

CONSTRUCCION ACELERADA DE PUENTES EN ENTORNOS URBANOS

**GUILLERMO ANDRÉS ARIZA DURÁN
MARIO ANDRES BARRERA VASQUEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACION EN ESTRUCTURAS
BUCARAMANGA**

2016

CONSTRUCCION ACELERADA DE PUENTES EN ENTORNOS URBANOS

**GUILLERMO ANDRÉS ARIZA DURÁN
MARIO ANDRES BARRERA VASQUEZ**

**Trabajo de Monografía para optar al título de
Especialista en Estructuras**

**Director
ALVARO VIVIESCAS JAIMES
Ingeniero Civil. PhD.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACION EN ESTRUCTURAS
BUCARAMANGA**

2016

DEDICATORIA

A Dios, porque a través de su comprensión, pruebas, guías, sabiduría y paciencia me dio la oportunidad de alcanzar este logro.

A mis padres Guillermo Ariza Gutiérrez y Carmen Delia Duran Corredor, por su apoyo incondicional y oportunidad en esta etapa de mi vida profesional, por la comprensión, cariño, fortaleza, paciencia y palabras de alivio, que me han acompañado en el transcurso de mi vida forjándome el camino del bien, siempre de la mano de bendiciones y cuidados recomendados al altísimo.

A mis hermanas Lizeth y Yurley, y sobrino Gabriel, afortunado de tenerlos llenando mi vida de grandes momentos y enseñanzas compartidas.

A Yeniffer mi novia, por estar presente en mi vida, brindándome su apoyo y compañía.

A mis compañeros y docentes de la cohorte V por sus experiencias y aprendizajes.

GUILLERMO ANDRÉS ARIZA DURÁN

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios, que por su infinita gracia me permitió culminar una etapa más en vida y carrera profesional.

A mis padres, Mario y Esperanza, que con su incondicional apoyo, comprensión, paciencia y muestra de amor, y que al tener siempre su acompañamiento y guía, han forjado en mi ejemplo de, fortaleza y perseverancia para lograr cada meta propuesta, honestidad así cada logro sea de orgullo.

A mi esposa e hijo, Heidy Andrea y Juan Sebastián, por su total apoyo, paciencia, acompañamiento en cada etapa de mi vida, ya que son el motor y fortaleza diaria para superar cualquier reto y por ellos mi objetivo de superación.

A mis hermanas Lina y Diana, por ser siempre mis compañeras de vida.

MARIO ANDRES BARRERA VASQUEZ

AGRADECIMIENTOS

LOS AUTORES, EXPRESAN AGRADECIMIENTOS A LAS SIGUIENTES PERSONAS:

Al ingeniero Álvaro Viviescas, por la conducción en el desarrollo de este trabajo

A los amigos y compañeros, que con sus aportes contribuyeron a la realización de este proyecto

A la escuela de ingeniería civil UIS por permitir ser de nuevo estudiantes del alma máter

A Barbara Suhch de Wilsonco por la colaboración en las fotografías del proyecto Pecos en Denver EEUU.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	15
1. MARCO TEORICO	17
1.1 CONSTRUCCION ACELERADA DE PUENTES EN ENTORNOS URBANOS	17
1.2 ELEMENTOS Y SISTEMAS DE PUENTES PREFABRICADOS	18
1.2.1 Elementos Prefabricados.....	19
1.2.1.1 Tableros.....	21
1.2.1.2 Columnas.....	21
1.2.1.3 Vigas prefabricadas.....	22
1.3 SISTEMAS PREFABRICADOS	26
1.4 METODOS DE COLOCACION DE ESTRUCTURAS	27
1.4.1 Transportadores modulares autopropulsados.....	27
1.4.2. Lanzamiento longitudinal.....	29
1.4.3 Arrastre y deslizamiento horizontal.....	31
1.4.4 Equipos de elevación pesada.....	33
1.5 SOLUCIONES DE CONSTRUCCION ACELERADA DE PUENTES EN CONCRETO PARA ENTORNOS URBANOS. LA EXPERIENCIA INTERNACIONAL.....	35
1.5.1 Distribuidor vial el gallo y el puente Quiroga- Mexico.....	35
1.5.2 Puente de transito de la calle Clayton, Boston, (USA).....	36
1.5.3 Puente de la calle Pecos sobre la I-70 en Denver, Colorado (USA).....	38
1.6 METODOS CONSTRUCTIVOS DE PUENTES EN COLOMBIA	40
1.6.1 Voladizos sucesivos.....	40
1.5.1.1 Puentes construidos en el país por voladizos sucesivos.....	42
1.6.2. Sistema Postensado.....	47
1.5.2.1 Puentes construidos en el país por sistema postensado.....	49
1.7 APLICACIÓN DE ABC PARA ENTORNOS URBANOS EN COLOMBIA	53
1.7.1 Ventajas.....	54

1.7.2 Desventajas.	55
1.7.3 Caso de aplicación Puente Conucos en Bucaramanga, Santander.....	55
2. CONCLUSIONES	59
BIBLIOGRAFIA.....	61
ANEXOS.....	66

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Superestructura a colocar sobre la avenida FDOT Graves	17
Figura 2. Instalación de la superestructura sobre la avenida FDOT Graves	18
Figura 3. Elementos y sistemas de puentes prefabricados	19
Figura 4. Instalación de tablero prefabricado	21
Figura 5. Levantamiento columna prefabricada 18 m.	22
Figura 6. Instalación de vigas prefabricadas	23
Figura 7. Transporte de una viga prefabricada de sección	23
Figura 8. Sección de viga doble T	24
Figura 9. Sección viga T invertida	24
Figura 10. Sección viga cajón adyacente	25
Figura 11. Sección viga cajón	25
Figura 12. Puente en Rhode Island, Estados Unidos	27
Figura 13. Traslado de superestructura por medio de SPMTs	28
Figura 14. Traslado de sección de 1500 ton, Puente 4500 del Sur sobre la I-215 en Salt Lake City	29
Figura 15. Construcción Puente Fort Lane I-15 – South Layton Interchange – Utah (USA)	30
Figura 16. Lanzamiento longitudinal Puente Fort Lane I-15 – South Layton Interchange – Utah (USA)	30
Figura 17. Construcción del nuevo puente al costado del antiguo metálico (USA)	32
Figura 18. Demolición de puente metálico antiguo por medio de equipo hidráulico (USA)	32
Figura 19. Preparación del equipo de arrastre para realizar el deslizamiento horizontal (USA)	33
Figura 20. Torre grúa sobre construcción de puente	34
Figura 21. Traslado de sección de puente la Amistad en Karlsruhe, Alemania ...	35

Figura 22.	Distribuidor vial el Gallo y puente Quiroga, en Hermosillo, México.....	36
Figura 23.	Puente metálico antiguo de la calle Clayton, Boston, USA.....	37
Figura 24.	Reemplazo puente nuevo de la calle Clayton, Boston, USA	37
Figura 25.	Puente en la calle Pecos con la interestatal 70, en Denver, USA.....	38
Figura 26.	Transporte de la superestructura puente Pecos, en Denver, USA	39
Figura 27.	Voladizos sucesivos.....	40
Figura 28.	Colocación de pila auxiliar	41
Figura 29.	Finalización de tramo a falta de una dovela.....	42
Figura 30.	Puente Pumarejo Magdalena en Barranquilla	43
Figura 31.	Puente Guillermo Gaviria Correa sobre el río Magdalena entre Barrancabermeja y Yondó	44
Figura 32.	Puente de la calle 100 sobre la carrera 15 en Bogotá	45
Figura 33.	Puente Segundo Centenario sobre el río Sinú en Montería.....	45
Figura 34.	Puente Provincial. Viaducto la novena en Bucaramanga	46
Figura 35.	Puente Gilberto Echeverri Mejía en Medellín.....	47
Figura 36.	Colocación del cable postensado y refuerzo de la viga cajón.....	48
Figura 37.	Intersección avenida circunvalar con calle 63 en Bogotá	50
Figura 38.	Interconector calle 6 con avenida NQS en Bogotá	50
Figura 39.	Puente madre Laura en Medellín.....	51
Figura 40.	Puente avenida 68 con calle 63 en Bogotá.....	52
Figura 41.	Intercambiador el Bosque. Bucaramanga.....	52

RESUMEN

TITULO: CONSTRUCCION ACELERADA DE PUENTES EN ENTORNOS URBANOS*

AUTORES: GUILLERMO ANDRÉS ARIZA DURÁN**
MARIO ANDRES BARRERA VASQUEZ**

PALABRAS CLAVES: Construcción, diseño, puentes urbanos, técnicas, transporte.

DESCRIPCION:

Este trabajo presenta una recopilación de información sobre las técnicas de construcción acelerada de puentes (CAP), en inglés Accelerated Bridge Construction (ABC), que ofrece ventajas significativas sobre la construcción convencional. Esto gracias a que se reduce la interrupción del tráfico, mejora la seguridad de la zona de trabajo y disminuye los impactos ambientales en el sector de la construcción.

Para llevar acabo dicho trabajo se recopila información sobre la experiencia de diferentes proyectos de diseño y construcción de puentes urbanos construidos con la ideología (CAP/ABC) en los Estados Unidos y se realiza la comparación con respecto a las técnicas colombianas de construcción de puentes en entornos urbanos.

En Colombia, el IDU (Instituto de Desarrollo Urbano) es quien realiza las obras de la malla vial de la capital colombiana. Actualmente, ésta desarrollando proyectos viales que involucran la construcción de nuevos puentes, cómo el de la calle 100 con carrera 15, cumpliendo con las demandas del tráfico debido al aumento de la población y comercialización de vehículos. La congestión vehicular ha afectado negativamente el crecimiento económico y ha despertado cierto inconformismo por parte de los ciudadanos; en sus efectos las entidades gubernamentales y socios privados de transporte luchan constantemente planteando estrategias para aliviar el tráfico vehicular.

*Proyecto de Grado. Modalidad Monografía

**Facultad de Ingenierías Físico - Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil.
Director: PhD. Ing. Álvaro Viviescas Jaimes

ABSTRACT

TITLE: ACCELERATED CONSTRUCTION BRIDGES IN URBAN ENVIRONMENTS *

AUTHORS: GUILLERMO ANDRÉS ARIZA DURÁN**
MARIO ANDRES BARRERA VASQUEZ**

KEY WORDS: Construction, design, urban bridges, technical, transportation.

