

Reseñas de grandes hitos de la ingeniería en Colombia

Reviews of engineering's most notable milestones in Colombia

RESUMEN

Esta sección muestra algunas reseñas que describen avances de la ingeniería en Colombia. Inicialmente Turriago describe los aspectos de la historia del petróleo en Colombia hasta mediados del siglo XX; posteriormente René Andrés Meziat Restrepo hace una reseña del libro *Gestión ambiental - Obras civiles y construcciones*; luego el académico Hernando Monroy Valencia describe el desarrollo de la ingeniería colombiana de construcción; y finalmente, Augusto Ruiz Corredor hace una reseña sobre los puentes preesforzados en Colombia. Estas reseñas brindan la oportunidad de conocer parte del desarrollo que la ingeniería ha brindado al país.

ABSTRACT

This section presents some outlines describing the advances made by engineering in Colombia. Turriago begins the section by describing aspects regarding the history of petrol in Colombia until the middle of the 20th century. René Andrés Meziat Restrepo then gives a summary of his book entitled *Gestión Ambiental—Obras Civiles y Construcciones* (Environmental Management—Civil Work and Construction) and Hernando Monroy Valencia describes the development of Colombian construction-related engineering whilst Augusto Ruiz Corredor closes the section with a report about pre-stressed concrete bridges in Colombia. These reviews provide readers with an opportunity to learn more about part of the role which engineering has played in Colombia's development.

Aspectos de la historia del petróleo en Colombia hasta mediados del siglo XX

Tomás Turriago¹

El petróleo es un producto natural mezcla de hidrocarburos cuyo origen es orgánico, principalmente plancton, que se acumula en el fondo de los océanos, lagos y zonas costeras bajo capas sucesivas de sedimentos; la presión y el calor subterráneos mediante complicados procesos bioquímicos e inorgánicos, los transformaron en hidrocarburos.

En el país existen extensas cuencas sedimentarias. Las tierras bajas de Colombia formaron parte del fondo del mar, y en el transcurso de miles de siglos las aguas se fueron secando, el lodo se convirtió en piedra, los restos orgánicos apesados bajo las capas de piedra se convirtieron en petróleo. Sin embargo, el plegamiento geológico dado por la emergencia de la cordillera de los Andes, hace 60 millones de años, hizo que la riqueza petrolera se desplazara y quedara ubicada al oriente del país, en territorio venezolano. Quedó algo de petróleo atrapado entre las cordilleras Central y Oriental, principalmente en zonas cercanas a Barrancabermeja. Las reservas encontradas en los campos de Caño Limón, Cusiana, Cupiagua y Rubiales, en los llanos Orientales, son superiores a las del

Magdalena Medio, pero muy inferiores a las venezolanas.

En el mundo la producción industrial y la historia moderna del petróleo empieza el 27 de agosto de 1859 con el primer pozo explotado mediante perforación, en la aldea de Titusville, Pensilvania (Estados Unidos). En 1861 un joven de 22 años, llamado John Davison Rockefeller, empezaba a comerciar y a ganar dinero con el petróleo de Pensilvania; posteriormente, el 10 de enero de 1870, constituye la Standard Oil Company, que refinaba en alambiques el queroseno utilizado principalmente para alumbrado.

Con el desarrollo de la electricidad y el invento de la lámpara incandescente parecía que se acababa el mercado del petróleo y el precio bajó considerablemente, pero a principios del siglo XX se abrió un nuevo mercado a partir de la comercialización del automóvil.

En 1913, más de un millón de automóviles y camiones circulaban por Estados Unidos y Europa (hoy circulan mil millones de vehículos, diez mil aviones, millares de bu-

¹ Ingeniero Mecánico de la Universidad de los Andes. Consultor. Especialista en el área de petróleo

ques y trenes movidos por derivados del petróleo); la demanda hizo que las compañías petroleras inglesas y estadounidenses se desplazaran a otros países como Colombia, en busca de nuevas reservas. Se fundaron numerosas compañías petroleras, pero las que dominaron más del 90% de la industria del mundo occidental, son las conocidas como el cartel de las “siete hermanas” o “las siete grandes”, conformado en 1928: BP, Chevron, ESSO, GULF, Mobil, Shell, Texaco.

En Colombia, en el siglo XIX, se hicieron sin éxito investigaciones e inversiones para la búsqueda, explotación y refinación del petróleo. El novelista Jorge Isaacs, en 1886, fue el primero en obtener contratos de concesión, pero nunca encontró petróleo en cantidades comerciales suficientes para su explotación.

En relación con los inicios de la refinación en Colombia, en 1905 el general Virgilio Barco, cuando no existían en la zona pozos de petróleo en producción, construyó en Cúcuta un alambique muy rudimentario con el fin de producir pequeñas cantidades de aceite para alumbrado que se alimentaba con el crudo que afloraba en un sitio llamado Petrólea. La facilidad de su refinación se debe a que el petróleo encontrado es un crudo liviano, de la mejor calidad del mundo, superior a 45 grados API. El producto queroseno se llamó “Luz de América” y se comercializaba principalmente en Cúcuta.

La refinería Cartagena Oil Refinig Company, construida en Cartagena en 1908 a la entrada del actual barrio Bocagrande, donde hoy está el Hospital Naval, inició operaciones con petróleo importado en abril de 1909, con una capacidad de procesamiento de 400 barriles diarios de crudo; estuvo en funcionamiento hasta 1923, año en que comenzó a operar la refinería de mayor capacidad instalada en Barrancabermeja por la Tropical Oil Company, que utilizaba el crudo de la región.

La explotación petrolera en Colombia, durante la primera mitad del siglo XX corresponde principalmente a las concesiones obtenidas en 1905 por Roberto de Mares en el Magdalena Medio, en Santander, y por el general Virgilio Barco en la cuenca del río Catatumbo, en Norte de Santander.

La historia comenzó cuando a principios del siglo XX el coronel José Joaquín Bohórquez dirigió una expedición en busca de caucho y tagua, por las selvas del Oponcito y La Colorada, ríos afluentes del Magdalena, al sur de Barrancabermeja, y encontró afloramientos de crudo en el lugar llamado Infantas. Posteriormente fue contactado por Roberto de Mares, quien obtuvo del Gobierno el contrato de explotación petrolera durante treinta años, en la zona que se llamó “Concesión de Mares”, concesión que revirtió a la nación el 25 de agosto de 1951, fecha a partir de la cual ha estado a cargo de la Empresa Colombiana de Petróleos (Ecopetrol) y actualmente continúa en producción.

La Concesión de Mares comprende los siguientes linderos: Desde la desembocadura del río Sogamoso en el río Magdalena, este río aguas arriba (o sea hacia el sur), hasta la desembocadura del río Carare; este río (hacia el oriente), hasta encontrar el pie de la cordillera Oriental y de allí (hacia el norte), siguiendo por el pie de dicha cordillera hasta encontrar el río Sogamoso; y este río aguas abajo (hacia el occidente), hasta el primer lindero citado. (El área total de la concesión, de acuerdo con las medidas realizadas posteriormente, es del orden de las 500.000 hectáreas).

El 14 de junio de 1916, en San Vicente de Chucurí, se firmó el acta de iniciación de la explotación de la Concesión de Mares; el 29 de abril de 1918 se inició la producción de petróleo, con la perforación, por parte de la Tropical Oil Company, conocida como la Troco (filial de la Standard Oil Company), de los pozos números 1 y 2 en la zona de Infantas. El 11 de noviembre del mismo año se alcanzó una producción de 2.000 barriles por día. Así como en el mundo se considera 1859 el año de inicio de la producción comercial de petróleo, en Colombia se puede decir que es en 1918, con la perforación de los pozos 1 y 2 en Infantas.

Roberto de Mares solicitó varias veces al Gobierno colombiano la aprobación del traspaso de la Concesión a la Troco; sin embargo, por el descontento con los estadounidenses por la toma de Panamá, todos los negocios con Estados Unidos habían quedado paralizados. Con la aprobación del tratado Urrutia-Thompson, que significaba la entrega de US\$ 25 millones de dólares a Colombia por la pérdida de Panamá, se mejoraron las relaciones con Estados Unidos, se aceleró la inversión de las compañías estadounidenses en Colombia y el traspaso de la Concesión de Mares a la Troco en 1919. El ministro de Obras Públicas, Esteban Jaramillo, durante el gobierno de Jorge Holguín, aprobó como fecha desde la cual debía empezarse a contar el término de los treinta años, el día 25 de agosto de 1921, desconociendo el acta de San Vicente de Chucurí, que estableció como fecha de iniciación de la explotación el 14 de junio de 1916, y por lo tanto, la reversión debería ser en 1946 y no en 1951.

La refinería de Barrancabermeja inició operación formal en 1922 con capacidad para procesar 1.500 barriles diarios de crudo; inicialmente producía queroseno, gasolina, combustóleo y aceite lubricante; en 1941 se amplió a 17.000 barriles, y en 1951 había alcanzado la capacidad de 22.000 barriles diarios.

Con el objetivo de exportar el petróleo producido por la Concesión de Mares, la empresa canadiense Andean National Corporation, entre 1923 y 1926, construyó un oleoducto entre Barranca y Mamonal, Cartagena. El 10 de junio de 1926 inició operaciones con el transporte y almacenamiento de crudo a las instalaciones de Mamonal, cuyo primer embarque para exportación de 88.000

barriles de petróleo de la Concesión de Mares se realizó el 1º de julio del mismo año. En Cartagena, inicialmente, las instalaciones de la Andean quedaban en los terrenos donde hoy se encuentra el Hospital Naval, antiguo sitio de la Cartagena Oil Refining Company, cuyos alrededores desarrolló con el relleno y construcción de vías y edificaciones en la zona, que posteriormente se convirtió en el famoso barrio Bocagrande. A partir de 1926 las instalaciones pasaron a Mamonal, en terrenos donde en 1951 Intercol, subsidiaria de la Standard, construyó la refinería de Cartagena.

La Empresa Colombiana de Petróleos fue creada en 1948. En 1951 se dictó el decreto de organización con el propósito de recibir y operar la Concesión de Mares, su primera junta se reunió en Bogotá el 27 de febrero de 1951 y se nombró a Luis Emilio Sardi Garcés como gerente de la nueva empresa.

