184200	2455	63	EC de curva IDF	1781,2

Tabla 15. Información general de la estación de iniciación en la zona de estudio.

METODOLOGÍA

En este numeral se describe la metodología general empleada para el estudio Hidrológico y para la evaluación hidráulica en condiciones existentes y proyectadas del cauce de la quebrada Santa Elena en el sitio de interés. La metodología se resume así:

- Visitas de campo para la identificación de la zona y para hacer el diagnóstico del estado hidráulico de la corriente.
- Se elaboró un estudio hidrológico hasta el sitio de interés.
- Se realizó una evaluación hidráulica de la zona de estudio en condiciones existentes y proyectadas para determinar el funcionamiento hidráulico y los bordes libres.
- Se determinó la socavación general esperada en el cauce.

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

Los parámetros morfométricos de la cuenca hasta el tramo en estudio se muestra en la Tabla 16.

Parámetros morfométricos	valor		
Área de la cuenca	A	14,926	km ²
Long del sitio	L=	5,96	km
Long máxima de flujo	Lm=	7,68	km
Ancho Medio de la cuenca	W=	1,94	km
Perímetro de la cuenca	P=	17,62	km
Longitud cauce ppal	Lc=	7,68	km
Pendiente Ppal del cauce	Sc=	11,38	%
Pendiente media de la cuenca	S=	28,52	%
Cota nacimiento Cauce Ppal	CN=	2673,6	m
Cota sitio de interés	CSI=	1800	m
Cota mas alta sobre la divisoria	CD=	2690	m
Long desde el sitio hasta centro de g	Lg=	2,78	km
Índice de compacidad	K=	1,29	Adim
Índice de Horton	Rf=	0,25	Adim
Índice de elongación	Re=	0,66	Adim

Tabla 16. Parámetros Morfométricos de la Cuenca de la Quebrada Santa Elena

A continuación en la Tabla 17 se muestran los caudales definitivos anteriormente mencionados para la cuenca en estudio.

Tr	caudal (m3/s)
Años	AMC III
2,33	49,16
5	75,98
10	99,77
25	132,5
50	158,19
100	186,55

Tabla 17. Caudales Máximos Seleccionados para la Cuenca de la Quebrada Santa Elena.

ESTUDIO HIDRÁULICO

El objetivo de este capítulo es el de presentar la modelación hidráulica en condiciones existentes y proyectadas del tramo de la Quebrada Santa Elena en estudio, ubicada en el Municipio de Medellín.

Se realizó el análisis hidráulico para los caudales definitivos que se presentan en la Tabla 11 asociados a las crecientes con periodo de retorno de 2.33, 5, 10, 25, 50 y 100 años, a continuación se presenta la modelación hidráulica realizada en el programa HEC-RAS 4.1.0.

Autor	Profundidad de Socavación					
	Ys					
	M					
	2,33	5	10	25	50	100
Strub	0,01	0,01	0,01	0,06	0,06	0,7
Komura(1971)	0,01	0,01	0,02	0,08	0,08	1,02
Michue(1984)	0,01	0,01	0,02	0,06	0,06	0,74
Promedio	0,01	0,01	0,02	0,07	0,07	0,82

Tabla 18. Resumen Profundidades de Socavación por Contracción.

De la tabla anterior se concluye que los valores presentan el mismo orden de magnitud por todos los métodos, con el fin de ser conservadores se toma como profundidad de socavación la obtenida por el promedio de los métodos anteriormente mostrados.

Autor	Profundidad de Socavación					
	Ys					
	M					
	2,33	5	10	25	50	100
Lui - Gill (1972)	1,51	1,47	1,9	2,09	2,21	2,32
Laursen (1980)	1,13	1,24	1,31	1,4	1,45	1,52
Froehlich (1987)	1,46	1,47	1,47	1,46	1,46	1,44
Media	1,37	1,48	1,56	1,65	1,71	1,76

Tabla 19. Resumen Profundidades de Socavación por Estribos.

De la tabla anterior se infiere que los valores presentan el mismo orden de magnitud, por tanto se toma el valor la socavación por estribos como el valor promedio de los métodos anteriormente presentados.

CONCLUSIONES

Una vez realizado el estudio hidrológico y la evaluación hidráulica en condiciones existentes y proyectadas del tramo de cauce sobre la Quebrada Santa Elena, en el Municipio de Medellín, departamento de Antioquia, se tienen las siguientes conclusiones de importancia.