DESCRIPTION:

This work presents a compilation of information on the technical of accelerated bridge construction (CAP), English Accelerated Bridge Construction (ABC), which offers significant advantages over conventional construction. This is due to traffic disruption is reduced, improving the safety of the work zone and reduces environmental impacts in the construction sector.

To carry out such work about the experience of different projects design and construction of urban bridges built with ideology (CAP / ABC) in the United States is collected and compared with respect is made to the Colombian construction techniques bridges urban environments.

In Colombia, the IDU (Urban Development Institute) It is who performs the works of the road network of the Colombian capital. Currently, this developing road projects involving the construction of new bridges, such as the 100 street race 15, meeting the demands of traffic due to population growth and marketing vehicles. Traffic congestion has negatively affected economic growth and has sparked some dissent by citizens; in effect government entities and private transportation partners constantly struggle raising strategies to alleviate vehicular traffic.

* Project Grade: Monograph Modality

** Faculty of Fisicomecanicas Sciences, School of Civil Engineering.
Director: PhD. Ing. Álvaro Viviescas Jaimes

INTRODUCCION

Las primeras normas o guías para puentes en Colombia, aparece en el año 1960, cuándo el MOPT (Ministerio de Obras Públicas y Transporte), publicó la cartilla Modelo de obras de arte. También el FNVC en 1976, publicó la cartilla Modelo de Puentes (Caminos Vecinales). Para el año 1980, la Secretaría de Obras Publicas de Antioquia, publicó la cartilla Modelos de puentes para vías de los carriles. Adaptado de (Forero, Prieto y Puerto, 2011) [11].

Estas entidades que por medio de planos de taller daban solución a éste sistema de puente viga losa, dónde detallaban los planos estructurales, las dimensiones y refuerzo de todas las partes, viga, tablero, estribo, zarpa.

La AIS, en 1995 publicó el CCDSP95, Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes, basado en la especificación AASHTO de 1992, mediante un convenio entre el Ministerio de Transporte y el Instituto Nacional de Vías INVIAS. Adaptado de (Galvis, 2014) [12].

Con el crecimiento de la población y el aumento del parque automotor, se ha requerido de obras que comuniquen a las ciudades, que den una solución de movilidad eficiente. Por tal motivo, se ve la necesidad de la construcción de puentes urbanos. Ellos aparte de descongestionar el tráfico, se convierten en iconos emblemáticos del lugar, ayudando al comercio y turismo. Durante la fase de construcción se emplean técnicas, mecanismos y materiales, que facilitan el desarrollo del proyecto; la técnica tradicional usada en Colombia, ha representado grandes impactos a los usuarios por los tiempos de ejecución, congestionando la movilidad, debido a los largos de periodos de tiempo de los cierres viales, generando sobrecostos al proyecto.

Es por ello que en el presente trabajo, se identificarán las técnicas empleadas para la Construcción Acelerada de Puentes (CAP), llevada a cabo por el U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (US FHWA) y en los demás registros internacionales donde se desarrolla esta metodología, la cual busca reducir el tiempo de construcción en puentes urbanos. Todo esto con la recopilación de fuentes internacionales, como: libros, revistas, informes, documentación de entidades estatales, donde se reporten las metodologías y casos de éxito, en puentes urbanos aplicando la construcción acelerada.

También se identificarán las técnicas empleadas en la construcción de puentes en entornos urbanos del país y como conclusión incentivar la investigación en este campo, para fortalecer el avance y desarrollo de la vías y por consiguientes las ciudades mediante puentes urbanos.

1. MARCO TEORICO

1.1 CONSTRUCCION ACELERADA DE PUENTES EN ENTORNOS URBANOS

La construcción acelerada de puentes (CAP) en inglés Accelerated Bridge Construction (ABC) que por facilidad desde ahora abreviaremos como (CAP), es la construcción de puentes que utiliza una planificación innovadora, diseño, materiales y métodos de construcción de una forma segura y rentable para reducir considerablemente el tiempo de construcción, que se produce cuando la construcción de nuevos puentes o sustitución y rehabilitación de puentes existentes Adaptado de (US FHWA, 2013). [33]

La construcción acelerada de puentes (CAP) aplicadas en los EE.UU. han desarrollado dos enfoques diferentes, el primero consiste en utilizar sistemas prefabricados en obra y el segundo consiste en el uso de la tecnología y equipos para mover los puentes completos desde el lugar de fabricación hasta su posición final, como lo muestran las Figuras 1 y 2, transporte de puentes terminados y listos para su instalación en obra. Adaptado de (Sivakumar, 2011) [31].

Figura 1. Superestructura a colocar sobre la avenida FDOT Graves



Fuente: Reproducido de (<http://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/08jan/03.cfm>)

Figura 2. Instalación de la superestructura sobre la avenida FDOT Graves



Fuente: Reproducido de (<http://www.fhwa.dot.gov/publications/focus/06dec/01.cfm>)

1.2 ELEMENTOS Y SISTEMAS DE PUENTES PREFABRICADOS

El uso de elementos y sistemas prefabricados de puentes (ESPP) en inglés Prefabricated Bridge Elements and Systems (PBES), es una estrategia que permite cumplir con los objetivos de la construcción acelerada de puentes. (ESPP) hace referencia a componentes estructurales de un puente que se fabrican en un taller, generalmente cerca del sitio del puente, los (ESPP) se caracterizan por reducir el tiempo de construcción y el tiempo de impacto de movilidad que producen los métodos convencionales de construcción. Adaptado de (US FHWA, 2013) [33]

Los (ESPP) requieren de innovaciones por parte de los ingenieros diseñadores y materiales de alto rendimiento y se puede combinar con el uso de métodos industriales de construcción. Debido a que los (ESPP) se construyen fuera de la vía y bajo condiciones ambientales controladas, las mejoras en cuanto a seguridad, calidad y durabilidad a largo plazo son evidentes. Adaptado de (US FHWA, 2013) [33].

Independientemente de los conceptos tomados para realizar una construcción acelerada de puentes, su principal concepto, comparado con obras

convencionales que implican la intervención de una vía por el tiempo que dure la ejecución, se enfoca en generar un beneficio en el tiempo de construcción y el tiempo de impacto de movilidad. (Autores)

Figura 3. Elementos y sistemas de puentes prefabricados



Fuente: Reproducido de (http://www.mto.gov.on.ca/graphics/english/transtek/roadtalk/rt13-3/bridge_2.jpg)

1.2.1 Elementos Prefabricados. Dentro de las tecnologías de construcción acelerada de puentes, los elementos prefabricados, son los de mayor demanda, dado que con ellos, se elimina la necesidad de armado, fundidas y curado de concreto en obra, optimizando el tiempo, calidad y durabilidad. Actualmente, las industrias que se especializan en la construcción de los elementos prefabricados, lo hacen exclusivamente en un solo material, limitando a que se originen diseños con un mejor aprovechamiento y optimización, al no poderse contemplar el uso de diferentes materiales, que dependiendo de las condiciones del proyecto, llegasen a ser más óptimos. Por consiguiente, a las ideas anteriormente expuestas, el concreto ofrece las características de durabilidad atractivas a las estrategias de las tecnologías de CAP. Para que el acero pueda competir, se deberían usar aceros tratados (galvanizados, inoxidable, aceros tipo corten), logrando un mejor desempeño frente a los agentes atmosféricos, que en general no son del todo

eficaces y hacen por su mantenimiento más cara la solución, si esto querer decir, que el concreto deba ser considerado como única variedad de la tecnología. Adaptado de (Sanz, 2015) [30].

De las ventajas que ofrece esta tecnología se encuentra:

- Fabricación de los elementos en lugar distinto del puente, permitiendo así la ejecución simultanea de otros elementos del puente como cimentaciones, pilas y estribos, consiguiendo así la reducción en tiempos de construcción, cómo se aprecia en la figura 3.
- Se consiguen concretos de mayor resistencia, presentación y calidad del acabado, permitiendo así un mejor control de calidad.
- En obra se reducen los tiempos de cimbra, encofrados y por ende el impacto a los usuarios. Adaptado de (Hue-1998) [15].

Pero de igual forma presenta desventajas que se deben tener en cuenta para su implementación:

- Requiere medios de transporte especial, al igual que montaje, accesos y plataformas de trabajo en obra.
- Las conexiones entre los elementos y/o partes entre ellos in-situ pueden ser complicadas, dado la complejidad de su diseño, que debe considerar, la etapa de construcción, como final, y que una mala ejecución de estas puede dar un fallo a toda la estructura. Adaptado de (Hue-1998) [15].

La utilización de concreto de más alta resistencia en los elementos prefabricados, que el utilizado en los elementos que pudiesen fundirse en obra, se debe, a que a mayor resistencia permite disminuir la sección necesaria, y con ello el peso del elemento, llevando un beneficio en el tipo de transporte y montaje necesarios para la construcción. Y durante su fabricación permite reducir los ciclos de construcción, en los elementos pretensados, al alcanzar suficiente resistencia a edades más tempranas. Adaptado de (Hue-1998) [15].

Dentro de los elementos prefabricados, las vigas prefabricadas son de los más usados y de los pioneros en usar esta tecnología. Actualmente se está dando un uso más extendido a la prefabricación de los otros elementos típicos de un puente, como:

1.2.1.1 Tableros. Los tableros prefabricados mostrados en la figura 4, eliminan actividades que están asociadas con la construcción del tablero convencional, que por lo general incluye la instalación in situ de las formas de tablero, soporte voladizo y la instalación de encofrado, lo que refuerza la colocación de acero, nivelando el equipo establecido, la colocación del concreto, y curado del hormigón, todos los procesos que ocurren típicamente de manera secuencial.

Figura 4. Instalación de tablero prefabricado



Fuente: Reproducido de (<http://www.fhwa.dot.gov/bridge/abc/images/frpdeck.jpg>)

1.2.1.2 Columnas. Las columnas prefabricadas, son desarrolladas dependiendo de la altura del puente. Generalmente son usadas en puentes que no sobrepasan los 20 m. Cuando esta altura es sobrepasada, se ve la necesidad de realizar las columnas prefabricadas por secciones, lo cual genera juntas en obra, que deben ser selladas con concretos o morteros de alta adherencia y resistencia. Las columnas pueden ser de secciones variables, rectangulares, circulares,

poligonales, dependiendo del diseño de cada puente. Adaptado de (Hue-1998) [15].