La otra explotación petrolera importante durante la primera mitad del siglo XX es la Concesión Barco, que se inicia cuando a principios del siglo el general Virgilio Barco estuvo buscando petróleo en la zona del Catatumbo, en el norte de Cúcuta, muy cerca de la frontera con Venezuela, y por informaciones de Ramón Leandro Peñado encontró afloramientos en un sitio que se llamó La Petrólea; el 16 de octubre de 1905 el Gobierno colombiano, presidido por el general Reyes, le concedió una concesión para la explotación de los petróleos del Catatumbo, firmada también por el ministro de Obras Públicas, Modesto Garcés.

En el gobierno del presidente Olaya Herrera, en 1931, se concedió permiso de explotar durante cincuenta años el petróleo de la Concesión Barco a la Colombian Petroleum Company (Colpec) y la South América Gulf Oil Company (Sagoc).

La concesión Barco, con una extensión aproximada de 200.000 hectáreas, se encuentra en la franja oriental del departamento de Norte de Santander, en los límites con Venezuela, en las cuencas de los ríos Catatumbo, Tibú y Zulia. A la Sagoc se le concedieron las zonas aledañas al oleoducto entre Tibú y Coveñas, 30 metros a cada lado. La producción petrolera se inició en 1934. El oleoducto y el terminal de Coveñas se construyeron entre 1938 y 1939.

A partir de la Concesión a Jorge Isaacs en 1886, hasta

1950, se habían presentado 820 solicitudes de concesiones, pero sólo 54 se otorgaron y apenas 4 tuvieron explotación comercial: Concesión de Mares, de la Tropical Oil Compay; Concesión Barco, de Sagoc y Colpec; Concesión Yondó, en Casabe, de la Shell; y la concesión en los campos de Velásquez, de Texaco.

Las concesiones petroleras eran verdaderos enclaves coloniales, donde inicialmente no tenían ningún acceso los ingenieros colombianos. Las funciones de diseño y de planificación técnica, económica y financiera se efectuaban en las dependencias especializadas de las compañías extranjeras. A las instalaciones petroleras vinieron ingenieros extranjeros, civiles, de petróleos, químicos, mecánicos y eléctricos en gran número. De ellos aprendieron los profesionales colombianos, y a partir de 1951, cuando se constituyó Ecopetrol, pudieron hacerse cargo gradualmente de los campos petroleros, de la refinería y del oleoducto.

La historia del petróleo en Colombia, hasta mediados del siglo XX, comprende, también, otros temas importantes tales como:

- La historia de los sindicatos, las huelgas petroleras y sus consecuencias para la comunidad, el país y las compañías extranjeras.

- Los resultados económicos para el país, para los concesionarios y las compañías extranjeras.

- La falta de contratación de firmas de ingeniería colombiana para los diseños y obras; en cambio, la utilización de abogados colombianos, hasta el punto que en la época se volvió de moda el abogado petrolero.

- El impacto ambiental ocasionado por la explotación de los campos petroleros.

El desplazamiento y exterminio de las comunidades indígenas que habitaban los terrenos de la Concesión de Mares y la Concesión Barco. En 1900 existían 2.500 motilonos y el territorio Barí o Motilón comprendía un área de 19.000 kilómetros cuadrados; y en 1950, eran sólo 1.200 motilonos en 7.400 kilómetros cuadrados. En el caso del Magdalena Medio, en las cercanías de Barranca y los ríos Opón, Oponcito y La Colorada, de unos 15.000 yariguíes que se calcula había en 1860 disminuyeron a 5.000 en 1900, a 1.000 en 1910 y a unas dos docenas en 1925. En 1950 no había ninguno.

Gestión ambiental - Obras civiles y construcciones (libro)

René Andrés Meziat Restrepo²

El libro de mi autoría titulado *Gestión ambiental - Obras civiles y construcciones* es el resultado de varias décadas de actividades profesionales en el campo de las construc-

ciones urbanas y casi una década en la preparación y desarrollo de los seminarios ambientales para los cursos de posgrado, libro al cual la Sociedad Colombiana de

² Ingeniero Civil de la Universidad Javeriana. Consultor y profesor de ingeniería ambiental.

Ingenieros otorgó el Premio Diódoro Sánchez 2008, en concurso con cinco respetables libros más.

En el texto del libro enuncio cómo poetas, escritores, pintores y músicos (como Beethoven y su Sexta Sinfonía, llamada *Pastoral*) han contribuido a enaltecer a la naturaleza, mientras que muchos profesionales nos ocupamos de envilecerla o destruirla.

El libro sintetiza la simbiosis que reúne todos los elementos de la naturaleza atados por procesos *holísticos*, dándole una inevitable unidad global.

Enuncio en un epígrafe que: “*En el torbellino ambiental en que vivimos, es preciso pensar en los orígenes aguas arriba y en sus consecuencias aguas abajo*” en todos nuestros diseños de obras civiles o de infraestructura.

Luego continúa con cerca de diez capítulos acerca del tema de la gestión ambiental en general que incluyen dos hipotéticos casos puntuales colombianos, uno el de una avenida mitad urbana y mitad rural, y el análisis de una industria nacional en funcionamiento, y se agregan alguna metodologías de análisis como las matrices de comparación entre las etapas en que se subdividen las obras y la afectación de los medios circundantes como el suelo, la atmósfera, los cauces de agua y los conglomerados sociales como pueblos, municipios, colegios etcétera.

El primer capítulo comienza con algunos de los antecedentes históricos que rodean las cuestiones ambientales como las expediciones que contribuyeron a definir los componentes del planeta como mares, continentes desconocidos (América, Australia, Oceanía...), pasos, estrechos, istmos y sus características, así como la temperatura de los mares, la humedad y la salinidad de los mares.

En el texto se enumeran algunas de las expediciones más relevantes, y en esta presentación me limitaré a mencionar la circunvolución del globo iniciada por Fernando de Magallanes y concluida por Sebastián Elcano en septiembre de 1522, gracias a nuestro desaparecido colega, geógrafo e historiador Mauricio Obregón, quien se ocupó de la recuperación del diario del ayudante de Magallanes, Pirafetta, en los Archivos de Indias de Sevilla, editado por la Academia de Historia de Colombia en edición facsimilar bilingüe.

Menciono el viaje (que aportó resultados geofísicos y geográficos que todavía se encuentran en Londres a disposición de los interesados) que la Sociedad Real de Londres promovió con el velero *HSM Challenger* hacia los mares australes en el siglo XIX, al mando del capitán Moseley, y cuyo diario técnico-geográfico, junto con las acuarelas del artista de a bordo, está disponible.

Concluye el capítulo detallando cómo el investigador alemán Ernest Haeckel, en el año 1866, siguiendo los pasos y las investigaciones de Charles Darwin (que ya enunciaba la dependencia de los organismos al entorno)

en su tesis acerca de la evolución y la adaptación, se dedicó establecer las relaciones entre la naturaleza y los seres vivos, sus estructuras y sistemas, constatando su complejidad e *interdependencia*, que bautizó como *ecología*, derivada del griego *oikos* (hogar), cuyo diptongo se castellanizó en *eco*. Este investigador alemán comprobó que todos los organismos (fauna y flora), incluido el hombre, dependemos del entorno de nuestro hogar, la Tierra, y que esta interdependencia entre todos sus componentes (temperatura, humedad, agua, suelos, minerales...) conduce a que la alteración de uno de ellos ponga en peligro algunas de las especies y por lo tanto a nosotros mismos. Haeckel comprobó que los ecosistemas son tan frágiles que cualquier alteración de sus componentes puede destruirlos irreparablemente, y de allí se concluye la responsabilidad ética que nos debe acompañar en nuestras labores profesionales en el desarrollo de los proyectos, antes que las obligaciones técnicas o jurídicas.

La evolución de todos los elementos de la tierra, en virtud del principio de *eficiencia* y *economía energética*, genera ecosistemas cuyos componentes son frágiles y vulnerables (como lo es una pompa de jabón, que con el mínimo de material encierra el mayor volumen de gas) que debemos identificar y cuantificar en el diseño de obras de infraestructura y definir en los estudios de impacto ambiental los frágiles *límites de sostenibilidad* para respetarlos, protegerlos y no sobrepasarlos en nuestras obras, ya que la tenue capa de tierra y la atmósfera (biosfera) donde se desenvuelve la vida en forma de microorganismos apenas tiene unos cinco metros de profundidad, sin olvidar que dependemos de ella en forma de elementos vitales como el oxígeno, minerales, el agua... que mediante sus ciclos de conservación generan todas las cadenas alimenticias, incluyendo la del hombre.

El segundo capítulo analiza e identifica, primero los contaminantes naturales y luego los manufacturados, para luego priorizar el control de tales elementos y sus fuentes de emisión como el metano, el óxido de carbono, el dióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los componentes de flúor-carbono que afectan la capa de ozono, los componentes sulfurosos, el mercurio, los derivados del petróleo como los plásticos, los residuos lixiviados, y los elementos radioactivos, que pueden permanecer en la atmósfera durante miles de años.

Páginas adelante, en el capítulo dedicado a las instituciones hospitalarias, se mencionan los residuos hospitalarios, algunas veces con agentes patógenos, pero no se menciona el cianuro, un caso insólito que ha sucedido en nuestro país hace pocos días y que nos debe hacer reflexionar que a pesar de tener uno de los códigos ambientales más importantes del mundo, éstos no se aplican.

En este segundo capítulo se detalla el proceso de las temperaturas regionales, porque no hay una sola temperatura del planeta; son temperaturas locales, a partir de la tesis

del científico yugoslavo Mihail Milankovitz, a comienzos del siglo pasado, donde enuncia que la geometría planetaria y la distancia del Sol y la Tierra hace que ésta se acerque o aleje del Sol en períodos de cerca de ciento diez mil años, y sus ciclos proporcionan la dinámica de las estaciones y el rocío matinal que limpia la atmósfera de contaminantes (si no sobrepasamos sus límites) y nos proporciona los aromas de un nuevo día, derivados nuevamente de la distancia del Sol y sus incidencias sobre la faz de la Tierra.

El aparte titulado “La crisis” en sus primeros párrafos comienza detallando que estamos sobre una frágil y deleznable corteza terrestre de cerca de 30/40 kilómetros en el mejor de los casos, algo así como una cáscara de huevo, sujeta a grandes tensiones (y presiones) próxima a resquebrajarse, como lo comprueban la geofísica, los temblores diarios y las catástrofes de las últimas décadas.

