

Ingeniería e ingenieros hacia 1820-1830

Por: Gabriel Poveda R.*

Este ensayo pretende establecer el marco de referencia histórico, en los años posteriores a las guerras de independencia, para mostrar cómo la ingeniería había logrado ya un considerable grado de avance en los países industrializados del mundo, mientras que en Colombia era casi inexistente. En esta forma es posible apreciar las grandes dificultades que fue necesario vencer en nuestro incipiente país para implantar el ejercicio y el estudio de esta profesión, gracias a los esfuerzos desplegados entre 1830 y 1850 por personas como don Lino de Pombo, el coronel Joaquín Acosta, el general Mosquera y los ingenieros inmigrantes europeos que vinieron a Antioquia por aquellos años. Pero esto último constituye, por sí mismo un nuevo capítulo de la historia de la ingeniería en Colombia.

Durante tres siglos de dominación española en nuestro continente, muy pocas grandes obras se construyeron en la Nueva Granada, a excepción de las fortificaciones de Cartagena. A esta ciudad vinieron en esos 300 años, sucesivamente, un brillante cortejo de ingenieros militares que proyectaron y construyeron sus formidables obras navales y castrenses. Uno que otro ingeniero militar español vino también a la construcción del Canal del Dique, a las minas de esmeraldas de Muzo o a edificar unas pocas casas de gobierno.

Con esos escasos antecedentes, cuando la Nueva Granada termina la guerra de su independencia, casi nadie sabía qué significaba la ingeniería, como conocimiento y como oficio, a no ser por las referencias a la ingeniería militar. Pero en ese mismo momento, digamos entre 1810 y 1820, en Europa se vivía en plena efervescencia la Revolución Industrial con todas sus fenomenales transformaciones y acompañamientos de tipo técnico. En gran parte como respuesta a ese enorme proceso de desarrollo industrial y de actividad económica, en ese continente y en Estados Unidos llegaba a su culminación el proceso, iniciado en los siglos XVII y XVIII de desprendimiento de la ingeniería como actividad civil, de la ingeniería como aplicación militar, que era la noción que desde los romanos y desde la Edad Media se tenía sobre

esta disciplina.

LAS OBRAS QUE HACIAN LOS INGENIEROS

Al comenzar el siglo XIX en Europa y Estados Unidos ya eran muy variadas las obras de la vida civil en que trabajaban los ingenieros. Para hacer notar su identidad propia, en Francia se le llamaba a estas actividades con el nombre genérico de Génie Civil, para distinguirla de la Génie Militaire que se continuaba practicando y enseñando en algunos cuarteles especializados. Es de esa época de cuando proviene el nombre de Ingeniería Civil con que se ha denominado desde entonces la profesión del ingeniero constructor. A su lado sólo figuraban entonces los ingenieros militares (de los que no tratamos aquí) y los ingenieros de minas especializados en esta tarea de su nombre.

Ya los ingenieros sabían cómo trazar y construir caminos para carretas y peatones sobre largas distancias, en buena parte usando prácticas empíricas heredadas desde los remotos tiempos en que los ingenieros romanos habían cubierto a casi toda Europa y media Asia de sus famosas vías y calzadas, de centenares y miles de "millas" pavimentadas con piedra. También era muy remoto el origen de la construcción de puentes de piedra y de madera, que los mismos romanos habían generalizado, pero que ahora, comenzando el siglo XIX se hacía con mejores técnicas y en luces un poco mayores. Las mismas técnicas permitían construir largos acueductos canalizados, aunque ninguno de ellos hubiera alcanzado la magnificencia arquitectónica de los acueductos romanos que han llegado hasta nuestros días.