La figura 5, muestra una columna de 18 m prefabricada- Intertramo Periférico-San Fernando de la autopista urbana sur, México. Su instalación contando el posicionamiento de las grúas fue de 12 horas durante los días 26 y 27 de octubre de 2014. El montaje requirió de 60 trabajadores, dos grúas de 200 toneladas, y un sistema de SPTM's de 270 toneladas. (El universal, 2000 - 2015) [9]

Figura 5. Levantamiento columna prefabricada 18 m.



Fuente: Reproducido de: (<http://www.agu.df.gob.mx/sintesis/wp-content/uploads/2014/10/66fae4bc0ce55d56d395bb7dd73100ec-650x330.jpg>)

1.2.1.3 Vigas prefabricadas.. Las vigas prefabricadas de la figura 7, son elementos que se clasifican en dos tipos: viga "modular con tablero" y viga "de ancho completo". Las vigas con tablero, apreciadas en la figura 6, se izan de manera colindante entre sí, lo que ayuda para el armado del tablero.

Figura 6. Instalación de vigas prefabricadas



Fuente: Reproducido de (<http://www.fhwa.dot.gov/bridge/abc/images/modularbeams.jpg>)

Figura 7. Transporte de una viga prefabricada de sección

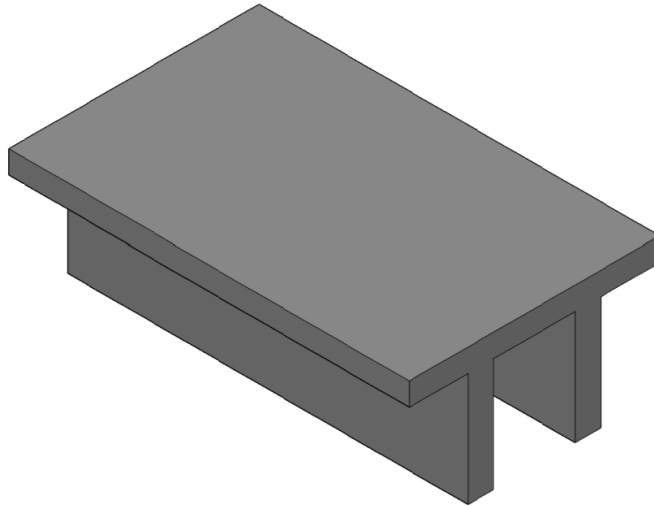


Fuente: Reproducido de (<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/564x/16/b5/7a/16b57ab1262aaac4654227d97e32a525.jpg>)

A continuación, se presentan algunos ejemplos de vigas modulares, observados en las imágenes de las figuras del 8 hasta la 11.

- Vigas adyacentes doble T

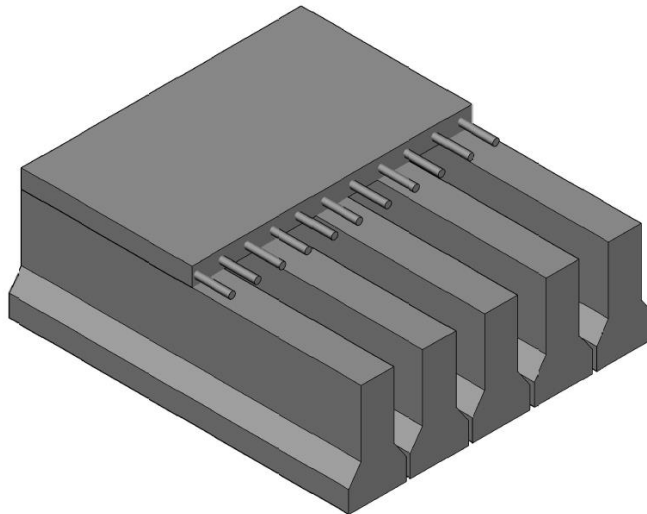
Figura 8. Sección de viga doble T



Fuente: Adaptado por autores de (http://trabis.com.mx/trabis1.0/Imagenes_trabis1.0/Productos/losas/doble%20t/img034.jpg)

- Vigas T invertidas adyacentes

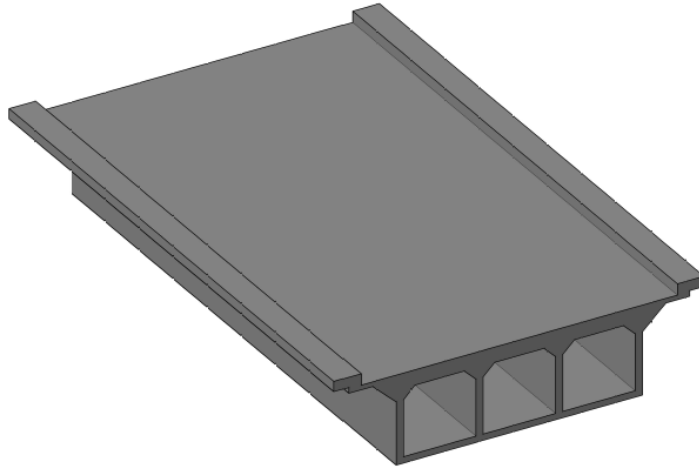
Figura 9. Sección viga T invertida



Fuente: Adaptado por autores de (<http://www.tecnyconta.es/archivos/sfproductos/159100obra-civil-prefabricados-hormigon-viga-t-invertida-infografia.jpg>)

- Vigas cajón adyacentes

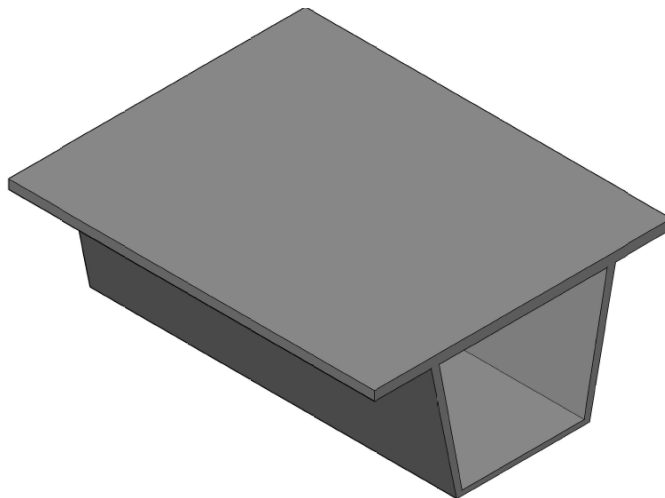
Figura 10. Sección viga cajón adyacente



*Fuente: Adaptado por autores de
(http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/files/2013/04/858802_331527263630484_1482261224_o.jpg)*

- Vigas cajón

Figura 11. Sección viga cajón



*Fuente: Adaptado por autores de
(http://img.alibaba.com/photo/509936741/900t_Bridge_girder_launching_gantry_for_high_speed_railway.jpg)*

La construcción de puentes con elementos prefabricados requiere de juntas para la unión entre ellos, las cuales generan cierto grado de preocupación respecto a la durabilidad e integridad estructural de las articulaciones, aunque no es un caso solamente de construcción prefabricada, ya que aplica a todos los casos de la construcción convencional, juntas necesarias para facilitar la formación y colocación del concreto, reduciendo el agrietamiento provocado por la contracción del hormigón y la deflexión de las estructuras. Por esto las tecnologías aplicadas a los elementos prefabricados, busca reemplazar las juntas de construcción, por conexiones prefabricadas. “El ACI llama a esta propuesta “Diseño de Emulación”. Tanto ACI como ASCE recomiendan varios elementos prefabricados de conexión, como pequeños cierres de vaciado de concreto” (Asocreto,-2012) [2]. Todas estas conexiones han sido ensayadas y buscan satisfacer las necesidades estructurales y sísmicas, sin dejar de lado la larga durabilidad.

1.3 SISTEMAS PREFABRICADOS

Bajo el mismo concepto de los elementos prefabricados, los sistemas prefabricados consisten en grandes tramos de un puente, donde se incluirían las superestructuras completas, las superestructuras con los pilares integrados, o incluso puentes completos como el de la figura 12. El gran desafío de la prefabricación de estos sistemas a gran escala, son los métodos de movilización e instalación, ya que por su considerable peso, con las grúas convencionales no sería posible. Adaptado de (US FHWA, 2013) [33]

Figura 12. Puente en Rhode Island, Estados Unidos



Fuente: Reproducido de (Accelerate Bridge Construction manual, Pagina 82 <http://www.heavyliftnews.com/news/chinese-spmt-s-transport-1650-ton-bridge-section>)

1.4 METODOS DE COLOCACION DE ESTRUCTURAS

1.4.1 Transportadores modulares autopropulsados. Los sistemas de transportadores modulares autopropulsados, (en inglés SPMTs), son vehículos de plataforma controlados por computador, se utilizan ampliamente en Europa, usadas por la industria del transporte para el movimiento de puentes. En las figuras 13 y 14, los SPMTs mueven sistemas de puentes con un peso de 165 a 3.600 toneladas. Adaptado de (FHWA, 2007) [34]

El uso de los transportadores modulares, genera una solución para la reducción de los procesos constructivos en un sistema convencional, y da paso al uso de los sistemas prefabricados, reduciendo a un solo paso la secuencia de construcción in-situ, que es, mover la superestructura del puente prefabricado a su posición final.

Los SPMTs, también pueden mover las superestructuras de varios tramos y puentes completos con infraestructura, reduciendo aún más el tiempo de construcción.

Figura 13. Traslado de superestructura por medio de SPMTs



Fuente: Reproducido de (http://www.fhwa.dot.gov/bridge/pubs/07022/images/figure_12.jpg)

Dentro de las ventajas que se tiene frente al uso de construcción acelerada de puentes, el método de SPMTs, no solo es usado en la instalación del nuevo puente prefabricado, este método es propicio para la demolición de un puente existente, mejorando su procedimiento significativamente, dado que remueve el puente existente, permitiendo mayor seguridad al tráfico que pasa por debajo del puente, ahorro en costos y tiempo, sin necesidad de cierres prolongados.