La notoria biodiversidad biológica representada en un inventario de cerca de tres millones de especies —sin contar las desaparecidas— que han sobrevivido gracias a las múltiples estrategias adaptativas de la naturaleza para disponer de los recursos del entorno y para la reproducción o perpetuación de los individuos, mediante infinidad de alternativas y de nichos ecológicos. De allí que el hombre, siendo consciente de estos procesos y de su vulnerabilidad, debe ser capaz de afrontarlos antes de que sea demasiado tarde.

En el tema central del libro enuncio que: “Pues bien, las cosas fallan porque los ingredientes extraños (artificiales o sintéticos) introducidos en la corteza terrestre por el hombre en su avance tecnológico y demográfico, sobrepasan los límites de asimilación y tolerancia en cantidades que los procesos naturales no están dispuestos a absorber”.

Las consideraciones económicas que rigen los comportamientos políticos y sociales y aun individuales, eminentemente económicos, que no contemplan en sus esquemas contables *los costos presentes y futuros que el daño ocasionado al entorno exige para su recuperación o para su prevención* enuncian que aquí está el meollo de la situación, pues al no incluir estos valores en el balance económico ni energético de los proyectos, los deterioros permanecerán ocultos.

De igual forma que los metabolismos naturales, todos los procesos ingenierados o elaborados por el hombre también producen residuos e impactos en el ambiente circundante, porque los diseños de estos procesos los dejan de lado y porque el sistema ancestral económico no ha contemplado los costos presente y futuros para reparar o minimizar el daño ocasionado al entorno; esto es un espejismo, porque de todas formas las generaciones futuras de empresarios o de usuarios tendrán que recuperar el daño (si no es definitivo) y pagar por ello. Cuando la crisis se manifiesta con el rompimiento del balance sistémico del

ecosistema por culpa de soluciones mal diseñadas, ya puede ser demasiado tarde, irreparable o el costo que implica es impagable.

El *enfoque epistemológico moderno* aborda las cuestiones ambientales; se enuncia cómo la ciencia acepta las limitantes del conocimiento científico a pesar de que las ciencias todavía cumplen su objetivo de analizar y comprender la naturaleza y su comportamiento aparentemente errático e impredecible, acudiendo a modelos determinísticos, pues la abundancia de elementos interrelacionados en los ecosistemas ambientales, y su complejidad, no pueden describirse con anticuadas relaciones de causalidad aproximadas. No estamos frente a *problemas* que puedan catalogarse como *de ingeniería o de salubridad, o de transporte...* fruto de la antigua departamentalización del pensamiento derivado del método cartesiano que pasado el medioevo creó centros aislados de disciplinas afines. Ahora estamos frente a *problemas socio-biotecnológicos* enmarcados en un medio ambiente suministrado y soportado por la naturaleza y nuestra modesta capacitada de comprensión los reduce a un pequeño ámbito fácilmente manejable conceptualmente pero, a la larga y tal vez a corto plazo, incompleto.

A partir de este escenario un tanto pesimista, los problemas ambientales hay que afrontarlos desde un punto de vista epistemológico, valiéndonos de un *pensamiento sistémico, holístico y contextual regido por matrices, por modelos y por redes* con la colaboración y el análisis de *grupos interdisciplinarios* que aporten sus respectivos conocimientos en forma mancomunada (no aislada como en el pasado), con herramientas metodológicas de investigación y modelos computarizados que incluyan redes con nodos interconectados espacial y temporalmente, proyecciones dentro de escenarios de probabilidades optimistas o pesimistas que den las pautas de modernos diseños tecnológicos que puedan minimizar los impactos ambientales y en algunos casos optimizar los recursos disponibles (materiales, dinero, esfuerzos etcétera) Por ello, no puede haber un experto en cuestiones ambientales puesto que cada caso es único, y debe someterse a una retroalimentación y aprendizaje permanente derivado del obligatorio monitoreo y el análisis de los resultados obtenidos.

Aquí se comienzan a concretar y a verificar los alcances, los requisitos y las responsabilidades de una verdadera *gestión ambiental*, en nuestro caso relacionada con las obras civiles y construcciones y con las herramientas metodológicas disponibles emprender verdaderos *estudios de impacto ambiental* que conduzcan a planes de manejo ambientales y de contingencias, retroalimentados con monitoreos y planes de seguimientos en las etapas de conservación y mantenimiento de los proyectos, no como un requisito más, sino como un resultado de nuestras actividades éticas, profesionales y ciudadanas.

Desarrollo sostenible

La economía confunde crecimiento y desarrollo, por esto es necesario que se hagan distinciones, se valoren los servicios del capital natural y se registre la degradación de los recursos naturales como la pérdida de bosques, de los recursos hídricos, de las áreas marinas... pues esto significa un empobrecimiento paulatino local y global, mientras que registramos un desarrollo fortuito o transitorio con cifras de desarrollo parcial o incompleto como número de televisores por habitante, número de automotores, etcétera, al paso que las cifras mundiales indican que en la economía mundial se han excedido los límites sostenibles del ecosistema global.

La investigadora G. H. Brundland, en 1987, concluyó en su informe *Nuestro futuro común* la relación entre la economía mundial y el ecosistema global, y advierte la necesidad por parte de los organismos internacionales, de políticas y pautas globales para mantener y regular una economía mundial dentro de un margen adecuado de crecimiento, para que la economía y el crecimiento adquieran un nivel sostenible y equilibrado en términos de las tasas de recuperación del deterioro.

La premisa de este informe se centra en que el crecimiento económico sin control alguno desbordará la sostenibilidad del planeta y sobrepasará su capacidad de recuperarse por sí solo, alterando sus propios mecanismos y superando los niveles insignificantes o sostenibles del pasado. A partir de este informe, dirigido a los estadistas y a los gobiernos, las cuestiones ambientales se politizaron y en algunas partes del mundo se antagonizaron. Los productores de materias primas no renovables adquirieron conciencia de sus inventarios y el control de sus precios y la tecnología se ocupó de nuevas fuentes de energía como la eólica y solar, y la reducción de los efectos nocivos producidos por el hombre dejó de ser un romanticismo y una curiosidad para convertirse en una necesidad. Por lo tanto, bien tarde (1987), frente a los notorios deterioros globales, la *gestión ambiental* adquiere su mayoría de edad en el ámbito mundial, pero entre nosotros todavía es una cuestión lateral.

Se tienen como eventos iniciáticos de la gestión ambiental en el ámbito internacional la celebración del Año Geofísico Internacional en 1957, que comienza a divulgar los daños notorios en el planeta; las declaraciones del Club de Roma, creado en 1968 por científicos independientes alejados de la política, acerca de los impactos que el planeta está sufriendo y en su primera agenda enuncia *la peligrosa situación de la humanidad, el deterioro del medio ambiente*; y finalmente, la Primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, realizada en Montreal en 1989 (la cual continuó con la Cumbre de San Pablo), que comprometió a muchos países y generó muchísimas expectativas y esperanzas que todavía no se han cumplido.

El contexto jurídico

Las organizaciones internacionales dedicadas a proteger el medio ambiente difunden postulados ecológicos muy bien sustentados y han redactado tratados y convenios aceptados y ratificados por Colombia que son de obligatorio cumplimiento; a la fecha de estas líneas (2007) completaban 34 tratados que van desde la protección y manejo de la pesca en altamar (ley 119 de 1961) y el convenio para prevenir la contaminación de los buques (ley 12 de 1981), hasta la protección de humedales y de aves acuáticas y migratorias (ley 357 de 199).

En Colombia el Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, fue creado mediante la ley 99 de diciembre de 1993, y comienza en su prólogo adhiriendo a los *principios universales y de desarrollo sostenibles* contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992... Se ocupó de reunir la dispersa legislación colombiana de décadas atrás y concretó los mecanismos de participación ciudadana y acciones de tutela, acciones de cumplimiento, acciones populares y de grupos para ejercer el derecho a un ambiente saludable, como lo enunció la Constitución de 1991.

Se creó el Consejo Nacional Ambiental, conformado por la mayoría de los ministros del gabinete, el director de Planeación nacional, el defensor del pueblo, el contralor general de la nación... y decenas de líderes gremiales y sociales, algo así como un pequeño Congreso tanto por su tamaño como por su burocracia.

Nuestras leyes contemplan casi todas las características indispensables para el cuidado del medio ambiente, incluyendo una razonable normatividad tecnológica y cuantitativa, similar a las de varios países de avanzada, pero no por ello están exentas de vacíos, inconsistencias o excesos que a veces las hacen inoperables.

Una obra civil está por lo general ubicada en varias zonas regidas por diversos reglamentos administrativos, municipales, departamentales y corporaciones regionales que no siempre tienen claras sus competencias jurídicas y en ocasiones son motivo de conflictos entre sí, y en otras motivo de dilatadas consultas que retrasan los proyectos; de aquí que con frecuencia, en los grupos interdisciplinarios en la etapa de diseño, deban incluirse abogados especializados en cuestiones ambientales.

Evaluación y estudio del impacto ambiental en obras civiles

Como se mencionó en renglones anteriores, cada caso es necesario analizarlo individualmente; por ello se enuncian algunos conceptos y muchos interrogantes en el ejemplo incluido acerca de una avenida de cuatro carriles, mitad urbana, mitad rural.

Se hace énfasis en algunos de los postulados enunciados en la introducción como la preparación del director del proyecto en cuestiones de la gestión ambiental para la conformación de uno o varios grupos interdisciplinarios que intervengan en las etapas de diseño junto con los expertos en vías (los ambientalistas no pueden actuar solos) con el propósito de que aporten o diseñen el *estudio de alternativas* ambientales menos contaminantes o medidas de prevención y de protección ambiental al unísono con el avance del diseño, en lugar de incluir la gestión ambiental *a posteriori*, o sobre la marcha, o demasiado tarde.

Antes de comenzar el proyecto se hace énfasis en definir puntual y rigurosamente la *línea base* de éste con inventarios tanto físicos de la flora y la fauna, como con muestras de laboratorio de los cursos de agua, de los niveles de sonoridad, de muestras atmosféricas y el estado de los suelos y niveles freáticos, etcétera, para adelantar en un futuro inmediato el *monitoreo de las medidas* aplicadas y comprobar el resultado del plan de gestión y de protección ambiental, así como prevenir futuras demandas temerarias por daños que nada tienen que ver con las condiciones iniciales del proyecto.