Desde los siglos del Medioevo los albañiles italianos y alemanes, organizados en sus pujantes gremios, habían aprendido a construir los magníficos palacios de varios pisos, de elegantísima arquitectura y de construcción impecable que todavía se pueden apreciar en Roma, Florencia, Venecia y otras ciudades europeas. Los métodos de cálculo eran rudimentarios pero los métodos de dibujo ya eran muy refinados gracias a los perfeccionamientos introducidos por los grandes arquitectos del Renacimiento como Vitrubio, Miguel Ángel, Leonardo da Vinci y Simón Stevin. Los ingenieros de comienzos

* Ingeniero Químico y Electricista.



del siglo pasado habían recibido y mejorado sus técnicas de dibujo pero usaban esencialmente los mismos materiales (piedra, ladrillo, arena, cal y mármol) para diseñar y construir edificios gubernamentales, mansiones de nuevos ricos burgueses y las nuevas grandes fábricas que traían la Revolución Industrial, pero cuya complejidad de cálculo y de construcción apenas permitía llegar hasta cuatro o cinco pisos de altitud en las ciudades. No se llegaba aún a superar las varias decenas de metros de altitud a que habían llegado los albañiles e ingenieros militares medievales con sus castillos fortificados ni —menos aún— el centenar de metros o más que habían alcanzado las catedrales góticas, construidas todas ellas por hombres prácticos y aprendices con muy poca instrucción escolar.

Los conocimientos y la experiencia ya acumulados en hidráulica le permitía a aquellos ingenieros europeos diseñar y construir canales de irrigación, cauces para acequias, malecones y muelles en ríos y puertos marítimos de mayores proporciones de los que los constructores medievales y renacentistas habían aprendido a hacer para las grandes ciudades costeras y fluviales como Londres, París, Hamburgo, Bremen, Estocolmo, Boston, Nueva York y Nápoles. Sin embargo los materiales de las obras hidráulicas seguían siendo casi los mismos que habían usado griegos y romanos, así como las máquinas hidráulicas que instalaban los ingenieros en esas obras, como eran las ruedas de agua, los arietes hidráulicos, los aljibes de operación manual y los tornillos de Arquímedes.

Evidentemente los ingenieros militares continuaban construyendo sus obras transitorias o permanentes de fortificaciones de campaña o en plazas militares. Pero este arte había sido completamente cambiado por el desarrollo de la artillería pesada y el aumento de la potencia de la pólvora. Ya no se hacían pues obras monumentales y majestuosas para durar eternamente como los castillos medievales o como las murallas de Cartagena. Las campañas napoleónicas habían orientado a los ingenieros militares hacia construcciones más móviles, menos planeadas como defensa y más adaptadas al avance rápido y a la ofensiva como factores de apoyo a una artillería pesada capaz de hacer largas jornadas. Estos mismos cambios habían dado lugar, más bien, a una importante industria de fabricación de artillería, que también ocupaba a muchos ingenieros militares y a no pocos civiles.

Dénde la más remota antigüedad, los egipcios, los fenicios y los cretenses habían desarrollado altamente los métodos de diseño y de construcción de sus navíos, con los que habían recorrido todo el Mediterráneo. Griegos y romanos habían construido naves aún mayores con técnicas que conservaron los bizantinos y que la

Europa medioeval conservó en sus escasos astilleros de Venecia, Roma, Marsella, Cádiz, Londres y Bremen. Oficios como los de constructor de barcos, carpinteros navales y fabricantes de velas habían tenido sus gremios especializados y eran muy apreciados. Pero solamente ahora, comenzando los años ochocientos, vino a definirse la noción y la profesión de la ingeniería naval, en los nuevos y mayores astilleros de Plymouth, Lisboa, Brest, Londres, Boston, Cádiz, Hamburgo y Roma.

Pero la Revolución Industrial había abierto un nuevo campo de actividad para los ingenieros formados en las escuelas técnicas que ya existían para ellos. Ese nuevo campo era el del trabajo en las nuevas fábricas, donde los ingenieros estaban aprendiendo y trabajando en diseñar y construir, así como a operar máquinas y equipos mecánicos y para usar el calor, como eran calderas, hornos, bombas, máquinas de vapor, máquinas textiles y molinos de toda clase. Esa línea de desarrollo profesional habría de ampliarse rápidamente, de manera que ya a mediados del siglo había aparecido el concepto claro del ingeniero mecánico, y en Inglaterra y Estados Unidos había escuelas técnicas destinadas a formar a este profesional. Pero aún antes, ya a principios del siglo, los ingenieros, aún los ingenieros de "Génie civil" hacían más: planeaban y construían industrias enteras y fábricas completas de textiles, de vidrio, de papel, altos hornos, fundiciones, forjas y astilleros.