En los estados Unidos este método es ampliamente usado, por ejemplo, el departamento de transportes de Utah, utilizó este sistema para reemplazar 20 puentes en un lapso de tres años. Adaptado de (Asocreto,-2012) [2]

Figura 14. Traslado de sección de 1500 ton, Puente 4500 del Sur sobre la I-215 en Salt Lake City



*Fuente: Reproducido de
(<http://www.fhwa.dot.gov/publications/focus/07dec/images/chapter1pic1.jpg>)*

1.4.2. Lanzamiento longitudinal. Este método de construcción surge de la necesidad de la construcción acelerada de puentes, basada en el principio de lanzamiento incremental o de empuje. Este nuevo método ha sido útil para terrenos que no tienen acceso para las grúas, siendo competitivo para puentes de gran longitud. El lanzamiento longitudinal implica levantar la superestructura del puente desde una zona de lanzamiento localizada detrás de los estribos y realizar su desplazamiento longitudinal, (en dirección de estribo a estribo) hasta su posición final, tal como se ve en la figura 15. Adaptado de (US FHWA, 2013) [33] Esta técnica se compone por rodillos, actualmente por neopreno-teflón, Este material ofrece poca fricción y distribución de las cargas verticales, que actúan como soporte de deslizamiento, mientras que por un sistema de empuje, usualmente compuesto por un sistema hidráulico, realizan el lanzamiento de la estructura apreciado en la figura 16. Adaptado de (Yepes, 2016) [36]

Figura 15. Construcción Puente Fort Lane I-15 – South Layton Interchange – Utah (USA)



Fuente: Reproducido de (http://utcdb.fiu.edu/P1-UT-Layton-05_shows%20surcharge%20and%20girders%20at%20temp%20location.jpg)

Figura 16. Lanzamiento longitudinal Puente Fort Lane I-15 – South Layton Interchange – Utah (USA)



Fuente: http://utcdb.fiu.edu/PA7-UT-Layton-17_Span%201%20Launch%20013.jpg

Este Puente en Utah, su superestructura fue trasladada hasta el sitio usando sistema de transporte SPMTs, ya estando en sitio se trasladó al punto de lanzamiento, durando su colocación final 3 días. Adaptado de (US FHWA, 2013) [33]

1.4.3 Arrastre y deslizamiento horizontal. Sistema usado para la instalación de puentes grandes, se basa en que el nuevo puente, de la figura 17 se construye paralelo al puente a reemplazar.

Sobre este sistema existen varios planteamientos, el más común, la construcción de la superestructura del nuevo puente, a un costado y a lo largo del puente existente; una vez es terminada la construcción del nuevo puente, el existente es demolido (ver figura 18). Se continua con la revisión de la subestructura y si es necesario se realiza su reparación, para posteriormente deslizar el nuevo puente a su lugar (ver figura 19). Otro método se basa en la construcción de la subestructura debajo del puente existente, una vez construido el puente nuevo y la subestructura, es deslizada el puente existente e inmediatamente es colocado el nuevo puente a su lugar.

En ambos casos el sistema se basa en la utilización de bastidores como soporte temporal equipado con rieles para el desplazamiento horizontal. Adaptado de (US FHWA, 2013) [33]

Figura 17. Construcción del nuevo puente al costado del antiguo metálico (USA)



Fuente: Reproducido de
(http://www.fhwa.dot.gov/hfl/projects/me_pbes_superstructure_slidein_technology_hotelrd.pdf)

Figura 18. Demolición de puente metálico antiguo por medio de equipo hidráulico (USA)



Fuente: Reproducido de
(http://www.fhwa.dot.gov/hfl/projects/me_pbes_superstructure_slidein_technology_hotelrd.pdf)

Figura 19. Preparación del equipo de arrastre para realizar el deslizamiento horizontal (USA)



Fuente: Reproducido de

(http://www.fhwa.dot.gov/hfl/projects/me_pbcs_superstructure_slidein_technology_hotelrd.pdf)

En este sistema se puede incorporar otros sistemas de construcción acelerada de puentes, como la integración de las vigas cabezal, dentro de la superestructura, eliminando así, la necesidad de la construcción de la subestructura, después de la demolición del puente a reemplazar. El uso de elementos prefabricados, también ayudan a acelerar el proceso de la construcción, reduciendo los tiempos de construcción del nuevo puente. Los tiempos de construcción de este sistema dependen del tipo de puente, su complejidad y su tamaño. Su mayor beneficio es que la movilidad no se ve afectada hasta tener el nuevo puente listo para su instalación. Adaptado de (US FHWA, 2015) [32]

1.4.4 Equipos de elevación pesada. El equipo utilizado para suspender cargas pesadas, en el caso de los puentes, las vigas, columnas y tableros se emplea el equipo torre grúa, que es una estructura metálica desmontable, constituida por

una torre metálica, con cabina de mando en la parte superior y de un brazo horizontal giratorio tipo cercha, que por medio de un gancho suspendido de un cable realiza las maniobras de elevación, distribución o traslación de la carga.

Este tipo de máquina dependiendo de la complejidad del puente, de las cargas y tipo de elementos a maniobrar, pueden requerir de cimentación aislada con arriostramientos laterales que serán empotradas cómo está en la figura 20; también están las móviles que usan rieles ubicados en el suelo para su traslación.

Figura 20. Torre grúa sobre construcción de puente



Fuente: Reproducido de (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ruta_del_Sol_Guadero.jpg)

Una de las aplicaciones, se encuentra en la figura 21 del puente de la Amistad en Karlsruhe, Alemania. En la cual por medio de equipo de grúas móviles, los ingenieros desplazaron la estructura metálica del puente de luz 104m y ancho 14.5m con un peso de 1100 toneladas a través de la estación de Nottingham en un tiempo de 10 días. Adaptado de (Sánchez, 2013) [29]

Figura 21. Traslado de sección de puente la Amistad en Karlsruhe, Alemania



Fuente: Reproducido de

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nottingham_railway_station_MMB_93_Karlsruhe_Friendship_Bridge.jpg)

1.5 SOLUCIONES DE CONSTRUCCION ACELERADA DE PUENTES EN CONCRETO PARA ENTORNOS URBANOS. LA EXPERIENCIA INTERNACIONAL.

1.5.1 Distribuidor vial el gallo y el puente Quiroga- Mexico. En la ciudad de Hermosillo, figura 22, se encuentra el distribuidor vial el Gallo y el puente Quiroga. El primero tiene una longitud de 450 m y ancho de 9 m y altura máxima de 15m; el segundo con una longitud de 130 m y del mismo ancho. Ambas estructuras emplearon la técnica del postensado, con vigas longitudinales, tipo cajón prefabricadas. Adaptado de (Ochoa, 2015) [20]

Figura 22. Distribuidor vial el Gallo y puente Quiroga, en Hermosillo, México



Fuente: Google Maps Reproducido de (<https://www.google.com.co/maps/@29.0374051,-110.9587099,3a,75y,44.53h,97.43t/data=!3m6!1e1!3m4!1s-2pU-mh1p5QZvHvVVN-wgQ!2e0!7i13312!8i6656>)

Con una duración de seis meses y un tiempo de entrega con dos meses de anticipación, para la construcción de ambos puentes, y su combinación de construcción en sitio de la subestructura y los elementos prefabricados en la superestructura, dan como resultado una obra de gran alcance, belleza arquitectónica, y un logro de la ingeniería con tecnología de prefabricación.

1.5.2 Puente de tránsito de la calle Clayton, Boston, (USA). Puente construido en 1911 de la figura 23, era una superestructura deteriorada, no poseía una gran altura, la cual era un gran peligro, sin contar la peligrosa estructura de acero a lo largo de las aceras. Un puente usado para el tránsito de camiones, vehículos y paso de trenes, como lo es la línea roja de Ashmont, un ferrocarril rápido. Debido a su deterioro y a su alto costo de reparación, realizándose la última en el año de 1926. Adaptado de (Berger, 2015) [6]

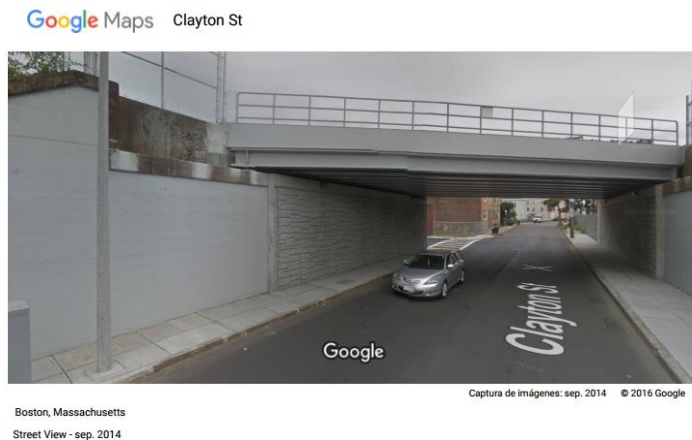
Figura 23. Puente metálico antiguo de la calle Clayton, Boston, USA



Fuente: Reproducido de (<https://www.google.com.co/maps/@42.3014003,-71.0560716,3a,75y,130.8h,88.42t/data=!3m6!1e1!3m4!1sWWZZUTOSydXzayfGcx1Mug!2e0!7i13312!8i6656?hl=es-419>)

En 2014 se realiza el reemplazo del puente mostrado por la figura 24, siendo el primer puente en utilizar las técnicas de construcción acelerada en el estado de Massachusetts. Diseñado por Luis Berger, se diseñó una superestructura con vigas de acero.

Figura 24. Reemplazo puente nuevo de la calle Clayton, Boston, USA



Fuente: Reproducido de (<https://www.google.com.co/maps/place/Clayton+PI,+Boston,+MA+02122,+EE.+UU./@42.3010363,-71.0559368,3a,60y,310.62h,90t/data=!3m6!1e1!3m4!1sX8PHomuJFgwEv4epiRv3rA!2e0!7i13312!8i6656!4m5!3m4!1s0x89e37ba5d0c264f1:0xab4437d757433938!8m2!3d42.3025468!4d-71.0562032?hl=es-419>)

El nuevo puente fue construido en una zona contigua al antiguo puente, la superestructura de 225 toneladas y de un solo vano fue empujada a su lugar por unidades de transporte autopropulsado.