Se insiste en la etapa de construcción en definir el área de influencia del proyecto espacial y temporalmente (10, 20 o 30 años) en todos sus aspectos, tanto físicos como etnográficos, cuando se justifiquen por su proximidad a poblaciones o núcleos humanos como escuelas, hospitales, comunidades indígenas y demás.

Para elaborar el *estudio de impacto ambiental* existen varias metodologías, comenzando por las más elementales como la aplicación del sentido común mediante tablas o tarjetas de chequeo (*checking lists*) a grandes rasgos y meramente cualitativas, y las más complejas como la *matriz de comparación o confrontación* de las actividades constructivas en sus respectivas etapas como la instalación del campamento de trabajo, el descapote, la base, la sub-base... la entrega final, la operación y mantenimiento de la obra frente a los estamentos circundantes (matriz de Leopold) vecinos, colegios, escuelas, poblados... y cuantificar en mayor o menor grado, según cada proyecto, los impactos alrededor de los componentes geográficos del proyecto como cañadas, humedales, lagunas, etcétera y los entornos sociales como poblados, lugares de turismo, plazas de mercado, para los fines de concluir en un *plan* (o planes) *de manejo ambiental*, una *evaluación de los riesgos* y *las contingencias* previsibles, su mitigación y sus costos.

Una sola actividad del proyecto, como el diseño, la ubicación y construcción del campamento, requiere de una gran atención y varias horas de análisis por parte de los encargados de la gestión ambiental, y en particular del estudio del impacto y deterioro ambiental como el que producirán los depósitos del combustible necesario para

que operen los equipos de construcción; si no están protegidos para evitar derramamiento del combustible al suelo y tal vez a los cursos de agua circundantes, durante la operación y luego en la etapa de clausura, definir las obras que se requerirán para la restauración del suelo y la empradizada de los campos.

El epígrafe con que se inicia el libro acerca de pensar "aguas arriba y aguas abajo" debe aplicarse en toda su extensión haciendo el análisis de la *procedencia e impacto de los insumos* del proyecto y sus respectivas licencias y permisos como canteras de materiales, maderas, mano de obra local, etcétera; analizar luego las consecuencias del proyecto "aguas abajo" espaciales y temporales en la etapa de manejo, mantenimiento y operación de la obra.

Industrias

En el preámbulo de este capítulo se insiste en que la gestión ambiental será efectiva si está soportada por una política empresarial comprendida, sustentada y compartida por los directivos y las líneas de mando, empleados y colaboradores, manifiesta explícitamente en los estatutos de la empresa y extendida a los subcontratistas, distribuidores, directores de campañas publicitarias.

En cada caso el *programa de gestión ambiental* y el *plan de manejo ambiental* a corto y a mediano plazo deben comprender metas claras, comprensibles y aplicables, basadas en los requisitos tecnológicos que las leyes colombianas exigen (y extranjeras si se trata de una empresa multinacional) complementados con un extenso análisis de los procesos que emplea la industria para detectar desperdicios en recursos y en energía (fugas de calor, de combustibles, vibraciones y ruidos innecesarios etcétera). Dentro del análisis de los procesos está la verificación del origen de las materias primas provenientes de fuentes certificadas, el correcto funcionamiento de los equipos involucrados en la producción, el almacenaje y la manipulación adecuada de materias tóxicas, la correcta distribución de los productos terminados en las vías nacionales aun si esta actividad es subcontratada, y la recuperación o al menos la prevención del inadecuado uso de empaques y materias tóxicas en el producto final.

Con frecuencia la actividad industrial incluye la emisión de gases tóxicos que deben ser eliminados o minimizados (chimeneas adecuadas y frecuentemente calibradas entre otros). Los riesgos derivados de productos inflamables y tóxicos deberán ser analizados y monitoreados, mediante *planes de contingencias*, evaluando la vulnerabilidad de las instalaciones y el correcto estado de los equipos de emergencia necesarios para proteger las instalaciones, los empleados y los vecinos.

Es necesario enfatizar que un correcto plan de manejo ambiental industrial le permitirá al empresario controlar el eficiente uso energético de su planta o industria y por

ende minimizar los costos de producción, además de lograr la satisfacción de contribuir a un mejor ambiente local. Como breve ejemplo, si se tiene una flotilla de vehículos la inspección y puesta al día de sus motores, llantas, etcétera, redundará en una inmediata reducción del combustible, cumplimiento en las entregas, omisión de fallas repentinas y probablemente de accidentes costosos y lamentables. Algo parecido se logrará con la inspección y verificación del estado en que se encuentran las calderas, las instalaciones eléctricas, las tuberías de conducción de vapor y la puesta al día de los equipos productivos o su renovación por otros de tecnologías avanzadas; algunos instrumentos de uso común en estas inspecciones son, en primer lugar, el sentido común, el cual nos indica que si hay ruidos, o altas temperaturas o vibraciones, es porque allí el proceso es energéticamente ineficiente; luego el análisis de los catálogos de mantenimiento, y por último el remplazo de piezas o equipos obsoletos. Los ruidos, tan molestos y dañinos para los empleados como para los vecinos, son fácilmente reducibles con pantallas o encapsulados de tela o de cartón, o con amortiguadores en las bases de los equipos, todos de bajos costos.

El análisis de los riegos de la industria y la definición de un plan de contingencias y su aplicación evitarán pérdidas cuantiosas en pólizas de seguros sobrepreciadas y en lucro cesante, y tal vez eviten pérdidas de vidas.

Estos planes de manejo ambiental también deben contemplar el factor humano de la mano de obra empleada en los procesos así como las comunidades circundantes vecinas, escuelas, hospitales, y las características geomorfológicas del sector, lagos, humedales, disponibilidad de alcantarillados, etcétera.

Reciclaje

Por último, la adecuada reutilización y el reciclaje de “sobrantes”, sí compensa cuando se toma en serio. Como un hecho histórico, el arquitecto Antoni Gaudí tomó los residuos (*trencadis*) de una fábrica de baldosines en Barcelona y los reutilizó en la mayoría de los elementos y las esculturas del famoso parque Guell, en la ciudad de Barcelona.

Los últimos capítulos del libro se dedican a casos especiales, como la construcción de edificios y conjuntos residenciales, el breve estudio de hospitales y sus residuos patógenos, y concluye con una sucinta descripción de las ventajas de la energía solar, la energía eólica, los autos eléctricos y las plantas geotérmicas, además de una bibliografía fuente de la mayoría de mi experiencia técnica y académica.

El ingeniero Diódoro Sánchez, cofundador de la Sociedad Colombiana de Ingenieros y su presidente en dos ocasiones (1912-1916) tuvo la generosidad de legar en el año 1930 parte de su patrimonio para instituir un premio que lleva su nombre a quienes en una u otra forma contribuyen a resaltar la ingeniería nacional.

Los capítulos incluyen notas explicativas al pie de página, algunos textos de autores nacionales como el del ingeniero Manuel Rodríguez Becerra, primer ministro del Medio Ambiente de Colombia; el abogado Miguel Patiño Posse; el ingeniero Héctor Rodríguez Díaz; el economista Guillermo Rudas Lleras, y algunos autores extranjeros como Fritjof Capra, autor del libro *La red de la vida (The Web of Life)*, editado por Anchor, Nueva York. 1996, y otros que se encuentran en la bibliografía y concluye con breve enunciado de las fuentes de energía alternas y un breve glosario.

Desarrollo de la ingeniería colombiana de construcción

Hernando Monroy Valencia³

Doy mis agradecimientos a la colaboración que, con sus recuerdos, apuntes e intervenciones, me prestaron para este trabajo los ingenieros Germán Alvarado Acevedo, Álvaro Arias Restrepo, Jorge Atuesta Amaya, Alfonso Dávila Ortiz, Óscar Torres Gómez; las revistas *Colombia Construye*, de la Asociación Colombiana de Ingenieros Constructores (ACIC), y *Anales de Ingeniería*, de la Sociedad Colombiana de Ingenieros (SIC).

La generosidad y confianza de mis colegas me permitió participar durante trece años, desde marzo de 1976 hasta marzo de 1989, como miembro de la Junta Directiva de la Asociación Colombiana de Ingenieros Contratistas (ACIC), posteriormente llamada, por razones que explico más adelante, Asociación Colombiana de Ingenieros

Constructores (ACIC), y desempeñar la honorífica posición de presidente de su Junta Directiva por nueve años, desde diciembre de 1978 hasta marzo de 1984, y desde abril de 1985 hasta marzo de 1988, y presidir los congresos de Ingeniería de las Obras Públicas XII (Cartagena, 1979), XIII (Santa Marta, septiembre, 1981), XIV (Medellín, septiembre, 1983), XV (Cali, octubre, 1985) y XVI (Bucaramanga, septiembre, 1987). Ello lo traigo a colación no como extraído de mi egoteca, sino como explicación de que tales circunstancias me permitieron conocer de cerca, y gozar de su amistad, a muy importantes ingenieros que se desvelaron, y aún hoy se desvelan, por el progreso de la ingeniería colombiana y por la formación, crecimiento y fortaleza de sus agremiaciones.

³Ingeniero Civil de la Universidad Javeriana. Empresario constructor. Fue presidente de la Asociación de Ingenieros Constructores y de la Sociedad Colombiana de Ingenieros.

Dejar constancia de lo que ha sido el esfuerzo continuo y muchas veces desconocido cuando no reconocido, es lo que convoca a continuar las labores de la Academia Colombiana de Historia de la Ingeniería y de las Obras Públicas que, con algunos compañeros, constituimos años atrás, por iniciativa de Iván Nicholls Nicholls, y que ahora, con el empuje e interés de Enrique Ramírez, Santiago Luque, René Meziat y tantos otros buenos amigos, sigue adelante en tal tarea.

Germán Alvarado Acevedo distinguió tres períodos en el desarrollo de la ingeniería de obras públicas.

Un primer período —época colonial— con edificaciones y monumentos en Santafé, Tunja, Popayán y Cartagena de Indias: murallas, fortificaciones y obras de defensa, amplia y admirablemente reseñadas, entre otros, por Alfredo D. Bateman Quijano y por Rodolfo Segovia Salas, y la apertura del canal del Dique entre Calamar, sobre el río Magdalena, y Cartagena de Indias.

Un segundo período, comprendido entre 1810 y 1916, con interés del poder público por las vías de comunicación. El gobierno del general Tomás Cipriano de Mosquera sancionó la ley del 7 de mayo de 1845 sobre caminos nacionales, marcando el inicio del progreso material de Colombia.