ESTUDIO HIDROLÓGICO

- Para el cálculo de las hidrológicas se utilizaron todas las metodologías descritas con anterioridad, para una condición de humedad antecedente del suelo AMC III y suelo tipo B.

- Los caudales máximos obtenidos por todos los métodos evaluados, se encontraban dentro del mismo rango fueron seleccionados para el cálculo de la media. El caudal seleccionado fue el obtenido por la hidrógrafa unitaria de Williams y Hann, dichos caudales se muestran a continuación en la Tabla 20 con dichos caudales se realizó la evaluación hidráulica de la estructura existente y proyectada.

Tr	caudal (m3/s)
años	AMC III
2,33	49,16
5	75,98
10	99,77
25	132,5
50	158,19
100	186,55

Tabla 20. Caudales Definitivos para Evaluación Hidráulica.

ESTUDIO HIDRÁULICO

- Se realizó una verificación del tramo en condiciones existentes, considerando el puente peatonal en madera, el cual se encuentra en mal estado, el puente en madera no cumple hidráulicamente para los caudales de diseño.
- Se realizó la modelación en condiciones proyectadas para tres alternativas de puente sobre la Quebrada Santa Elena, todas las alternativas ofrecen las Condiciones de seguridad esperadas ante crecientes, sin embargo, teniendo en cuenta que el arrastre de material de sedimentos es de grandes magnitudes ante una creciente de periodo de retorno alto, se opta por seleccionar como alternativa definitiva la 3, ya que la sección transversal de la alternativa 1 es muy encañonada y con posibilidad de que se genere un represamiento de material, además por tratarse de un puente peatonal, el

objetivo es brindarle a la comunidad una forma de salida segura al momento de presentarse una creciente, y la alternativa 2 considera una luz de puente muy grande por lo que se descartó desde el punto de vista económico.

- Se escogió el puente de la alternativa 3 como estructura a proyectarse sobre la Quebrada Santa Elena, el cual tiene una $H=5,70$ metros aproximadamente y con una luz de 18,50 metros, lo que convierte esta condición en un caso altamente conservador.
- Los bordes libres obtenidos para los caudales de diseño en el puente a proyectarse se muestran a continuación en la Tabla 21.

Tr	Borde libre (m)	
	Entrada	Salida
2,33	3,59	3,76
5	3,19	3,32
10	2,9	2,99
25	2,54	2,69
50	2,28	2,58
10	2	2,45

Tabla 21. Bordes Libres – Puente Proyectado

ESTUDIO DE SOCAVACIÓN

- Se calculó la profundidad de socavación general del lecho, la socavación por contracción y la socavación por estribos para el puente proyectado sobre la Quebrada Santa Elena para cada uno de los periodos de retorno.
- Como profundidad de socavación definitiva se elige la correspondiente a un período de retorno de 100 años. Para el cálculo de la socavación general se utilizó la granulometría de la porción más superficial del lecho.

Periodo de retorno	Socavación general	Socavación por Contracción (m)	socavación por estribos(m)
2,33	-0,022	0,01	1,37
5	0,09	0,01	1,48
10	0,41	0,02	1,56
25	0,98	0,07	1,65
50	1,44	0,07	1,71
100	1,79	0,82	1,76

Tabla 22. Profundidad de Socavación Obtenidas.

- En la Tabla 23 se muestran las profundidades de socavación definitivas, la primera sin considerar la socavación en los estribos y la segunda considerando la profundidad de socavación por estribos. Se concluye que la socavación definitiva en los estribos para un periodo de retorno de 100 años es de 4,37 m por lo que se aproxima a 4,50 m para la margen derecha y se toma de 6,00 metros para la margen izquierda ya que en el momento de un evento de creciente esta margen es susceptible a socavarse al mismo nivel de la margen derecha; la socavación del lecho es de 2,61 que corresponde a la socavación general del cauce y la socavación por contracción.

socavación total						
Tr (años)	2,33	5	10	25	50	100
Ys total sin considerar socavación por estribos (m)	-0,21	0,1	0,43	1,05	1,51	2,61
Ys total considerando socavación por estribo (m)	1,15	1,58	1,99	2,7	3,22	4,37

Tabla 23. Profundidad de Socavación Definitiva.

LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La zona de estudio se encuentra localizada en el municipio de Medellín, entre las coordenadas 1.173.400 – 1.175.000 Norte y 823.200 – 827.500 Este, a una altura promedio de 2015 metros sobre el nivel del mar. El proyecto se

encuentra localizado en específicamente en el área urbana de San Antonio de Prado, municipio de Medellín.

INFORMACIÓN DISPONIBLE

A continuación se lista la información hidro-meteorológica disponible.

Información Hidrometeorológica

Con ayuda del catálogo de estaciones meteorológicas de EPM (Empresas Publicas de Medellín) se elaboraron los polígonos de Thiessen, empleando para esto las estaciones pluviográficas con información disponible de curvas IDF; la estación pluviográfica que tiene 100% de incidencia sobre la zona en estudio es la estación San Antonio de Prado; en la tabla 24 se muestra la información de esta estación perteneciente a EPM.

Información Cartográfica Disponible

Para la elaboración del estudio hidrológico se utilizaron las curvas de nivel en escala 1:5.000 de la Secretaria de Medio Ambiente del Municipio de Medellín.

Código	Tipo	Nombre estación	Entidad	coordenada		Elevación	long de registro	info que se posee	Precipitaciones media anual
				Este	Norte		Msnm		
2701038	pg	San Antonio de prado	EPM	824660	1175940	2000	56	Ec de curva IDF	2045,2

Tabla 24. Información general de la estación de iniciación en la zona de estudio.

ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio hidrológico tiene por objeto la estimación de los caudales máximos asociados a los siguientes periodos de retorno 2,33, 5, 10, 25, 50 y 100 años, en la quebrada La Limona hasta el sitio de interés. En la estimación de caudales se utilizaron los métodos descritos, se muestra la cuenca de la

quebrada La Limona hasta el punto de estudio donde se estimaron los caudales máximos.

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

Los parámetros morfométricos de la cuenca hasta el tramo en estudio se muestra en la Tabla 25.

Parámetros morfométricos	valor		
	Área de la cuenca	A	3,27
Long del sitio	L=	4,39	km
Long máxima de flujo	Lm=	5,39	km
Ancho Medio de la cuenca	W=	0,61	km
Perímetro de la cuenca	P=	10,03	km
Longitud cauce ppal	Lc=	5,39	km
Pendiente Ppal del cauce	Sc=	17,99	%
Pendiente media de la cuenca	S=	31,82	%
Cota nacimiento Cauce Ppal	CN=	2610	m
Cota sitio de interes	CSI=	1640	m
Cota mas alta sobre la divisoria	CD=	2610	m
Long desde el sitio hasta centro de g	Lg=	2,53	km
Índice de compacidad	K=	1,56	Adim
Índice de Horton	Rf=	0,11	Adim
Índice de elongación	Re=	0,74	Adim

Tabla 25. Parámetros morfométricos de la cuenca de la Quebrada la Limona

A continuación en la Tabla 26 se muestran los caudales definitivos anteriormente mencionados para la cuenca en estudio.

Tr Años	caudal (m ³ /s) AMC III
2,33	26,34
5	34,05
10	40,55
25	50,47
50	58,82
100	68,42
100x1,4	95,79

Tabla 26. Caudales Máximos Seleccionados para la Quebrada la Limona.

ESTUDIO HIDRÁULICO

El objetivo de este capítulo es presentar la modelación hidráulica en condiciones existentes y la modelación hidráulica de la estructura a proyectarse en la quebrada La Limona, ubicada en el municipio de Medellín, departamento de Antioquia. Se realizó el análisis hidráulico para los caudales definitivos que se muestran en la tabla 27 asociados a las crecientes con periodo de retorno de 2.33, 5, 10, 25, 50 y 100 años, a continuación se muestra la modelación hidráulica realizada en el programa HECRAS 4.1.0.

Autor	Profundidad de socavación Ys					
	m					
	2,33	5	10	25	50	100
Lui - Gill	1,92	2,08	2,2	2,35	2,47	2,59
Laursen	1,2	1,3	1,38	1,46	1,69	1,77
Froehlich	2	1,99	2,02	2,05	2,02	2,03
Media	1,78	1,87	1,94	2,04	2,11	2,18

Tabla 27. Resumen de profundidades de socavación.