La demolición del antiguo puente tomo menos de 12 horas y su construcción se completó en solo 56 horas, lo cual redujo el tiempo de construcción inicial con técnicas convencionales de 10 meses, reflejándose no solo en el menos impacto para los usuarios, si no en el ahorro de 2 millones de dólares al estado de Massachusetts. Adaptado de (Berger, 2015) [6]

1.5.3 Puente de la calle Pecos sobre la I-70 en Denver, Colorado (USA). La ejecución de esta obra se llevó a cabo en un fin de semana, la cual consistía en demoler la estructura existente del puente en concreto reforzado, que se encontraba en la calle Pecos y reemplazarlo por un nuevo puente junto con accesos tipo rotonda en cada extremo y que permitieran descongestionar el tráfico con la interestatal (ver figura 25). Para ello se empleó la construcción acelerada de puentes, para minimizar los impactos de la construcción a los viajeros. Adaptado de (Atlas Copco, 2000 - 2016) [3]

Figura 25. Puente en la calle Pecos con la interestatal 70, en Denver, USA



Fuente: Rocksol Pecos bridge 22.jpg por Kiewit

La operación de demolición se llevó a cabo en un periodo de 4 horas, usando equipos de demolición como Combi Cutter, que ubicados en la parte central del puente y junto con martillos “picaban la estructura”, la estrategia de demolición fue atacar el puente desde ambos lados en el centro, usando seis máquinas para llevar ese trabajo. Adaptado de (Atlas Copco, 2000 - 2016) [3]

Mientras se hacía la demolición, se realizaba la nivelación del terreno, para que los vehículos portadores con orugas de la figura 26 pudieran hacer el desplazamiento de la nueva estructura, mediante las líneas de transportadores modulares autopropulsados (SPMTs) hacia su sitio después de culminada la demolición. Las tareas realizadas por el contratista se transmitían en vivo y se podía ver a través de la página web del proyecto. Adaptado de (Rocksol, 2015) [26]

Figura 26. Transporte de la superestructura puente Pecos, en Denver, USA



Fuente: Foto 450.jpg por Wilson & Company

1.6 METODOS CONSTRUCTIVOS DE PUENTES EN COLOMBIA

En Colombia es muy común encontrar puentes en concreto reforzado y concreto postensado, generalmente los puentes de grandes luces se construyen por el método de voladizos sucesivos o con vigas postensadas. (Autores)

1.6.1 Voladizos sucesivos. La expresión voladizos sucesivos, hace referencia a un método de construcción utilizado para puentes de luces grandes, del cual la superestructura se hereje de forma simétrica a partir de las pilas (ver figura 27), sin necesidad de colocar apoyos provisionales, añadiendo tramos por partes que dan apoyo al tramo anterior. Con esto se mantiene el equilibrio entre los vanos y se evita someter la base a momentos de volcamiento. Adaptado de (López y Vanegas, 2009) [17]

Figura 27. Voladizos sucesivos



Fuente: Reproducido de (<https://www.flickr.com/photos/brewbooks/394850930/in/photostream/>)

Las dovelas se pueden hacer in situ mediante un carro móvil de encofrado ó carro de avance, también pueden ser prefabricadas, las cuales son transportadas hasta el lugar de la obra y puestas en su lugar por medio de grúas o equipo apropiado.

Adaptado de (Aquino y Hernández, 2004) [4]. Debido a condiciones topográficas, infraestructura y presupuesto, el prefabricado no se maneja en el país.

La sección transversal de la dovela es de tipo cajón. La razón se debe, a que ésta sección resiste de manera eficiente los momentos negativos que se producen en el proceso constructivo, dónde cerca a los apoyos, la parte inferior de la viga debe soportar la compresión. Adaptado de (Vallecilla, 2009) [35]

Para el óptimo desarrollo de este procedimiento, se trata de avanzar simétricamente los voladizos para evitar que se produzcan momentos de volcamiento excesivos. Cabe resaltar que en el vaciado y colocación de las dovelas, las pilas se encuentran sometidas a momentos flectores. Adaptado de (Nancu, s.f.) [19]. En la figura 28, cuando el proceso no se pueda llevar simultáneamente, es decir, hay asimetría, una de las soluciones es colocar apoyos provisionales a medida que se va avanzando.

Figura 28. Colocación de pila auxiliar



Fuente: Reproducido de

(http://caminos.udc.es/info/asignaturas/622/contenido_publico/recursos/P2_02_puentes_lanzados.pdf, Pág11)

Para su ejecución, se construye la primera dovela, en la parte superior de la pila. A esta dovela se le conoce como dovela de pila o dovela cero, usando el encofrado normal montado en la pila y ésta debe tener una longitud adecuada para poder montar los carros de avance sobre ella. La construcción se continúa sobre los carros, que cuelgan el encofrado de la siguiente sección de la parte ya construida. El vaciado se lleva de tal manera que no se presente peso de más y que dicha carga pueda desequilibrar el lado de la pila. Adaptado de (Perdomo, 2011) [24]

En este procedimiento se maneja una alta precisión, ya que los voladizos parten de las pilas y su punto de culminación es el centro de la luz, cómo se aprecia en la figura 29, allí se deben encontrar los voladizos de cada pila, los cuales deben coincidir tanto en altura cómo en desfase lateral. Ya que el menor corrimiento o desfase de alguna de las partes hace perder la estética del proyecto y por consiguiente aparecen esfuerzos adicionales al diseño.

Figura 29. Finalización de tramo a falta de una dovela



Fuente: Reproducido de (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Weidatalbruecke3_2005-11-02.jpg)

1.5.1.1 Puentes construidos en el país por voladizos sucesivos. En los voladizos construidos en el país podemos distinguir, según el tipo de unión entre sí,

sistemas articulados y continuos, en su gran mayoría han sido continuos, y articulados con tramo apoyado, como es el caso de Puerto Triunfo sobre el río Magdalena en la llamada autopista Bogotá – Medellín. Adaptado de (Cetina y Ovalle, 2011) [7]

En los años 70´s aparece en el país la utilización de los voladizos sucesivos en la construcción del puente sobre el río Magdalena en la ciudad de Barranquilla. La figura 30, muestra que éste puente tiene un tramo principal de 140 m con dos luces laterales 69.50m, diseñado por Ricardo Morandi y construido por dos firmas, una colombiana Cuellar Serrano Gómez y una italiana Lodigioni, las cuáles formaron un consorcio para su construcción y puesta en servicio en el año 1974. Adaptado de (Cetina y Ovalle, 2011) [7]

Figura 30. Puente Pumarejo Magdalena en Barranquilla



Fuente. Reproducido de (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Puente_Pumarejo_001-2.JPG)

En febrero del 2006, sobre el río Magdalena, se puso en funcionamiento el puente Guillermo Gaviria Correa, que une los municipios de Barrancabermeja y Yondó (ver figura 31). Cuenta con una longitud de 920m con un tramo principal de 200m de luz central. Adaptado de (Cetina y Ovalle, 2011) [7] Esta hazaña le llevó a

ostentar el record nacional por ser construido en voladizos sucesivos con dovelas vaciadas in situ. Dato adicional, los carros utilizados para esta estructura tenían capacidad nominal de 180 toneladas y un alcance máximo de 5m. Adaptado de (León, 2007) [16]

Figura 31. Puente Guillermo Gaviria Correa sobre el río Magdalena entre Barrancabermeja y Yondó



Fuente. Reproducido de (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Puente-Rio_Magdalena.jpg)

En Bogotá, la figura 32 corresponde al puente de la Calle 100, abierto al servicio en el año 2011, son dos estructuras paralelas, de 295m de longitud, con tres luces simétricas de 46m, 83m y 46m, cada una con ancho de 12m y tres carriles de circulación. Adaptado de (Osorio, 2012) [21] Este proyecto obtuvo el premio nacional de ingeniería por ser una obra material con mérito científico y técnico, aportando genialidad, innovación y disciplina en búsqueda del bienestar de la población.

Figura 32. Puente de la calle 100 sobre la carrera 15 en Bogotá



Fuente: Reproducido de
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bogot%C3%A1_avenida_NQS_a_la_altura_de_la_cl_100.JPG)

El puente segundo centenario de la figura 33, conocido como puente de la calle 41 en Montería, tiene una longitud de 300m y se encuentra sobre el río Sinú, que permite descongestionar el centro de la ciudad hacia las riveras del cauce.

Figura 33. Puente Segundo Centenario sobre el río Sinú en Montería

Google Maps Av. 1
Segundo centenario



Fecha de la imagen: abr. 2013 © 2016 Google

Fuente: Google Maps Reproducido de (<https://www.google.com.co/maps/@8.7663559,-75.882492,3a,75y,356.15h,82.33t/data=!3m6!1e1!3m4!1sm3sQhvrHqwUNfbU6hBCQmA!2e0!7i13312!8i6656!6m1!1e1>)

La figura 34, muestra el viaducto de la novena o puente provincial, se encuentra ubicado en Bucaramanga y comunica el centro de la ciudad con la parte suroccidental. Este contempla el diseño atirantado que le ha dado merito a ser el puente urbano atirantado más largo y alto en el país al igual. La longitud del tramo es de 550.8 m y altura de las torres de 132m. Adaptado de (Alcaldía, 2015) [1]

Figura 34. Puente Provincial. Viaducto la novena en Bucaramanga



Fuente: Reproducido de

([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Viaducto_Provincial_\(Av_Carrera_9a\)_Bucaramanga,_Sder_-_Colombia.jpeg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Viaducto_Provincial_(Av_Carrera_9a)_Bucaramanga,_Sder_-_Colombia.jpeg))

El intercambiador vial Gilberto Echeverri Mejía está ubicado en Medellín ó puente de la 4 Sur de la figura 35, es un puente atirantado con una longitud de 560 m, ancho de 40m. El tramo central tiene una luz de 108 m con altura de torres de 37 m. Esta obra une el oriente y occidente de la ciudad pasando sobre el río Medellín. Adaptado de (Redacción 360 en concreto, 2012) [25]

Figura 35. Puente Gilberto Echeverri Mejía en Medellín



Fuente: Reproducido de

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Puente_atirantado_Gilberto_Echeverri_-_de_la_4_sur_-_Medell%C3%ADn.JPG)

1.6.2. Sistema Postensado. El sistema postensado en puentes, trata de la superestructura específicamente las vigas.

En la figura 36, se emplean cables o conjunto de cables de acero que están dentro de un conducto que se coloca dentro del encofrado de la viga. Después del vaciado del concreto, una vez fraguado, se tensan los cables desde los extremos por medio de anclajes que se van ajustando respecto a la fuerza que es transferida a la viga por este equipo. Adaptado de (Gatica, 2009) [14]

Figura 36. Colocación del cable postensado y refuerzo de la viga cajón



Fuente: Reproducido de
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bridge_reinforcement_weidata1.jpg)

Una característica importante es que se obtienen trayectorias parabólicas en los cables para contrarrestar la acción del momento flector exterior, el postensado compensa esa sollicitud mediante una carga equivalente de pretensado. Adaptado de (Pankow, 2003) [22]

Para alcanzar la fuerza de tensionamiento se emplean hidráulicos o gatos sobre los torones o los cables de acero. En el sitio de obra se dispone de un lugar apropiado para poder fundir las vigas, generalmente se desarrolla detrás de los estribos. Cuando las vigas alcanzan la resistencia suficiente se llevan por medio de grúas y con rodillos se desliza hasta la posición final. Adaptado de (Pavani, 2008) [23]

Otro proceso que puede utilizar es el de vano a vano o tramo a tramo, el cual es de manera similar al de voladizos sucesivos con la diferencia que para la fundida no se dispone de carro de avance, sino que en su lugar se arma apoyo provisional

por medio de andamios y cerchas metálicas, para hacer el vaciado de la superestructura.