Esta ley constituyó en realidad el primer plan vial del país, ya que se planeó por vez primera toda una red de caminos que tenía por objeto unir la capital con los mares y fronteras. Además se le dio el carácter de nacionales y su apertura, mejora y conservación se confiaron al poder ejecutivo, para lo cual la misma ley autorizó el nombramiento de hasta tres directores de caminos y de obras públicas; determinó la creación de los fondos destinados a su ejecución; dictó las reglas para el caso de que algún tercero quisiera construir a su costa alguna obra, y autorizó la venida del personal técnico y de obreros extranjeros para la construcción de las obras, asegurándoles los honorarios y jornales adecuados por el término de cinco años. Pareciera que el general Tomás Cipriano de Mosquera hubiere sido también el iniciador del paternalismo estatal hacia las firmas constructoras extranjeras.

Durante este período tuvo gran auge la construcción de los ferrocarriles, opacando por completo el plan de caminos, para el cual las destinaciones oficiales fueron irrisorias.

El esfuerzo realizado por el país en materia de ferrocarriles fue verdaderamente importante, hasta el punto de que la red actualmente existente, y hoy en desuso, se construyó en su mayoría antes de 1916.

Varias compañías de ingenieros británicos se vincularon a esta gran empresa. De igual manera, una larga lista de colombianos lo hicieron: figuran entre estos últimos, nombres como los de Indalecio Liévano y Laureano Gómez.

Hay que resaltar cómo durante la segunda mitad del siglo pasado los ingenieros colombianos trabajaron a la par con los extranjeros en la proyección, dirección y ejecución de las principales obras de ingeniería en el territorio colombiano.¹

El tercer período lo sitúa Germán Alvarado Acevedo a partir del año 1916, del cual dice:

Marca el inicio de la actividad constructiva en materia de caminos y carreteras durante el siglo XX. Confluyen dos acontecimientos importantes en esta fecha; la llegada de los primeros automóviles al país y la expedición de la ley 70 de 1916, o Ley general de caminos, que, motivada por el hecho anotado, estableció un plan Vial al cual debía sujetarse la construcción de esas vías, plan que fue luego complementado por la ley 88 de 1931, “por la cual optó el plan de carreteras nacionales”, y la Ley 12 de 1949, “sobre plan vial y planificación de ferrocarriles, carreteras, caminos y pavimentación de carreteras”.

Este período (1916-1989) puede subdividirse, a su turno, en dos etapas: antes y después de 1951.

Por lo que respecta a la primera etapa, podría afirmarse que correspondió a la apertura “a pica y pala” de las primeras carreteras, de muy precarias especificaciones.

Pero fue ciertamente a partir de 1951 cuando se inició la etapa de lo que hoy llamaríamos la industria de la construcción en materia de obras públicas.

En efecto, con base en el decreto 116 de 1951, “por el cual se fijó el Plan de Obras en las carreteras nacionales en los años de 1951 a 1954”, siguiendo las recomendaciones de la Misión Currie, se contrató por primera vez un empréstito con el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento al tiempo que el Gobierno contrató la ejecución de las obras con firmas extranjeras, asociadas con firmas colombianas.

Estas firmas prácticamente vinieron a revolucionar el sistema de trabajo que se adelantaba en el país, pues implementaron los trabajos mecanizados y pusieron en práctica nuevas especificaciones.

Tres hechos adicionales importantes para el desarrollo de la ingeniería se producen en este período: la fundación de la Asociación Colombiana de Ingenieros Constructores (ACIC) en 1954, la creación del Fondo Vial Nacional por decreto 3083 del 22 de diciembre de 1966, y el decreto 222 de 1983 sobre contratación pública.²

En 1953, siendo gobernador del departamento de Cundinamarca el ingeniero Ignacio Umaña de Brigard, contrató la ejecución de cinco importantes obras que constituían el Plan Vial del departamento de Cundinamarca con ingenieros colombianos: si mi memoria no me falla, ellas fueron Nilo-Tibacuy-Muña, contratada en dos sectores con los ingenieros Luis Leal Cruz e Hisnardo Ardila Díaz. Esta

vía, ya nacionalizada, se convirtió en la actual carretera Chusacá-Silvania-Fusagasugá; Río Bogotá-La Vega, contratada con el ingeniero Alfonso Medina Rosales; La Vega-Útica, con Silva Mujica Hermanos; y Útica-Puerto Salgar, contratada con Grancolombiana de Ingeniería y Construcciones Ltda. (Grandicón Ltda.).

La última firma citada también tenía un subcontrato con Morrisson Knudsen, contratistas del Ministerio de Obras Públicas – Plan Vial Nacional. El gerente de esta empresa, quien había hecho buena amistad con el gerente de Grandicón Ltda., ingeniero Óscar Torres Gómez, le sugirió a éste la organización en Colombia de una asociación al estilo de la American Association of General Contractors. Aceptada la idea, y recibidos como regalo los estatutos en inglés, Óscar Torres procedió a traducirlos, y con los gerentes de varias empresas también contratistas del departamento de Cundinamarca, entre otros Pablo de Narváez, Archila Briceño y Cía. Ltda., Javier Mora Mora y Cía. Ltda., pusieron manos a la obra para sacar adelante el proyecto de la asociación. Consideraron que era de suma importancia que a esas reuniones fueran convocadas otras firmas contratistas activas en ese momento en el país.

Así, el 26 de noviembre de 1954, esto es hace más de 55 años, 14 empresas (Tarazona Perry y Cía. Ltda.; Cardozo Araújo Cifuentes y Cía. Ltda.; Compañía Nacional de Construcciones Civiles Ltda.; Jaramillo y Forero Ltda.; Restrepo Manrique y Gutiérrez Ltda.; Santiago Berrío y Cía. Ltda.; Silva Mujica Hermanos Ltda.; Grancolombiana de Ingeniería y Construcciones Ltda.; Explanaciones Mecánicas S. A.; Pablo de Narváez; Archila Briceño y Cía. Ltda.; Constructora Nacional Ltda., y la Sociedad Industrial de Ingeniería y Construcciones Ltda. (Sideico), protocolizaron la constitución de una institución de carácter gremial a la que le dieron el nombre de Asociación Colombiana de Ingenieros Contratistas (ACIC). Su misión era la de desarrollar una labor de defensa y engrandecimiento de las empresas dedicadas a la construcción de obras civiles y de la edificación, y su visión la de que una ingeniería así fortalecida pudiera adelantar cabal y honestamente las obras de infraestructura que el país necesitaba, creciendo y desarrollándose a la par con él.

A congresos nacionales asistieron como conferencistas invitados presidentes y ex presidentes de la República, candidatos a la Presidencia, políticos, ministros, congresistas, mandatarios regionales y municipales, dirigentes de gremios y de empresas, y, en fin, la gente más destacada del país.

En asamblea de la ACIC, en 1975, dada la connotación peyorativa que al término “contratista” se le dio en el país, y a la necesidad de hacer claridad acerca del campo que abarcaba, se resolvió cambiar su razón social por la de “Asociación Colombiana de Ingenieros Constructores (ACIC).

La asociación fue muy bien acogida y respaldada por la Sociedad Colombiana de Ingenieros, presidida por el ingeniero Rafael Betancourt Vélez, así como por el ministro de Obras Públicas, contralmirante Rubén Piedrahita Arango, quien luego fuera miembro de la Junta Militar de Gobierno y años más tarde presidente durante cerca de siete años de la Junta Directiva de la ACIC, y por el director de Carreteras del mismo ministerio, ingeniero Humberto Ávila Mora, más tarde ministro de Minas y Energía.

Retrotrayéndome al año 1951, cuando se suscribió por primera vez un empréstito con el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), y por exigencia de este organismo multilateral de crédito se contrató la ejecución de las obras con firmas extranjeras, asociadas —porque así lo demandó el Gobierno nacional— con firmas colombianas. Este empréstito fue conseguido gracias a la gestión personal del ministro de Obras Públicas, doctor Jorge Leiva, en el gobierno del ingeniero Laureano Gómez Castro. Así llegaron a trabajar en el país empresas como la Utah Constructor Co., la Morrisson Knudsen, la Raymond Concrete Pile Company, la Winston, la Christiani Nielsen, las cuales, asociadas con colombianas (OLAP; Mantilla, Montilla, entre otras) desarrollaron importantes obras viales tales como las carreteras del Quindío: Armenia-Aeropuerto El Edén, Manizales-Honda y Armenia-Ibagué, al igual que Buga-Madroñal- Buenaventura; y otras en Santander y Cundinamarca.

Para el desarrollo de las obras las firmas extranjeras importaron al país modernos equipos de construcción y pavimentación de carreteras, ingenieros para su dirección, capataces y operadores, obteniéndose así una importante transferencia de tecnología hacia la ingeniería colombiana que aprendió a organizar las obras con el trabajo conjunto de equipos para construcción pesada y personal capacitado.

El ministro de Obras Públicas, doctor Jorge Leiva, que por cierto era abogado de formación pero muy interesado por la ingeniería, desarrolló, en el sentir de muchos, muy buena labor. Fue el gestor del primer empréstito con el BIRF que dio origen a la contratación señalada y a la estructuración del Primer Plan Vial del Ministerio de Obras Públicas, del Ferrocarril del Magdalena, de la construcción de la autopista Norte de Bogotá, que abrió a la urbanización valiosas tierras; sobre un plano se negó a que la zona de la que posteriormente fue llamada Recta, que no lo era, Cali-Palmira, se restringiera a sólo 30 metros usuales, y exigió, con gran visión, que se extendiera a 100 metros, pues preveía que cuando estuviera construida no se podrían comprar las tierras necesarias para su ampliación por su alto precio. Ello permitió que en 1974 se pudiera construir sin inconvenientes por zonas la segunda calzada de la carretera Cali-Palmira y el mejoramiento de la calzada existente, salvo la zona adicional necesaria para construir los accesos al paso elevado del aeropuerto de Palmaseca, tierras que fueron cedidas de inmediato a

título gratuito por el ciudadano venezolano don Adolfo Bueno, quien manifestó que ello era de conveniencia para Cali, para Palmira, para el departamento del Valle y para la nación. Sobre los accesos al paso elevado de entrada a Palmira, también se necesitó zona adicional, y tuvo que ser negociada con el propietario de la hacienda Santa Bárbara, de don Miguel López, negociación difícil que duró más de un año.