Socavación Total						
Tr (años)	2,33	5	10	25	50	100
Ys General (m)	1,69	1,99	2,24	2,75	2,38	2,73
Ys Estribos (m)	1,71	1,79	1,86	1,96	2,06	2,13
Ys Total (m)	3,4	3,78	4,1	4,71	4,44	4,86

Tabla 28. Resumen Profundidades de Socavación por Estribos.

La socavación definitiva es la suma de la socavación general y la de estribos, que corresponde a la socavación total y que es igual a 4,86 m para un periodo de retorno de 100 años, por lo tanto y para ser conservadores se toma como profundidad definitiva igual a 5,00m; la socavación del lecho es igual a 2,73m, por lo que se aproxima a 3,00m y que corresponde a la socavación general del cauce. Se recomienda como cota de cimentación de las pilas la 1682.

CONCLUSIONES

Una vez realizado el estudio hidrológico y la evaluación hidráulica en condiciones existentes y proyectadas del tramo de cauce sobre la quebrada La Limona, en el municipio de Medellín, departamento de Antioquia, se tienen las siguientes conclusiones de importancia.

ESTUDIO HIDROLÓGICO

- Para el cálculo de las hidrologías se utilizaron todas las metodologías descritas, para una condición de humedad antecedente del suelo AMC III y suelo tipo C.
- Los caudales máximos obtenidos por todos los métodos evaluados, se encontraban dentro del mismo rango fueron seleccionados para el cálculo de la media, el caudal seleccionado fue el obtenido por la Ecuación Racional con los coeficientes obtenidos para Austin (Texas), dichos caudales se muestran a continuación en la Tabla, con dichos caudales se realizó la evaluación hidráulica de la estructura existente y proyectada, además se determinó el caudal de 100 años con un incremento del 40% como factor de seguridad, ya que la corriente es susceptible a flujos torrenciales.

Tr (años)	Caudal(m ³ /s)
	AMC III
2,33	26,34
5	34,05
10	40,55
25	50,47
50	58,82
100	68,42
100x1,	95,79

Tabla 29. Caudales de Diseño Quebrada La Limona

ESTUDIO HIDRÁULICO

- Se realizó una verificación de la estructura hidráulica existente en el tramo de estudio, y que corresponde a un puente peatonal de Luz=8,00 metros aproximadamente y H=3,00 metros, la cual hidráulicamente es insuficiente para evacuar las crecientes por encima a 10 años de periodo de retorno.
- Se tomó como alternativa de estructura a proyectarse en el cauce de la quebrada La Limona, un puente peatonal en de Luz=12,00 m y H=5,00 m con cota en la viga inferior del puente en la 1690,14; dicha estructura cumple hidráulicamente y es capaz de evacuar las crecientes asociadas a todos los periodos de retorno, y ofrece las condiciones de seguridad esperadas en el momento de una creciente.
- Los bordes libres obtenidos para la estructura proyectada se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tr	Borde Libre (m)	
	Entrada	Salida
2,33	3,64	3,49
5	3,44	3,24
10	3,27	3,01
25	3,06	2,72
50	2,5	2,49
100	2,2	2,2
100x1,4	1,7	1,72

Tabla 30. Bordes Libres – Puente Proyectado

ESTUDIO DE SOCAVACIÓN

- Se calculó la profundidad de socavación general del lecho siguiendo la metodología que se mostró con anterioridad, para el puente proyectado sobre la Quebrada La Limona para cada uno de los periodos de retorno.

- En la siguiente tabla se muestran las profundidades de socavación definitivas, se concluye que la socavación definitiva es la suma de la socavación general y la de estribos, que corresponde a la socavación total y que es igual a 4,86m para un periodo de retorno de 100 años, por lo tanto y para ser conservadores se toma como profundidad definitiva igual a 5,00m; la socavación del lecho es igual a 2,73m, por lo que se aproxima a 3,00m y que corresponde a la socavación general del cauce.

Socavación Total						
Tr (años)	2,33	5	10	25	50	100
Ys General (m)	1,69	1,99	2,24	2,75	2,38	2,73
Ys Estribos (m)	1,71	1,79	1,86	1,96	2,06	2,13
Ys Total (m)	3,4	3,78	4,1	4,71	4,44	4,86

Tabla 31. Profundidades de socavación Final

7.4. Estudios Ambientales:

Se llama Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) al procedimiento técnico-administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

En nuestro caso es igual. Porque sea un traslado o un reuso de una estructura. Para el lugar donde se llevara es como si se hiciera una construcción nueva.