1.5.2.1 Puentes construidos en el país por sistema postensado. En las ciudades se han utilizado varios sistemas para la construcción de puentes, pos tensado y voladizo sucesivo al igual que los atirantados y extradosados. Adaptado de (Benjumea, Chio y Suarez, 2013) [5]

Para el caso de estudio (postensados) mostraremos aquellos puentes que por su concepción, entorno urbano, solución vial y otros factores son obras de la ingeniería nacional que embellecen a la ciudad.

En Bogotá tenemos varios puentes construidos por pos tensados, especialmente están sobre las intersecciones de las avenidas principales, un ejemplo son los puentes que hay sobre la avenida circunvalar, la NQS, la avenida 68, entre otras.

Una de ellas es el intercambiador vial compuesto por 6 puentes en concreto, con una longitud que supera los 424 m, además de obras complementarias de box – coulvert y canalización de quebradas y estabilización de taludes, la intersección se encuentra en la avenida circunvalar con calle 63, sobre los cerros orientales de la ciudad mostrado en la figura 37. Adaptado de (Gaico, 2012) [13]

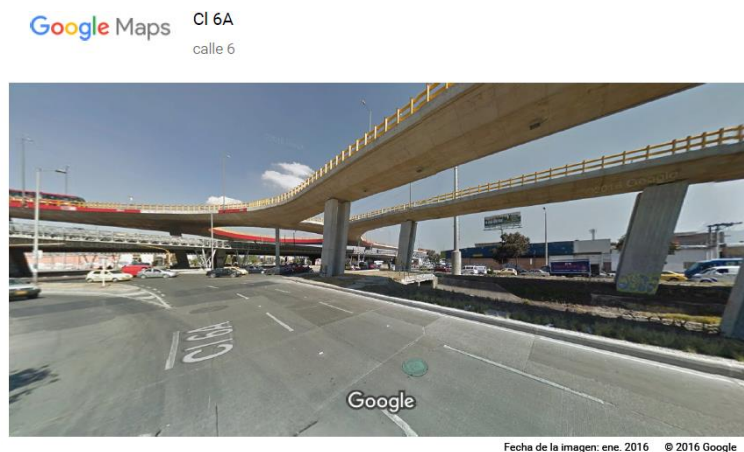
Figura 37. Intersección avenida circunvalar con calle 63 en Bogotá



Fuente: Google Maps Recuperado de (<https://www.google.com.co/maps/@4.6415734,-74.0557328,3a,90y,6.77h,66.01t/data=!3m6!1e1!3m4!1s4i2yJZgGHNJ6wxFViKBNzw!2e0!7i13312!8i6656!6m1!1e1>)

En la figura 38 se ilustra otro punto en Bogotá. El interconectar de tercer nivel de la calle 6 con avenida NQS, contempla el diseño de una glorieta o rotonda con 3 ramales para direccionar el tráfico de los buses de Transmilenio. Esta solución se desarrolló sin afectar el tráfico vehicular, la infraestructura del lugar y las redes existentes. Adaptado de (Rosillo, 2016) [27]

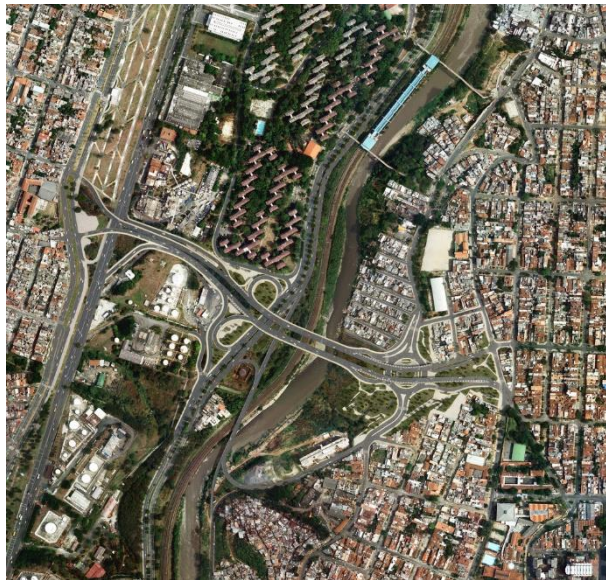
Figura 38. Interconector calle 6 con avenida NQS en Bogotá



Fuente. Google Maps, Recuperado de (https://www.google.com.co/maps/place/Bogot%C3%A1/@4.6059874,-74.0974952,3a,90y,354.01h,90.33t/data=!3m6!1e1!3m4!1sbbfETZhmud6bVqNPnXiy_g!2e0!7i13312!8i6656!4m5!3m4!1s0x8e3f9bfd2da6cb29:0x239d635520a33914!8m2!3d4.7109886!4d-74.072092!6m1!1e1)

En la figura 39 se aprecia el puente de la Madre Laura ubicado en Medellín, el cual cuenta con una longitud de 786 m por medio de dos puentes, cada uno de tres calzadas, permite la conexión entre comunas de las zonas nororiental y noroccidental, separadas por el río Medellín. También fue diseñado para conectar a las universidades Antioquia y Nacional por medio de ciclorutas. Adaptado de (Euclid Group Toxement, 2015) [10]

Figura 39. Puente madre Laura en Medellín



Fuente: Reproducido de: (https://c2.staticflickr.com/4/3684/8897424378_f4df9027b8_b.jpg)

Hacia la parte occidental de la capital, tenemos la intersección de la avenida 68 con calle 63 (ver figura 40), tiene una rotonda elevada, de longitud 340m y 3 carriles para habilitar los giros de los carros en la calle 63 y de un semi deprimido para la avenida 68. Adaptado de (Concreservicios, 2015) [8]

Figura 40. Puente avenida 68 con calle 63 en Bogotá



Fuente: Reproducido de (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1c/Av_68.jpg)

En la figura 41, se ilustra el intercambiador del bosque, localizado dentro del área metropolitana de Bucaramanga, es un paso elevado sobre la autopista Bucaramanga Piedecuesta, el cual cuenta con una longitud de 83m y 10m de ancho. Adaptado de (Mintransporte, 2011) [18]

Figura 41. Intercambiador el Bosque. Bucaramanga.



1.7 APLICACIÓN DE ABC PARA ENTORNOS URBANOS EN COLOMBIA

La aplicación de la construcción acelerada de puentes en entornos urbanos, se basa en el principio de reducir los impactos en la movilidad, que genera la construcción de puentes por el método tradicional. Bajo este principio busca la reducción en los tiempos de ejecución de la obra, logrando un mínimo impacto a los usuarios, la reducción en costos de operación y mantenimiento, y el mejoramiento de la seguridad en la zona existente y de los trabajadores.

La construcción acelerada de puentes permite emplear materiales con características mejoradas en calidad, seguridad y vida útil, procesos constructivos más eficientes, embellecimiento de la zona de afectación y adaptación de los espacios públicos a la infraestructura vial. Adaptado de (Sanabria, 2015) [28]

En Colombia, debido al creciente parque automotor, y a las condiciones en que se han ido desarrollando las ciudades, se ha visto en la necesidad de mejorar su infraestructura vial urbana, buscando como solución la construcción de intercambiadores con pasos elevados, viaductos, puentes, y de igual forma reparación y ampliación de los puentes ya existentes.

Por consiguiente es necesario considerar el uso de técnicas alternativas en los métodos convencionales que actualmente se aplican para la construcción de cualquier tipo de puente en entornos urbanos en Colombia, aplicando las técnicas de construcción acelerada de puentes (ABC).

A continuación se mencionaran, los beneficios o ventajas, como los son también algunas desventajas de la aplicación de las técnicas antes mencionadas para el caso Colombiano:

1.7.1 Ventajas.

- Permite según la concepción del diseño, reducir los tiempos de construcción, frente a los métodos convencionales, de la misma manera en el mantenimiento que requiera en su vida útil, debido a la calidad y acabado que se logra en los materiales, con las técnicas de construcción acelerada de puentes.
- El principal beneficio se traduce en la reducción de los impactos a la movilidad, ocasionando cierres temporales mínimos, menos congestión vial, y beneficiando a los usuarios en menor gasto de combustible, por tomar por periodos cortos rutas más largas.
- La reducción en los tiempos de construcción es el factor clave, permitiendo que dentro de los entornos urbanos se genere, un desarrollo en beneficio de los usuarios y acorde a las necesidades de cada ciudad.
- Permite un menor impacto al medio ambiente, ya que las técnicas plantean un desarrollo más ecológico, que el usado actualmente en obras desarrolladas in situ. Como lo es fundiciones controladas o elementos prefabricados.
- Mejor calidad en los materiales, dado que el control en elementos prefabricados son de altos estándares, y de igual forma permite una mejor estética en la superestructura, permitiendo reducción de secciones, al lograrse materiales de mayor resistencia, que las usadas in situ.
- Permitiría la conjugación de la arquitectura y la ingeniería en puentes, creando obras de arte, que permitan un ambiente de armonía con el entorno, al crear puentes con diseños innovadores, solo siendo posibles con la combinación de sistemas de construcción acelerada, con trabajos in situ.