Los ingenieros de minas procedían de escuelas especializadas que se habían abierto en Alemania, Bohemia e Inglaterra desde el siglo XVIII. En los países mineros de Europa y en Estados Unidos seguían ocupándose en localizar y abrir minas, así como en operarlas. Trabajaban en Francia, en Gales, en Sajonia, en la cuenca del Rhin, en Pensilvania, en Joachimstal, en España, en Carrara y en otros sitios buscando y explotando minas de carbón, de hierro, de oro, de cobre, de estaño, y canteras de piedra y mármol, que eran los únicos minerales que entonces aprovechaban a escala mayor.

Tanto para buscar minas como para construir caminos y obras hidráulicas, los ingenieros civiles hacían trabajos ya muy adelantados de agrimensura y topografía, e inclusive ya entraban en labores de geodesia, de precisión. Gracias a estos conocimientos, eran también empleados por todos los gobiernos para hacer la cartografía y el levantamiento corográfico de amplios terrenos, de ríos, de provincias y aun de estados enteros.

Como se ve, dentro de las limitaciones técnicas y científicas de su tiempo, los ingenieros ya poseían una amplia variedad de saberes que les habilitaban para emprender trabajos muy variados y para actuar como protagonistas vigorosos en las transformaciones y en la construc-

ción del nuevo mundo industrializado que surgía, lejos de Colombia, en Europa Occidental y en Estados Unidos.

ALGUNAS ESCUELAS FAMOSAS

Las venerables y antiguas universidades europeas y norteamericanas (París, Oxford, Bolonia, Harvard, Cracovia, Cambridge) no preparaban ingenieros. Si se les hubiera propuesto que lo hicieran, lo hubieran rechazado enfáticamente. En ese momento (Circa 1820-1825) la palabra "ingeniero" tenía fuertes connotaciones de "militar". Por eso los estadistas que vieron, a fines del siglo XVIII la necesidad de formar tales profesionales, hubieron de fundar nuevos institutos, especializados en esta nueva función.

Uno de esos primeros institutos (quizá el primero expresamente consagrado a formar ingenieros civiles y de minas) fue la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (Technischehochschule Ingenieure) de Brunswick, fundada bajo el gobierno ilustrado del rey Federico II de Prusia. Quizás a imitación del anterior se fundó en la misma época la Escuela de Minas (Bergbauwerke Schule) en Freyberg, en Sajonia, que en ese momento, gozaba de la más alta reputación en Europa. En la misma línea, el rey Adolfo Federico I de Suecia había creado la Escuela de Minas en Upsala, motivado por las grandes reservas de mineral de hierro de ese país, que entonces comenzaban a explotarse. Allí estudiaron, entre muchos otros ingenieros famosos, los hermanos Juan José y Fausto D'Elhuyar.

De época cercana a aquella (finales del siglo XVIII) eran la Escuela de Ingenieros Militares y Civiles en Zaragoza y la Escuela de Ingenieros de Alcalá de Henares (ya entonces adscrita a la Universidad Complutense de esa ciudad), que habían sido creadas por el gobierno progresista de Carlos III en España, junto con escuelas navales en Bilbao y El Ferrol. En ambas escuelas se formó el primer ingeniero neo-granadino, don Lino de Pombo.