En 1959 el representante del Banco Mundial y ex ministro de Obras Públicas de Nicaragua, doctor Constantino Lacayo, preocupado por la necesidad de ayudar al fortalecimiento de las firmas colombianas de ingeniería, propuso al Ministerio de Obras Públicas la celebración de algunos contratos por administración delegada. Esto originó la exitosa contratación de la construcción y pavimentación de las carreteras La Delfina-Loboguerrero (de Buga-Madroñal-Buenaventura), de la que fue director el ingeniero Eugenio Parra, y Caucasia-Planeta Rica, de la que fueron directores sucesivos los ingenieros José Joaquín Cárdenas, Humberto Wilson, René Espinosa; ambos contratos fueron celebrados con OLAP Ltda., y Planeta Rica-La Ye (Córdoba) acordado con Atuesta, Guarín y Pombo Ltda., de la que fueron ingenieros directores Julio Galán en 1960, y desde enero de 1961 hasta junio de 1965 cuando fueron concluidas las obras, el ingeniero Hernando Monroy Valencia, autor de estas líneas. Fue en esta carretera donde se construyó por vez primera en apreciable longitud —38 kilómetros— una base de suelo cemento, para lo cual se importó una estabilizadora de suelos de un solo paso marca P&H.

Al llegar el contralmirante Rubén Piedrahita Arango al Ministerio de Obras Públicas cambió los contratos por administración delegada a contratos por precios unitarios fijos que nadie sabía cómo se calculaban, por lo cual el camino más expedito fue tomar los precios de las administraciones delegadas de las firmas extranjeras y dividirlos por dos. Los precios se negociaban con el Consejo Nacional de Vías, conformado por los ingenieros Emilio Cabrera, Manuel María Escallón y Juan de Dios Higueta. También perteneció a ese consejo el ingeniero Jorge Peña Polo, quien fue reemplazado por el ingeniero Vicente Pizano Restrepo.

En 1960, recién llegado de Estados Unidos, Octavio Villegas Duque hizo un buen aporte recopilando en un solo volumen trabajos dispersos de muchos años e investigando entre todos los distribuidores de equipos. Así, con impresión en Retina, salieron a la luz pública las primeras *Tarifas de arrendamiento para equipos de construcción*, cuya metodología de cálculo se sigue usando.

La ACIC siempre reclamó que hubiera continuidad en el énfasis que los Planes de Desarrollo le señalara a las obras públicas, ya que la falta de ella impedía el crecimiento de las firmas de construcción pesada. Basta recordar cuáles han sido ellos: 1970-1974, Misael Pastrana Borrero, “Las

Cuatro Estrategias”; 1974-1978, Alfonso López Michelsen, “Para Cerrar la Brecha”; 1978-1982, Julio César Turbay Ayala, “Plan de Integración Nacional”; 1982-1986, Belisario Betancur Cuartas, “Cambio con Equidad”; 1986-1990, Virgilio Barco Vargas, “Plan de Economía Social”; 1990-1994, César Gaviria Trujillo, “La Revolución Pacífica”; 1994-1998, Ernesto Samper Pizano, “El Salto Social”; 1998-2002, Andrés Pastrana Arango, “Cambio para Construir la Paz”; y 2002-2010, Álvaro Uribe Vélez, “Hacia un Estado Comunitario”.

En alguna de estas administraciones se llegó a decir que las obras públicas eran inflacionarias.

Fueron campañas decididas de la ACIC:

-La lucha contra la corrupción que ha agobiado a nuestro país.

-Que se prefiriera a las empresas nacionales frente a las foráneas.

-Con la expedición de la ley 222 de 1983 y el decreto 748 del 30 de marzo de 1984, durante el gobierno de Belisario Betancur, siendo ministro de Obras Públicas el ingeniero Hernán Beltz Peralta, se consiguió que se otorgara un margen de preferencia del 15% a las ofertas colombianas en licitaciones o concursos de méritos.

-Que en la adjudicación de los contratos no se mantuviera la política del menor postor incluso a precios no costeables.

-Que se otorgara a la ingeniería nacional la misma facilidad de importación temporal otorgada a la ingeniería extranjera, para los equipos requeridos en las obras.

-Que, teniendo la ingeniería nacional toda la capacidad técnica pero una gran debilidad económica, para vigorizarla en este aspecto se autorizaran para ella líneas especiales de crédito y se impulsara por el Gobierno la creación de un banco de fomento especializado, al estilo del Banco Nacional de Servicios Públicos de México y del Banobras de Brasil, que proporcionara capital de trabajo a las empresas de ingeniería.

Siendo presidente de la República el doctor Misael Pastrana Borrero, y ministro de Obras Públicas el ingeniero Argelino Durán Quintero, vilmente asesinado años más tarde por bandoleros en Norte de Santander, y el doctor Luis Eduardo Rosas, director del Departamento Nacional de Planeación, se expidió la resolución 99 de diciembre de 1971, de la Junta Monetaria, que creó el Fondo de Contratistas de Obras Públicas. El reglamento del fondo estuvo a cargo del ingeniero Carlos Sanclemente, quien preocupado por la situación de la ingeniería colombiana ante la competencia extranjera denunció en la revista *Nueva Frontera* que “la participación de los ingenieros colombianos en los contratos para obras públicas ha disminuido notablemente en los últimos años”, y desta-

caba la urgencia de crear estímulos financieros para las empresas constructoras nacionales.

Un propósito posterior del presidente Belisario Betancur de atender la solicitud de la ingeniería nacional en torno a la creación de un banco que le permitiera fortalecerse, aprovechando para ello la nacionalización del Banco del Estado, tropezó con la oposición del doctor Luis Prieto Ocampo, a la sazón presidente de tal institución financiera, lo que impidió convertir ese sueño en realidad, para terminar, años más tarde, en la liquidación del Banco del Estado.

La ACIC logró que el Ministerio de Obras Públicas estableciera una fórmula automática de ajuste de precios unitarios que tuviera en cuenta las variaciones de los factores que intervenían en ellos; abrió el campo para que en otras entidades contratantes se aceptara, al igual que las tarifas de equipos de que ya se habló y que anualmente se actualizan; fundó el Banco de la Construcción, cuyos estatutos fueron encargados al doctor Luis Osorio Pombo, quien los redactó. Desafortunadamente los contratistas que se habían comprometido a hacer aportes de capital no pudieron cumplir con ellos, por lo cual se llamó a la Aseguradora del Constructor, que aportó el 50% del capital, manteniéndose como accionistas Antonio Castilla Samper, Alfonso Dávila Ortiz, Jorge Atuesta Amaya, Álvaro Arias Restrepo, entre otros. El banco finalmente fue adquirido por el ciudadano estadounidense William G. Wild y es hoy el Helm Bank.

Algo similar ocurrió con la constitución de Seguros Alfa, hoy propiedad del importante banquero ingeniero Luis Carlos Sarmiento Angulo, quien fuera también presidente de la Sociedad Colombiana de Ingenieros.

Un fuerte efecto sobre las asociaciones de la ingeniería hizo que el 28 de septiembre del 2004 se ordenara la liquidación anticipada de la ACIC y el traslado de los remanentes económicos a la Cámara Colombiana de la Infraestructura, a cuya fundación contribuyó para que

esta nueva institución rescatara la importancia y el buen nombre de la ingeniería y de los ingenieros.

La Cámara Colombiana de la Infraestructura tuvo en sus inicios el eficiente y dedicado concurso de José Fernando Villegas, director ejecutivo de ACIC Antioquia, quien, como presidente encargado de la Cámara, con su Junta Directiva, inició actividades. Ahora su presidente ejecutivo, el doctor Juan Martín Caicedo Ferrer, ex senador de la República, ex alcalde de Bogotá, y con gran experiencia gremial toda vez que presidió a Fenalco con mucho éxito durante largo tiempo, la está impulsando. Celebra anualmente un exitoso Congreso Nacional de la Infraestructura y construyó un importante edificio que alberga allí a la cámara y a importantes empresas del sector

De la Cámara Colombiana de la Infraestructura otros escribirán su historia. Ahora, hagamos parte de ella.

1. Palabras del presidente de la Junta Directiva de la ACIC, ingeniero Germán Alvarado Acevedo, en la sesión de clausura del XVII Congreso de Ingeniería de Obras Públicas, celebrado en Paipa (Boyacá) del 7 al 10 de septiembre de 1989.

2. Éstas y otras menciones fueron tomados de los discursos del presidente de la Junta Directiva de la ACIC, ingeniero Hernando Monroy Valencia, en las sesiones inaugurales del XII Congreso de Ingeniería de las Obras Públicas, celebrado en Cartagena en el mes de octubre de 1979; del XIII Congreso de Ingeniería de las Obras Públicas, celebrado en Santa Marta en el mes de septiembre de 1981; del XIV Congreso de Ingeniería de las Obras Públicas, celebrado en Medellín en el mes de septiembre de 1983; del XV Congreso de Ingeniería de las Obras Públicas, celebrado en Cali en el mes de octubre de 1985; y en la sesión de clausura del XVI Congreso de Ingeniería y de las Obras Públicas, celebrado en Bucaramanga en el mes de septiembre de 1987, que fueron presididos por él.

Puentes preesforzados en Colombia

Augusto Ruiz Corredor⁴

En esta etapa se verán los primeros puentes realizados en el país, así como los más importantes hechos en Bogotá, ya que extendernos a citar los de todo el país sería bastante pesado, y más bien dejamos para ir ampliando la narración de ellos.

Por definición, el concreto pretensado se puede describir como un concepto estructural que combina los bien conocidos materiales de construcción: concreto y acero.

El concreto, uno de los materiales más económicos, es capaz de resistir esfuerzos de compresión altos. Como sea,

el esfuerzo a tensión del concreto es solamente del 10 al 15% del esfuerzo a compresión. El acero que se usa es fuerte en tensión. El concreto pretensado combina estos materiales en su más efectiva capacidad.

El ACI 318-71 define muy claramente el concreto preesforzado como un concreto reforzado en el cual se han introducido esfuerzos de tal magnitud y distribución que los esfuerzos resultantes de las cargas son compensados a un grado deseado.

Según Carlos Vallecilla, ésta es una técnica que consiste

⁴ Ingeniero Civil de la Universidad Javeriana - Calculista especializado en diseño y construcción de Puentes.

en someter al concreto a esfuerzos de compresión en aquellas zonas donde al aplicarse las cargas se producen tracciones. Con esto se limitan o se anulan las tracciones en el concreto.