1.7.2 Desventajas.

- Debido a la geografía Colombiana, y a que la infraestructura de malla vial colombiana no cuenta con los mejores estándares, la movilización de grandes elementos de un puente, como lo son vigas T o TT, cajón, o columnas de gran tamaño, o en su defecto una superestructura completa, sería de costos muy elevados, o posiblemente inviable.
- En Colombia los diseños de puentes, aun no contemplan la posibilidad de usar este tipo de técnicas, lo cual incursionar con algún sistema de construcción acelerada, elevaría los costos, generando un problema económico, permitiendo así la continuidad del sistema tradicional in situ.
- Se requiere que los diseños mantengan una línea de diseño estándar, para dar una competitividad a la plantas de materiales, por ejemplo al usar elementos prefabricados, siendo así rentable su constitución.

1.7.3 Caso de aplicación Puente Conucos en Bucaramanga, Santander. El puente de conucos, es un puente que se alza sobre la prolongación de la calle 67 y pasa sobre la avenida 15. Esta estructura comunica la parte oriental con la parte occidental de la ciudad, específicamente los barrios de Cabecera y Terrazas junto con la Victoria y salida a la vía antigua de Girón.

A raíz del trabajo, el puente antiguo constaba de 2 calzadas con separador central, la superestructura estaba compuesta por 12 vigas preesforzadas y un tablero de 20 cm de espesor, junto con estribos en forma de uve “V”.

Para el proyecto del tercer carril, se requería modificar el puente, puesto que la calzada proyectada, quedaba sobre los estribos. La solución que está ejecutando el contratista es de hacer implosión, ya que de llevar a cabo una voladura, causaría daños a las edificaciones del sector. Antes de emplear un método de

voladura, la solución provisional para desmontar el puente es el hilo diamantado. “Es un método de revolucionario para hacer cortes de gran precisión en piedras y concreto, que usa perlinas de diamantes, montadas en un cable de acero que gira a gran velocidad por medio de una polea motriz realizando el corte”. (DCC, s.f)³

Este proceso ha demorado las obras del proyecto, ya que la gestión contractual ha tenido problemas en la parte presupuestal, generando sobre costos a la ciudad.

En vista de lo anterior, se ha pedido al contratista cambiar el método actual y optar por otra alternativa que permita acelerar los trabajos y entregar la obra en menor tiempo. A un costado aldaño del proyecto se hacen las nuevas vigas, de una sección trapezoidal y luego mediante equipos especializados las izan en el lugar de la obra.

¿Qué alternativa se podría haber considerado para el puente en el sector de conucos?

Lo primero es analizar el tráfico, aforando las calles aldañas y el flujo sobre el puente, para realizar un modelamiento que permita predecir el comportamiento del tráfico sobre la obra. Según los resultados del estudio de tráfico se determinaría la factibilidad, de hacer la calzada de tres carriles puesto que la avenida del costado oriente, la carrea 33, después de la calle 56 se abre en 4 carriles y llegar al puente con 2 carriles provoca un embudo de botella, que en vez de mejorar la movilidad, la retrasa. De igual manera se debería prolongar hasta el sector de Hipinto, que comunica con la vía antigua a Girón.

Como el puente se encuentra en un punto de mucha concurrencia de la ciudad, dónde los viajeros entran y salen, debería hacerse con un diseño con una

³ DCC (s.f.). Cuál es la tecnología del hilo diamantado? Recuperado el día 23 de abril de 2016 de <http://www.dccdemoliciones.com/tecnologia.html>

arquitectura urbanística, que sea llamativo para el entorno y los usuarios que transitan por la calle 15. No se podría hacer por la técnica de voladizo sucesivo ya que la luz es corta y no se pueden desplegar los equipos. Usando la demolición total implica cerrar por completo el puente, generando tiempos de más y retardando el avance del proyecto, no por la especialidad del trabajo sino por la demora en la gestión de las tareas programadas y desarrollo de los procesos de contratación. En la actualidad se evidencia caos, ya que las vías adyacentes y salidas alternas están colapsadas, debido al alto flujo vehicular.

El trabajar el puente por sectores, es una solución aunque podría haber otra alternativa. Un paso elevado o un deprimido, pero para determinar cuál sea la solución y el presupuesto se debe hacer un estudio muy detallado, involucrando todas las partes (ambiental, civil, social, económico, cultural, etc) y buscando el beneficio para la ciudad. El aumentar a 2 carriles podría optarse a hacer un diseño similar al puente Flandes, ubicado en Girón sobre el río de Oro, sin usar los materiales y métodos constructivos, ya que la ejecución de la obra tardó varios años. Este puente tiene una estructura de acero en forma de arco con pendolones que se alzan sobre el tablero, dando un aspecto muy moderno. La obra ha solucionado la movilidad en esta parte, ya que la vía comunica al aeropuerto y la troncal del Magdalena Medio.

Basados en las referencias consultadas, y la información analizada, se da como sugerencia con los sistemas de construcción acelerada de puentes, una alternativa de construcción: la implementación del sistema basados en la combinación de elementos como vigas metálicas y elementos de la superestructura en concreto, para un puente de dos calzadas, cada una de tres carriles, construido en una zona aledaña y luego llevado a sitio por medio de sistemas de autopropulsión y grúas de elevación pesada, donde previamente con la demolición total del puente y con los trabajos ya realizados para la ampliación de la calzada tercer carril, se construyese la subestructura in situ, lográndose con

esto el cierre de la vía que comunica Conucos a la victoria por un lapso de tiempo de 3 a 5 días.

2. CONCLUSIONES

- Se clasificó la información hallada a través de buscadores de internet sobre el tema relacionado a puentes en entornos urbanos. Encontrándose tesis de pregrado, máster, posgrado, seminarios, artículos en revistas especializadas, monografías que hablaran sobre la temática. Se realizó una búsqueda específica de la información en el país, destacando la importancia de estas estructuras en el desarrollo urbano.
- El sistema de construcción acelerada de puentes, evidencia que la ejecución de los proyectos, presentan una reducción significativa en los tiempos y costos de construcción, que van dependiendo del tipo de tecnología usada, comparado con los procedimientos convencionales usados actualmente en Colombia.
- Cada uno de los sistemas de construcción acelerada de puentes tiene una técnica en particular, lo cual facilita que cualquier tipo de puente pueda construirse con cualquiera de ellas o la combinación viable de cada técnica, todo esto conlleva a una correcta ejecución y logro de los objetivos.
- Dentro de los sistemas de construcción acelerada de puentes, la experiencia internacional, demuestra que están avanzando a un desarrollo día a día mayor, en cada una de las tecnologías, logrando construir puentes, no solo funcionales, si no, obras de arte que se combinan con el entorno arquitectónicamente.
- La aplicación de los sistemas de construcción acelerada de puentes en Colombia, requieren de una amplia investigación de los retos, posibilidades, y capacidad que tienen las ciudades en su infraestructura vial, para la ejecución de un proyecto con estas tecnologías. Este trabajo debe ser en conjunto con los entes gubernamentales, los especialistas en puentes y las empresas privadas.

- Dadas las condiciones de infraestructura en Colombia, se es necesario implementar este tipo de tecnologías, que permitan, generar un desarrollo óptimo a las necesidades de cada ciudad, siempre buscando el beneficio de los ciudadanos, y el avance en crear entornos viales a la vanguardia de las grandes ciudades mundiales.
- Se da una opinión acerca de la construcción del puente de Conucos, obra que se encuentra contemplada dentro del proyecto del tercer carril para la ciudad de Bucaramanga, dicha opinión no interfiere ni está sujeta a la dirección que desarrolla el consorcio encargado de la ejecución de las obras.

BIBLIOGRAFIA

Alcaldía de Bucaramanga (7 de abril de 2015), Récords del Viaducto de la Novena, que el jueves -9 de abril- Bucaramanga entregará al mundo como testimonio de su grandeza. [Mensaje de un blog] Recuperado de <http://www.bucaramanga.gov.co/Prensa/post/2015/04/07/Records-del-Viaducto-de-la-Novena-que-el-jueves-9.aspx>

Asocreto, (2012). Construcción acelerada de puentes. Revista Noticreto. Edición 110. Págs. 60 - 64

Atlas Copco (2000 – 2016), Demolición en cuatro horas, Recuperado de: http://www.atlascopco.com.co/coes/news/applicationstories/140327_four_hour_de_molition_---_20140326_11_50.aspx

Aquino, D. y Hernández, R., (2004), Manual de construcción de puentes de concreto. Proyecto de grado (Inédito). Universidad de el Salvador. Escuela de Ingeniería Civil. Ciudad Universitaria. 569 Págs.

Benjumea, J., Suarez M., Chío, G., (2013). Comportamiento estructural de puentes extradosados durante construcción por voladizos sucesivos. Revista EIA, Vol. 10, número 20, Págs. 111-125, Envigado, Colombia

Berger, L., (2016), Reemplazo del Puente de transito de la calle Clayton, Boston, MA (EEUU), Recuperado de: <http://www.louisberger.com/>

Cetina, D. y Ovalle, N. (2011) Evaluación del proceso constructivo en el comportamiento estructural de un puente construido por voladizos sucesivos.

Proyecto de grado (Inédito). UIS. Escuela de Ingeniería Civil. Bucaramanga, Santander. 109 Págs.

Concreservicios S.A.S Ingeniería especializada y consultoría, (2015), Puente intersección calle 63 con av. 68. Recuperado de <http://site.concreservicios.com.co/index.php/puente-interseccion-calle-63-con-av-68/>

El Universal (2000 – 2015), Colocan mega columna en autopista urbana sur, Recuperado de: <http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2014/colocan-zapata-columna-en-autopista-urbana-sur-1049311.html>

Euclid Group Toxement, (2015). Experiencia exitosa Puente Madre Laura. Recuperado de http://www.toxement.com.co/pdfs/Caso_de_%C3%A9xito_Puente_Madre_Laura_enero_2015.pdf

Forero, J., Prieto, N. Puerto, S. (2011). Comparación de Modelos de Cartillas de puentes y portones en concreto reforzado. L'ésprit Ingénieux. Vol. 2 (Núm. 1). Págs. 30 -36.