7.4.1. Impacto Ambiental Preliminar:

Los estudios de impacto ambiental son desarrollados con información bibliográfica disponible que reemplaza al EIA en aquellos casos en que las actividades no involucran un uso intensivo ni extensivo del terreno, tales como la aerofotografía, aeromagnetometría, geología de superficie, o se trate de actividades de reconocido poco impacto a desarrollarse en ecosistemas no frágiles.

7.4.2. Impacto Ambiental Detallado:

Análisis que incluye aquellos proyectos (obras o actividades) cuya ejecución puede producir impactos ambientales negativos de significación cuantitativa o cualitativa, que ameriten un análisis más profundo para revisar los impactos y para proponer la estrategia de manejo ambiental correspondiente.

7.4.3. Datos requeridos:

- **Disrupción:** Medición estacionamiento de vehículos. Tiempo vs. distancia. Para poder determinar la probabilidad de demoras en cruce por movimiento. Medición de tiempos peatonales de cruce: Determinar la accesibilidad remanente entre sectores.
- **Intrusión visual:** Maquetas y o modelos en tres dimensiones. Para poder determinar y o el área oculta.
- **Nivel de ruido:** Medición de decibeles. Poder determinar la tolerancia máxima y su atenuación.
- **Nivel de contaminación:** Medición de partículas en suspensión. Determinar la tolerancia máxima y sus posibles soluciones.
- **Vibración:** Mediciones de vibración: Determinar sobre anchos de calzada y o protecciones a edificaciones.
- Solicitar permiso por escrito al departamento ambiental del municipio.

7.5. LOGÍSTICA:

Es necesario tener presentes un conjunto de medios y métodos para poder llevar a cabo todo el proceso de traslado de los puentes. Desmonte, transporte, restauración y construcción.

Para esto debemos tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Saber como se desmonta la estructura.
- Saber como será el transporte.
- Como lo vamos a construir y armar la nueva estructura.

Desmante:

Identificación de los componentes de la estructura.

De que esta hecha y conformada. Tipo de elementos de que esta construida y forma de construcción.

En las condiciones se encuentran los elementos. Su estado. Si son óptimos, si están cumpliendo con sus funciones de servicio y de carga.

Afectaciones en el tráfico y en el barrio.

Si debemos hacer cierres de las vías que cruzan.

Si es en ambos sentido o uno solo.

Días apropiados y horas de desmante.

Si tenemos redes eléctricas cercanas, de telefonía y de iluminación.

Planteamientos del desmante.

Demoliciones de la loseta

Inconvenientes. Adicionales

Se le hacen cortes a la estructura. Por etapas o cortes.

Equipos para el desmante como grúas o (pH) y personal humano.

Transporte.

Lo primero es tener definido el Lugar de llegada. Donde se trasladaran los puentes.

Medio de transporte. Si es un camión, una tracto mula cama baja o una tracto mula común. Dependerá del tipo de estructura. De los cortes realizados y de las vías de acceso y lugar final de la estructura.

Si se lleva para el lugar final donde se necesitara la estructura.

Según las condiciones estructurales. Si se transporta para un taller, donde se le harán las reparaciones pertinentes antes la reposición final.

Revisar muy bien las vías de acceso al lugar final.

Transporte por tramos.

Lugar final.

Adecuación del espacio final. Para trabajar en la estructura nueva.

Si se puede trabajar en el sitio o toca en otro lugar.

Habilitar el lugar para la entrada de maquinaria y la estructura del puente.

Que si se pueda trabajar en dicho lugar.

Tener todo lo necesario a la mano.