Sobre los tipos de concreto preesforzado, según el momento en que se efectúa la transferencia de la fuerza de preesfuerzo, se tiene:

1. Concreto pretensado
2. Concreto postensado

Esta técnica llegó a nuestro país en 1952 cuando Cuéllar Serrano Gómez adquiere como representante y concesionario de la patente suiza BBRV, la cual se había desarrollado en los años 1941 y 1945, con el fin de hacer cables de 20 a 140 toneladas de capacidad a base de alambre de alta resistencia, en diámetros de 4, 5 y 7 mm, e igualmente producir hormigón preesforzado en su planta de prefabricaciones en Bogotá para entresijos, cubiertas y graderías, pilotes, puentes y traviesas para ferrocarril, y de esta forma acelerar las construcciones.

Según el ingeniero Manuel Matagira M., el primer puente pretensado fue el de Santa Rosita, en la vía Bogotá-Tunja, construido por el ingeniero Medardo Castro, quien había traído el sistema Magnel (belga), en 1956.

Para comercializar más la patente BBRV, Cuéllar Serrano Gómez, y Restrepo y Uribe fundan Ingeniería de Puentes, y así realizan el puente de La Barra, entre Barranquilla y Ciénaga, con 10 luces de 30 m cada una; el viaducto de La Iglesia en Bucaramanga, además del puente sobre el vertedero de la represa El Sisga en la vía Bogotá-Tunja, cuya luz es de 47 m y el ancho de 9,30 m, fueron construidos por el ingeniero Alfredo Aparicio del Castillo, gerente de Ingeniería de Puentes.

El ingeniero español Enrique García-Reyes Seoane, quien llegó a Colombia en 1935, por el año 1953 se asocia con el ingeniero Francisco Fernández Conde, promotor y fundador de Pacadar España (Piezas Armadas con Acero de Alta Resistencia), primera firma española en sacar elementos preesforzados en 1944 con la exclusividad para España y América Latina de las patentes de Fressynet en concreto preesforzado.

Pacadar de Colombia la coformó el ingeniero García-Reyes con firmas de construcción colombianas como Pardo, Restrepo, Santamaría Ltda.; Pizano, Pradilla, Caro, Urdaneta, Samper Ltda.; Jacobsen y Millán Ltda.; Ricaurte Carrizosa y Prieto Ltda.; Muñoz y Salazar Ltda.; Salgado Piedrahíta y Escallón Ltda., quienes el 16 de julio de 1956 logran fabricar sus primeras viguetas preesforzadas, vigas para pontones, losas preesforzadas, etcétera, logrando atender el mercado de puentes en la Oficina de Rehabilitación, a las secretarías de Obras y a entidades como la CAR, que con estos elementos logran acelerar su proceso constructivo.

Como se puede notar, los puentes preesforzados fueron entrando por las plantas de prefabricación, no sólo a Bogotá, sino a Cali y Medellín.

En 1962, en pleno apogeo de la vivienda económica, la Alianza para el Progreso, se instaló una nueva empresa: Pretensados de Colombia, integrada por Esguerra Sanz, Urdaneta Samper y el ingeniero Mario Irragorri, quien había trabajado en Estados Unidos y trajo nuevos métodos para realizar vigas T y TT con preesforzado no lineal, a base de torones y no de alambres, como era lo usual hasta ese momento.

En su planta de Cazucá (Bosa) prefabricó las vigas para el paso elevado de La Caro, transportándola en dos tráileres, uno en uso normal y otro todo el tiempo en reverso, que se montaron en su sitio con grúas.

Igualmente, en desarrollo del acuerdo de los gobiernos de Colombia y Venezuela del 4 de enero de 1960 sobre los puentes internacionales de San Antonio y Ureña, el primero, construido por Colombia, y que lleva el nombre de Simón Bolívar, fue inaugurado por los presidentes Alberto Lleras y Rómulo Betancourt, el cual en gran parte fue construido y tensionado por la firma colombiana Salgado, Piedrahíta y Escallón.

En las facultades de Ingeniería, en sus clases de concreto y de puentes, se veía concreto preesforzado, pero teóricamente y con poca práctica. La Universidad Javeriana, en febrero de 1963, realizó un curso de diseño plástico de estructuras, dictado por el ingeniero Alberto Gómez Rivas, quien laboraba en el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT) y se aplicaba en ese momento tanto en hormigón reforzado como pretensado, y cuya teoría se encontraba en el libro de Urganhart O'Rourke & Winter: *Design of Concrete Structures*, de 1958, en especial para vigas de puentes.

En 1966 el ingeniero Antonio María Gómez, Arcesio Constaín Mosquera y la firma Salgado Piedrahíta Escallón Ltda., representantes de Stup de Colombia, publicaron con el MOPT la cartilla *Modelos de puentes – Concreto preesforzado*, en 1961, que considera los siguientes materiales:

Concretos:

-Concretos pretensados: resistencia mínima a la rotura por compresión sobre cilindros estándar a 28 días $f'c = 3.750 \text{ Lb/in}^2 \equiv 265 \text{ k/cm}^2$

-Concreto para placas:

1. Luces de 20 a 29 m: resistencia mínima a la rotura por compresión sobre cilindros estándar a 28 días $f'c = 3.000 \text{ Lb/in}^2 \equiv 210 \text{ k/cm}^2$

2. Luces de 30 a 40 m: resistencia mínima a la rotura por compresión sobre cilindros estándar a 28 días $f'c = 3.750 \text{ Lb/in}^2 \equiv 265 \text{ k/cm}^2$

Aceros:

-Acero estructural: $f's = 4.200 \text{ K/cm}^2$

-Aceros duros: especificados por el fabricante en cada caso

En tanto que en las plantas se obtenían concretos de $5.000 \text{ psi} \cong 350 \text{ K/cm}^2$ a las doce horas.

Los ingenieros Arcesio Constaín Mosquera y Antonio María Gómez, ambos profesores de la Universidad Nacional, organizan y realizan el curso de actualización "Diseño de concreto preesforzado", dictado del 24 de enero al 26 de febrero de 1966, con una asistencia de más o menos treinta ingenieros.

Otro medio que actualizó mucho a los ingenieros en estas materias fueron las revistas, entre las que podemos enumerar: *Journal of Prestressed Concrete Institute*, *Journal of Post-Tensioning Institute*, *Portland Cement Association*, *Hormigón y Acero* (Instituto Eduardo Torroja), *Informes de la Construcción*, *Journal American Concrete Institute (ACI)*, entre otros.

En diciembre de 1965 la Secretaría de Obras Públicas de Cundinamarca adjudica al ingeniero Augusto Ruiz Corredor un pontón de 8 m de luz y 7 m de ancho, sobre el río Subia (municipio de Granada) para realizarlo en diez días, el cual se logra construir en el plazo convenido.

Asimismo, hizo el puente Totumos, en la vía La Mesa-Mesitas del Colegio, también en plazo mínimo.

La Secretaría de Obras Públicas del Tolima sacó a licitación pública la construcción del puente sobre el río Guarinó, en la vía de Mariquita a La Victoria (Caldas), con una luz de 35 m, ancho de 8 m, 4 vigas prefabricadas y postensadas lanzadas y placa de hormigón armado, obra que me fue adjudicada. El tensionamiento lo realizó Eduardo Salgado, es decir, Stup de Colombia, con cables formados por 12 alambres de diámetro 7 mm. El hormigón se llevó a cabo en el sitio a base de cemento Nare, arena del mismo río, y el triturado del producido en Honda. El hormigón era de $f'c = 350 \text{ K/cm}^2$ y cada semana se fundía una viga, el acero se preformaba allí y se usaron ductos de PVC para los cables.

Las vigas fueron lanzadas por el ministerio con ayuda de un puente metálico Balley. Se encofró, se armaron losa y diafragmas, se fundió y se puso la baranda.

Por lo general se fundían las vigas el domingo, pues me llevaba la gente de Pacadar, que conocía el oficio perfectamente, y fundiendo la segunda viga me dijo un obrero: "Ingeniero: ¿tiene un Mejoral?". Se lo di, y a los 10 minutos llegó otro con la misma petición. Ordené al carpintero: "Aguardiente para todo el mundo", y así se logró sacar a la gente de la insolada de la que estaba siendo víctima.

En este puente yo había ayudado a hacer los diseños, por lo cual lo conocía bastante. Era conocido como el "paso de Desquite" pero no me tocó conocerlo y mucho menos enfrentarlo.

Con el cambio del aeropuerto de Techo a El Dorado, fue necesario construir los primeros puentes, como los de la calle 26, y sobre todo los de la avenida Caracas y las carreras 13, 10a, 7a y 5a; la mayoría de ellos ejecutados por Ingeniería de Puentes a base de pilotes en la cimentación, y vigas I con losas trabajando como sección compuesta.

Durante la alcaldía de Fernando Mazuera Villegas (1957-1958) también se realizó gran parte de los puentes de la calle 26 entre la avenida Caracas y la carrera 5a, en su totalidad prácticamente hechos por Ingeniería de Puentes.

Construcciones Sigma Ltda., fundada por el ingeniero David Salas Osorio en 1958, se dedicó a hacer estructuras altas y rápidas en Bogotá y a pilotear los puertos de Santa Marta, Cartagena y en Coveñas para la Armada Nacional, a base de pilotes preesforzados con un gato Paul, alemán, monotorón, y luego otros puentes como el de la avenida 80 con avenida Boyacá.

Por motivo del Congreso Eucarístico y la venida del papa, se construyó la avenida 68 desde la autopista Sur hasta la calle 100 con carrera 7a, donde fue necesario hacer varios pasos elevados para lograr tráfico rápido y ágil, lo cual fue atendido por la Oficina de Valorización de Bogotá.

El ingeniero Enrique García-Reyes había fundado una empresa llamada Estructuras Pretensadas Ltda., de la cual fuimos socios Carlos Di Terlizzi T., Manuel Matagira y Augusto Ruiz Corredor, y como socio industrial el ingeniero Ricardo Barredo de Valenzuela, dueño del sistema nacional español de tensionamiento Procedimientos Barredo. Por la experiencia de los socios, entraron a participar en los concursos, en el año 1965.

En la primera licitación se le adjudicó a Estructuras Pretensadas el puente Comuneros, sobre la avenida 68 con avenida 3ª, de 20 m de luz y 44 m de ancho, a base de 25 vigas de hormigón postensado, cimentación sobre 90 pilotes preexcavados de 20 m de profundidad; tiempo de construcción: 6 meses. Las vigas se lanzaron con el sistema de torres, donde un cable hala y otro suelta, con lo cual la viga se desplaza horizontalmente; la interventoría fue de CEI, del ingeniero Arcesio Constaín.