Galvis J. (2014). Nuevo código de diseño de puentes – LRFD-NCP-2014. Revista Noticreto. Edición 125. Págs. 16 -21

Gaico Ingenieros constructores (2012), Puentes y viaductos. Recuperado de: <http://www.gaico.co/index.php/puentes-y-viaductos>

Gatica, M., (2009) Estudio comparativo entre losa tradicional de hormigón armado y losa postensada con adherencia. Tesis de grado (inédito). Universidad Austral de Chile. Escuela de construcción civil. Chile. 132 Págs.

Hue, F. (1998), Elementos prefabricados de hormigón en puentes. Recuperado de <http://www2.ciccp.es>

León, A., (2007), El puente que unió a Yondó con Barrancabermeja. Revista de Santander. Edición 2. Págs. 9 -21

López, E, y Vanegas, S., (2009). Sistemas constructivos en puentes con pretensado extradadoso, estado del arte. Proyecto de grado (Inédito). UIS. Escuela de Ingeniería Civil. Bucaramanga, Santander. 236 Págs.

Min transporte (2011), Intercambiador 'El Bosque' mejora tráfico entre Floridablanca y Bucaramanga, Recuperado de: https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/intercambiador_el_bosque_mejora_a_trafico_entre_floridablanca_y_bucaramanga

Nancu, M., (s.f.) Metodología para el análisis y dimensionamiento de puentes construidos evolutivamente mediante avance por voladizos sucesivos. Trabajo fin de grado (Inédito). Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. 169 Págs.

Ochoa, R., (2015), Arquitectura prefabricada: Dos nuevos puentes en Sonora, México, Revista Noticreto 129. Págs. 58 – 63

Osorio, J., (2012). Ingeniería colombiana: Puentes de la calle 100 en Bogotá. [Mensaje de un blog] Recuperado de <http://blog.360gradosenconcreto.com/ingenieria-colombiana-puentes-de-la-calle-100-en-bogota/>

Pankow, R., (2003), Hormigón prefabricado – postensado vs. Elaborado in situ – H.A. Comparación de proyectos de viaductos. Tesis de Master (Inédito). Universidad Federal de Paraná. Sector de Tecnología. Brasil. 152 Págs.

Pavani, E, (2008) Comparación económica de puente de losa versus puente de vigas. Tesis de grado (inédito). Universidad de Chile. Departamento de ingeniería civil. Chile. 67 Págs.

Perdomo, M (2011). Estudio comparativo de puentes construidos por voladizos sucesivos. Tesis de Master (Inédito). Universitat Politècnica de Catalunya. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona. 114 Págs.

Redacción 360° en concreto, (2012). Intercambio Vial Gilberto Echeverri Mejía (Puente De La 4 Sur) / Constructora Conconcreto S.A. [Mensaje de un blog], Recuperado de <http://blog.360gradosenconcreto.com/intercambio-vial-gilberto-echeverri-mejia-puente-de-la-4-surconstructora-conconcreto-s-a/>

RockSol Consulting Group Inc., (2015), Pecos Street over I-70 CM/GC, Recuperado de: <http://www.rocksol.com/project/pecos-street-over-i-70-cm-gc>

Rosillo, L., (2016) Diseño y construcción del interconector de tercer nivel de la calle 6 con NQS Bogotá. Seminario Internacional Tendencias Actuales en Tecnología para Puentes y Viaductos. Pedelta Ingeniería.

Sanabria, D., (2015). Construcción acelerada de puentes. Boletín estructuras. No. 6 Universidad de Costa Rica. Págs. 1-6.

Sánchez, J. (2013), Timelapse: Puente Karlsruhe de la amistad (Nottingham) [Mensaje de un blog], Recuperado de: <http://www.mosingenieros.com/2014/12/timelapse-puente-karlsruhe-amistad.html>

Sanz, L., (2015), La necesaria industrialización de las estructuras de obra civil: CAP de los puentes prefabricados. Revista Noticreto. Edición 130. Pág. 39

Sivakumar, B. (2011). Rapid replacement of bridges using modular systems. Proceedings of 6th New York City Bridge Conference, 25-26 July 2011 Modern Techniques in Bridge Engineering, Pages. 223-234.

U.S. F.H.W.A. Department of Transportation Federal Highway Administration. (2015), Final report: Replacement Using Superstructure Slide- In Technology. 2015. Pág. 31.

U.S. F.H.W.A. Department of Transportation Federal Highway Administration. (2013), Acelerated Bridge Construction Manual. Pág 69

U.S. F.H.W.A. Department of Transportation Federal Highway Administration. (2007), Manual on Use of Self-Propelled Modular Transporters to remove and Replace bridges. Pág 7

Vallecilla, C., (2009), Puentes de concreto postensado. Teoría y práctica. Bogotá, Colombia. Editorial Universidad de la Salle.

Yepes, V., (26 de enero 2016), Apoyos deslizantes para el deslizamiento de un puente [Mensaje en un blog], Recuperado de: <http://victoryepes.blogs.upv.es/2016/01/26/apoyos-deslizantes-para-el-lanzamiento-de-puentes/>

ANEXOS

ANEXO A. MANIFESTACION DE LOS DERECHOS DE LAS IMAGENES

En la realización de este documento, encontramos un inconveniente respecto a los derechos de autor de las imágenes, ya que la gran mayoría de fotos publicadas en los sitios web contaban con copyright, lo cual no era posible insertarlas en el documento sin la autorización expresa del autor. En vista de ello, se manejaron imágenes con licencia libre, en nuestro caso buscamos que tuvieran licencia CC (Creative Commons), son aquellas imágenes de carácter público las cuales permiten su publicación en otros sitios sin problemas por el copyright. Este tipo de licencia en imágenes las encontramos en Flickr, Wikimedia, Search creative commons.

En algunos casos al no poder encontrar la imagen deseada, se usó el servicio de contacto para poder pedir permiso en que dicha foto se pudiese utilizar en nuestro libro. Realizamos envíos de correos electrónicos a Construdata, Concreto, Atlas Copco, Wilsonco entre otros pero lastimosamente sólo obtuvimos respuesta positiva de Wilsonco, que por parte de Barbara Shucks, nos suministró fotos del proyecto realizado en Denver. De las páginas colombianas, especialmente Concreto nos iba a colaborar pero no hubo comunicación con la parte jurídica en espera de un documento sobre el uso que se le iba a dar a esas imágenes.

Otro método que utilizamos fue Google Maps, que ellos en su política manifiestan que se puede hacer uso de las imágenes que allí se encuentran siempre y cuando no sean con fines comerciales y se dé los respectivos créditos.

Según lo anterior, publicamos el correo de Wilsonco y la política de Google Maps, sobre el derecho de las imágenes.

Wilsonco.

Pregunta:

Hi, good morning, i´m workin in my grade project as university student. The subject of investigation is ABC (accelerated bridge construction), I want insert any image of his web page, specially bridge Pecos with I70. I can it or not permission because it has copyright.

Thanks for you attention.

Respuesta:

Attached is a photo of the project. Please give credit as follows:

Pecos bridge-22.jpg - Photo by Kiewit.

450.jpg - Photo by Wilson & Company

Please let me know if you need other photos.

Gracias!

Barbara Shuck, FSMPS, CPSM

Firm-wide Marketing Communications Manager | Wilson & Company, Inc.,

Engineers & Architects | 402-408-4804 Direct

Política de uso de imágenes de Google Maps

Gracias por pensar en Google Maps, Google Earth y Street View para tu proyecto. Estas directrices hacen referencia al uso no comercial de Google Maps, Google Earth o Street View (salvo en los casos descritos más adelante). Si quieres usar estos productos para fines comerciales, ponte en contacto con el equipo de ventas de Google Maps for Work. La expresión "fines comerciales" significa "usar para generar ventas o ingresos".

La finalidad de esta página es responder a las preguntas que nos han enviado los usuarios durante años en relación con el uso de nuestras herramientas de mapas

en cualquier medio (material de marketing y promocional, películas, programas de televisión, libros, publicaciones académicas, etc.).

En términos generales, no tenemos ningún problema con que utilices nuestros mapas e imágenes, siempre y cuando cumplas las Condiciones de Servicio y los atribuyas debidamente. De hecho, nos encanta ver que se han creado tantas aplicaciones creativas de Google Maps, Google Earth y Street View. Sin embargo, sabemos que quieres información más concreta para asegurarte de que usas nuestros mapas e imágenes correctamente.

Cuando estudies la información siguiente, te sugerimos que empieces por las directrices que aparecen al principio porque sirven para todos los proyectos. Luego puedes hacer clic en la sección que se aplique a tu caso.

USOS EN MEDIOS IMPRESOS

Google Maps y Google Earth tienen funciones para la impresión. Puedes imprimir el Contenido para uso no comercial y ampliarlo (por ejemplo, un mapa con indicaciones). Antes de distribuir materiales impresos que incluyan el Contenido, lee las directrices generales anteriores, en concreto las relacionadas con el uso legítimo y la atribución.

Uso propuesto	¿Se puede usar?	Información adicional
Libros	Sí	Se pueden usar varias imágenes, siempre que no se distribuyan más de 5000 copias ni se use el Contenido en guías de viaje.
Publicaciones periódicas	Sí	Se incluyen periódicos, revistas y diarios.
Informes y presentaciones	Sí	Se incluyen publicaciones de investigación, informes internos, presentaciones, propuestas y otros documentos profesionales relacionados.
Guías de viaje	No	No puedes usar el Contenido como parte principal de material de navegación impreso (por ejemplo, libros de

			viaje).
Bienes de consumo		No	Se incluyen los productos de venta al por menor o su embalaje (por ejemplo, camisetas, toallas de playa, cortinas de ducha, tazas, pósteres, material de oficina, etc.).
Anuncios impresos		No	Consulta la sección de anuncios para obtener más pautas sobre los usos en el canal digital y en televisión.

Ten en cuenta que no podemos ofrecer capturas de pantalla de alta resolución ni vectoriales de Google Maps, aunque puedes usar [Google Earth Pro](#) para guardar e imprimir archivos JPEG de alta resolución de las imágenes de satélite. Se pueden exportar imágenes de como máximo 4800 píxeles de ancho de Google Earth Pro. Consigue gratis tu [clave de Google Earth Pro](#) hoy mismo.

Fuente: <https://www.google.com/intl/es/permissions/geoguidelines.html>