Colaboración de la misma comunidad. En temas de construcción y de seguridad

8. CONCLUSIONES

- Se considera que los aportes de la investigación, han sido significativos para todas las personas que hicieron parte de ella, cumpliéndose así con el propósito de permitir que los profesionales en formación pongan en práctica lo aprendido en otros contextos, retomando herramientas esenciales que solo desde la cotidianidad se pueden aplicar.
- El diseño de la guía de puentes subutilizados se convirtió en una propuesta encaminada a la resolución de necesidades observadas en un contexto y en un momento determinado que poco a poco aportarán herramientas para el desarrollo de una sociedad más inclusiva, integral y accesible.
- Las propuesta del diseño de la guía de puentes subutilizados cumplieron con las expectativas del investigador pues logró transversalizar y articularse con otros proyectos importantes para la Ciudad de Medellín desde su Alcaldía permitiendo realizar nuevos aportes y hacer parte de un equipo de profesionales de un proyecto que será de utilidad para todos.
- Durante el desarrollo de la guía se logró observar la utilidad que tiene el desplazamiento de las estructuras subutilizadas en las zonas urbanas hacia las zonas rurales, ya que aumentan los niveles de calidad de vida de las personas que allí habitan, mejorando aspectos como los desplazamientos que realizan a diario de un lugar a otro, y la prevención de accidentes de los mismos.
- En la actualidad a pesar de los continuos avances científicos, tecnológicos e incluso sociales; la comunidad urbana demuestra continuamente que aun presenta grandes falencias en la aplicación de la cultura ciudadana frente a la utilización adecuada de los puentes, poniendo en riesgo muchas veces su seguridad e incluso la de los demás.

- Es de gran utilidad para los ingenieros y demás profesionales que se encuentren encargados de una obra al momento de iniciarla, no tener que realizar el desmonte de la estructura pues ya este ha sido reutilizada en otro contexto, ofreciendo garantías y calidad de vida a otro tipo de población.
- Aunque los puentes ofrecen grandes alternativas de seguridad para los peatones, no permiten el acceso autónomo e independiente a personas en situación de discapacidad motora dificultando el proceso de inclusión de las mismas a la sociedad.
- Desde las desventajas observadas durante el proceso de investigación, es la confusión que se puede generar en las personas de la comunidad donde se realice el desmonte de la estructura, pues aunque no realicen una utilización adecuada de la misma, factores como la costumbre y angustia por los cambios e innovaciones pueden aumentar los costos del proceso, pues se hace necesario un trabajo directo de información y educación con la comunidad.
- El éxito del proceso de traslado de puentes a zonas rurales depende de la organización y estructuración de los planes de trabajo, es decir, es necesario el desarrollo de un derrotero para la implementación del proceso que incluya desde la evaluación inicial del traslado donde es posible la identificación de las necesidades, fortalezas y dificultades de la población, hasta el diseño y pasos de la ejecución del proceso; posibilitando que los resultados apunten a cada uno de los aspectos evidenciados y analizados.
- La realización de estudios de evaluación y comparación de costos dentro de la guía de puentes subutilizados es fundamental, ya que estos permiten la realización de la previsión de las necesidades de la materia prima y del recurso humano necesario para realizar el proceso de manera adecuada y sin generar tanto traumatismo en la comunidad donde se va a llevar a cabo el mismo.

- Así mismo, es esencial realizar un proceso de observación y evaluación en el lugar a donde va a ser llevada la estructura reciclada, con el propósito de observar que éste cuenta con los requisitos necesarios para la realización del proceso, evitando contratiempos posteriores como incremento en los costos y recursos humanos.
- Es importante mencionar que una de las dificultades presentadas en la ejecución del ejercicio investigativo fue la carencia de datos y valores con respecto al procedimiento del traslado de los puentes ya que no se encontraron hallazgos relacionados con el mismo, lo que implicó no poder realizar un estudio de costos adecuado como se planteó en uno de los objetivos inicialmente.
- Desde los diferentes encuentros con el equipo de profesionales de la Alcaldía de Medellín responsables de esta experiencia, se concluye que aunque el proceso de reutilización de puentes tiene un alto costo por las reparaciones y el traslado que requiere la estructura; de la misma manera se analiza que el ahorro del procedimiento se encuentra en el desplazamiento de la misma; es decir, a menos cantidad de desplazamientos del lugar del traslado al lugar de la reubicación el costo del proceso será menor.
- Una vez observados los resultados obtenidos en los estudios de suelos e hidrológicos y teniendo en cuentas las características estructurales de los dos puentes analizados a lo largo de esta investigación, se puede concluir que el puente que se encuentra ubicado en el Colegio San Carlos sobre la avenida 80, cumple con los requisitos necesarios para ser ubicado en la Quebrada de Santa Elena, permitiendo el desplazamiento de las personas que habitan el sector.
- Así mismo se analizaron las condiciones y características del puente de la iglesia la América sobre la calle San Juan, pudiendo concluir que aunque cuenta con los requisitos necesarios para ser trasladado al sector de la Quebrada la Limona, se debe evitar en este procedimiento la exagerada

fragmentación de la estructura, pues el material sobrante no puede ser reutilizado en ningún tipo de elaboración convirtiéndose en desperdicio.