En 1968, sobre el río Fucha nos adjudicó este puente, con luz de 38 m y ancho de 40 m, vigas 20 de hormigón pretensado, con un plazo de 3,5 meses, el Departamento de Valorización de Bogotá, así como el segundo puente de la calle 100 con la autopista Norte, con 22 luces, 168,50 m de longitud, en vigas cajón prefabricadas y tendidas transversalmente. Plazo: 3 meses.

El puente de la carrera 7a con calle 100 también se hizo

en esta oportunidad, además el puente de la avenida 19 con la avenida 68, ejecutado por Ingeniería de Puentes.

En 1969 se hizo la primera pasarela en Bogotá, en la calle 26, frente a la Ciudad Universitaria: cimentación sobre 20 pilotes de 0,6 m de diámetro y 12 m de longitud, 4 vigas postensadas de 18 m prefabricadas y lanzadas. El diseño lo efectuó el ingeniero Guillermo González Zuleta y la construcción, en 5 semanas, por Estructuras Pretensadas Ltda.

En Bogotá siguió la serie de Durán Dussán, pero en el país se realizaron varios puentes, como el Bledo, en Armero, de 30 m de luz, con vigas pretensadas y cajones autofundantes, en 1970.

En 1972 se amplió el puente Elías Soto, en la avenida Los Libertadores de Cúcuta, con seis vigas prefabricadas y postensadas por el sistema Barredo; construcción en 15 días.

Estas construcciones aceleraron la movilidad y mantuvieron la armonización de los puentes con el paisaje de la ciudad. Este tipo de viga permitió su prefabricación, así como su transporte y montaje en el punto de ubicación.

Otros contratos se desarrollaron con medios prefabricados y pretensados, y también se dio la variedad de las vigas metálicas que no requieren mantenimiento, puesto que este acero se autoprotege.

La Cámara de Comercio de Bogotá llamó a la SCI para realizar una veeduría sobre estos puentes. La sociedad designó al ingeniero Augusto Ruiz Corredor para supervisar la construcción, de acuerdo con los métodos o los sistemas constructivos de contratación determinados por las firmas constructoras.

Los métodos seleccionados en ese momento para la construcción tienen grandes ventajas, ya que el contratista puede utilizar el método o sistema constructivo más adecuado de acuerdo con su experiencia y su equipo de construcción, pudiendo utilizar el mejor equipo humano en aspectos como suelos, cimentación, movimientos de tierra, diseños estructurales y ambientales.

El contratante puede conocer el valor real de su obra haciendo que el contratista fije las variaciones de cantidades de obra por ejecutar; además, obliga a un estudio a fondo de la licitación y a definir sus cantidades.

La veeduría encontró que la dirección de obra y la interventoría, en general, fueron deficientes por falta de experiencia y desconocimiento de la variedad de frentes de trabajo por realizar. Se pudieron haber contactado asesorías especiales para obtener mejores resultados en la obra. Desafortunadamente en los pliegos de contratación se planteaban unos aspectos que diferían de lo encontrado en la ejecución de la obra.

En la vía Barbosa-San José de Pare se cambió el puente

metálico por el postensado de 30 m de longitud sobre el río Suárez.

Por esta época ya estaba prácticamente en construcción el puente Laureano Gómez, mal llamado puente Pumarejo.

La licitación pública salió en septiembre de 1964 y se cerró el 29 de abril de 1965 con las siguientes especificaciones viales: longitud 1.180 m, ancho 10 m, luz central de 200 m y gálibo de 16 m. Sistema de pago por concesión y pago de pontazgo o peaje.

Antes de terminar el gobierno del doctor Guillermo León Valencia en agosto de 1966, fue adjudicado a Cuéllar Serrano Gómez Ltda. e Ingeniería de Puentes Ltda., por la suma de 80 millones de pesos.

A comienzos de la presidencia del doctor Carlos Lleras Restrepo el Consejo de Estado declaró inválido el contrato. El Ministerio de Obras Públicas y Transporte encomendó a Ingetec y Tams de New York la realización de un estudio completo de prefactibilidad económica y técnica, así como la selección de las alternativas de cruce.

Las principales características del proyecto que a continuación se enuncian fueron tomadas de la publicación del Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC), Medellín, 1965.

Todos los accesos fueron prefabricados al pie de obra, obteniendo grandes economías en encofrados. Se utilizaron para los elementos postensados 540 toneladas de torón, producido por Emcocables S. A. El proyecto fue ejecutado por el profesor ingeniero Ricardo Morandi, con el sistema de tensionamiento Cesap (Roma, Italia). Se puede considerar como el puente decano de los atirantados en hormigón postensado.

Puente Juanambú

El Ministerio de Obras logra al fin entender que se deben



sacar puentes con diseño libre para así obtener mayores ventajas y múltiples soluciones a estas obras. Es así como, en abril de 1972, saca a licitación el puente de Jua-

nambú, en la nueva carretera Panamericana, en la vía Popayán-Pasto, para una carga especificada pero sin definir luces ni tipo de solución. En Estructuras Pretensadas hay cambio de socios: ingresan Carlos Fidalgo M. y Gustavo Rodríguez Díaz en reemplazo de Carlos Di Terlizzi y Manuel Matagira.

Las cargas para el proyecto del puente se tomaron de la Standard Specifications for Highway Bridges, de la AASHTO, edición 1969. El sistema de cargas fue el HS-20-44.

Se presentaron varias soluciones, a saber: arco de 144 metros de luz en hormigón por el ingeniero González Zuleta, pórtico en π metálico de alma llena o en celosía por parte de HB Estructuras Metálicas, solución de vigas postensadas de 30 metros de luz y pilas bastante altas por AIA.

Estructuras Pretensadas Ltda. planteó una solución con base en "voladizos sucesivos", método por primera vez presentado en Colombia. Su diseño fue de José A. Torroja, Oficina Técnica. La licitación se cerró en julio de 1972 y el 12 de diciembre fue adjudicado a Estructuras Pretensadas Ltda., por la suma de 18.500.000 pesos, equivalente a un millón de dólares.

En enero 5 de 1973 falleció el ingeniero Enrique García-Reyes, presidente de Estructuras Pretensadas Ltda., líder de ésta y otras empresas en el país.

El nuevo método de construcción seleccionado para este puente requirió de un juego de carros (formaletas móviles) de avance para fabricar dovelas fundidas *in situ*; de un teleférico para llevar los materiales, trabajadores y dos equipos de tensionamiento con fuerza para tensar cables de 6 fi, de 0,5 pulgadas. Con dichos equipos se inicia un cambio en el sistema de tensionamiento y de las vigas cajón para grandes luces y de canto variable y longitudes de dovela de 3,42 metros de longitud para cubrir luces de 45, 90 y 45 m, con un acceso de 20 m, y así completar una longitud total de 200 metros.

El sistema de tensionamiento fue Barredo, con 6 torones de 0,5 pulgadas, de calidad 250 K, producidos también por Emcocables.

La obra fue ejecutada con ingenieros y trabajadores colombianos.

El concreto para cimentaciones fue de 210 Kg/cm², para alzado de pilas en 280 Kg/cm² y para superestructura de 350 Kg/cm². El acero de refuerzo fue de 4.200 Kg/cm² y de alta resistencia de 250 K. Las cuantías para infraestructura fueron de 27 Kg/m³ para cimentación y para alzado de pilas (huecas) de 6,21 m³/m; superestructura armadura pasiva de 182,6 Kg/m³, armadura pretensada de 23 Kg/m³, hormigón por m² de puente de 0,64 m³/m².

Los concretos fueron hechos al pie de la obra por una

central de mezclas marca Piccini de 10 m³/h con cemento de Cementos Valle, y la arena y el triturado de las canteras vecinas.

Como anécdota de esta obra se tiene la pregunta realizada al interventor, ingeniero Fernando Martínez Londoño, sobre la resistencia del hormigón, quien responde: "no te preocupes, que está bien", y no dio cifras. Después se evidenció que la prensa que tenía la interventoría no tenía la capacidad para esas resistencias; aspectos como éstos son los causantes de desperdicio en la obra e incremento en los costos.

El puente sobre el río Magdalena, en Puerto Triunfo (1980-1982), de 1138 m, fue construido por la firma italiana Stirling Internacional, con diseños básicos ejecutados por SALC y diseños finales de Doménico Parma y Asociados.

Se trajo una viga metálica para cubrir los vanos corriendo sobre ésta los carros de avance. El acceso está conformado por 18 tramos simplemente apoyados, de 40 m, y la zona central está conformada por 4 luces de 83 m – 126 m – 12 m – 8 m, estructuralmente isostáticas. Es así como el sistema de voladizos sucesivos se ha desarrollado por todo el país, como bien se puede apreciar en las siguientes fotografías.

Es importante resaltar que el puente de Yondó, tiene la luz más grande (200 m) entre ejes de pilas, construida en el país; fue diseñado por el ingeniero Darío Farías García y construido por Concreto.

Actualmente se están ejecutando varios puentes por el sistema de voladizos sucesivos. Entre los terminados están el viaducto de La Estampilla, con la novedad de estar montado sobre aisladores de péndulo por fricción, presentado por el Grupo Constructor Autopista del Café - Gregorio Rentería Ingenieros, obra merecedora del Premio Nacional de Ingeniería 2009 por su diseño y construcción.

El puente El Tigre, que actualmente ejecuta el Consorcio Puentes y Torones, cuyas luces son de 76 m, 152 m y 76 m, su ancho de 11 m, para una carga C-40-95 del Código Colombiano de Diseño Sismorresistente de Puentes. Como se puede apreciar, dicho puente está salvando una gran luz y una gran depresión de 122 metros sobre la quebrada El Tigre, en la vía Ibagué-Armenia.

Ésta es una breve reseña de la importancia que le ha dado el concreto pretensado, no solamente a los puentes, sino también a estructuras de edificios, tanques de almacenamiento, pavimentos postensados y traviesas para ferrocarril, entre otras que serán materia de otras reseñas de las obras en hormigón pre y postensado.

Con esto se da una idea de la historia de los puentes en hormigón pre y postensado, los cuales seguirán teniendo gran aplicación en la ingeniería básica de Infraestructura.