9. RECOMENDACIONES

- Con el fin de cualificar el proceso de implementación de la guía de puentes subutilizados a partir de las fortalezas y debilidades encontradas en la ejecución del estudio, se realiza a las personas que implementaran el producto las siguientes recomendaciones:
- Es importante tener en cuenta que el lugar donde se realiza el retiro de la estructura debe contar con una solución inmediata para los desplazamientos de las personas de la comunidad; garantizándoles efectividad, eficiencia y seguridad en los mismos.
- Realizar estudios previos sobre las dimensiones del lugar a donde se realizará el desplazamiento de la estructura, garantizando un procedimiento de instalación acorde al plan de trabajo previsto con anterioridad y evitando situaciones que aumenten los costos de éste.
- Hacer un trabajo de concientización, sensibilización y educación con la comunidad donde se realizará el desmonte de la estructura para informar sobre los beneficios que tendrán con la nueva señalización establecida e incluso la forma como será reutilizada la estructura en otro espacio donde contribuirá al mejoramiento de los niveles de calidad de vida de una comunidad rural.
- Del mismo modo como se realizaron observaciones y estudios para la reutilización de los puentes, es importante analizar que otro tipo de señalizaciones se puedan reciclar en la ciudad (desde las brindadas por el mismo Municipio) prestando mayor utilidad en otras zonas que pueden estar en continuo riesgo por carencia de las mismas.

GLOSARIO

- **Pre-esforzado: (estructura pretensada).** Es aquella cuya integridad, estabilidad y seguridad dependen primordialmente en un proceso de pretensado. Se le llama pretensado a la creación de esfuerzos permanentes en una estructura de manera intencionada, con el propósito de mejorar su desempeño bajo diversas condiciones de servicio.
- **Pretensado:** utilizando tendones de acero de alta resistencia embebidos en el elemento estructural.
- **Potenzado:** utilizando tendones de acero de alta resistencia, estando o no éstos adheridos al elemento estructural.
- **Riostras:** Elemento constructivo que colocado oblicuamente permite asegurar la inmovilidad o evitar la deformación de otros elementos de una estructura.
- **Socavación:** La **socavación general** es un fenómeno de largo plazo, que podríamos llamar natural, se da en la parte alta de las cuencas hidrográficas, donde la pendiente del thalweg es elevada. Como consecuencia, la velocidad del agua y la capacidad de arrastre de la corriente es elevada. En la medida que el flujo arrastra más material, el flujo alcanza rápidamente su capacidad potencial de arrastre, el mismo que es función de la velocidad. En ese punto ya no produce socavación, la sección, márgenes y fondo son estables. A medida que se avanza en el curso del río

o arroyo, la pendiente disminuye, consecuentemente disminuye la velocidad, y la corriente deposita el material que transportaba

- **Tablero:** estructura que sostiene la calzada de un puente.
- **Intrusión:** En geología, una intrusión es un cuerpo de roca ígnea que ha cristalizado desde el magma fundido bajo la superficie terrestre.

BIBLIOGRAFÍA

DUQUE MEJIA, Silvio. Colombia Construye. Febrero – Marzo, 1997. Número 45, p. 41 – 45.

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA, Juan José Franco Zuluaga. Determinantes funcionales y de tráfico en el diseño de puentes. Santa Fe de Bogotá.: Departamento de publicaciones Escuela colombiana de Ingeniería. P 10 – 30.

FRANCO, Jorge Enrique. Anales de Ingeniería. Enero, 1997 N° 868 ed. Orvisa comunicaciones. Santa fe de Bogotá. p 32-36.

MINISTERIO DE FOMENTO, Secretaria de estado de infraestructura y transporte, Recomendaciones para el proyecto de puentes metálicos para carreteras, Bogotá.: Centro de publicaciones secretaria general técnica ministerio de fomento, 1996, P, cap. 2, 5, 6, 9,10.

TRUJILLO OROZCO, José Eusebio. Diseño de puentes. Tercera edición. Bucaramanga.: Ediciones UIS, 2009. p.241.