Pero la más famosa escuela para ingenieros en todo el mundo, en su tiempo, era la Ecole Polytechnique, en París, fundada por Napoleón Bonaparte en 1794, como escuela de formación de los excelentes oficiales que el Emperador quería para su ejército y de funcionarios para administrar su imperio. Famosos personajes de la ciencia y de la técnica fueron profesores, en aquellos años: Pierre Simón de Laplace, Agustín Cauchy, Simeón Denis Poisson, Gaspard Monge, Charles Agoustin de Coulomb, Louis Henri Navier y Emile Clapeyron, entre otros famosos científicos que llegaron a adquirir fama mundial como grandes formadores de las ciencias en que se basa la

ingeniería. Eminentes alumnos de la Ecole Polytechnique fueron después grandes ingenieros y científicos como Leonard Sadi Carnot, fundador de la Termodinámica y Jean Víctor Poncelet uno de los creadores de la Geometría Proyectiva.

Poco después de la Politécnica habían sido fundadas la Ecole Nationale d'Arts et Métiers y la Ecole Nationale de Ponts et Chaussées, ambas en París. En los años de que hablamos, eran ya famosas en el mundo técnico de sus días como centros de preparación de ingenieros, arquitectos, técnicos y profesionales superiores. En ese tiempo, París era la capital mundial de la ciencia y de la técnica.

Al tenor de la Escuela Politécnica habían sido fundados en otros países diversos institutos avanzados para la formación técnica. Uno de ellos era el Berliner Technische Hochschule, en la capital prusiana, así como en los mismos tiempos estaban apareciendo el Instituto Politécnico Federal de Zurich en Suiza y el Imperial College of Science and Technology en Londres.

En los Estados Unidos aparecieron tempranamente algunos institutos tecnológicos para formar ingenieros, de los cuales dos de los primeros fueron el Rensselaer Polytechnical Institute y el Rice Institute of Technology, que a mediados del siglo prepararon a algunos futuros ingenieros colombianos y a otros numerosos latinoamericanos.

LO QUE SABIAN ESOS INGENIEROS

Hoy es difícil encontrar fuentes primarias que muestren cuáles eran los conocimientos básicos que recibían los ingenieros que se formaban en escuelas como las mencionadas y en otras análogas de Europa y Estados Unidos en los años iniciales del siglo XIX (cuando en América Latina aún no existían). Sin embargo, por el examen de las obras y trabajos que ellos realizaron, pueden hacerse inferencias razonables acerca de los saberes básicos de esos hombres.

En primer lugar, es claro que las matemáticas ocupaban ya un papel central en la formación de ingenieros militares, ingenieros civiles e ingenieros de minas. La aritmética debía ser seguramente estudiada a nivel elemental y medio, por lo menos en los capítulos referentes a todas las operaciones con números naturales, racionales y decimales, logaritmos y —en centros más avanzados— algo de ecuaciones diofánticas. En geometría, se veía sin duda toda la geometría euclidiana métrica del plano y la del espacio euclidiano tridimensional, así como todo lo referente a la goniometría y la trigonometría plana, con bue-



nas nociones de la trigonometría esférica aplicada a la astronomía de posición. La Geometría Descriptiva acababa de salir casi hecha toda de las manos de Monge y seguramente bastante de ella se enseñaba a los estudiantes de ingeniería por su rico potencial de aplicaciones a la arquitectura, al dibujo y a la mecánica de sólidos.

En el álgebra debían tratarse las operaciones con polinomios, lo mismo que las ecuaciones algebraicas de primero y segundo grado, y los sistemas lineales de varias ecuaciones con varias incógnitas. La teoría de números complejos estaba aún en formación con Gauss, Cauchy y Weierstrasse y probablemente casi nada de ella se enseñaba a ingenieros. Se incluirían también las progresiones y algunas funciones algebraicas distintas de los polinomios.

De lo que ya se denominaba Geometría Analítica es seguro que se estudiaban las coordenadas cartesianas en el plano y en el espacio tridimensional, así como sus aplicaciones métricas, además de las rectas, otros lugares geométricos, la circunferencia y las otras secciones cónicas de Apolonio (la elipse, la parábola y la hipérbola).

Del cálculo diferencial e integral se enseñaban varias funciones elementales de frecuente aplicación, así como todos los principales resultados hallados desde Newton, Leibniz, Euler y los Bernoulli. Seguramente se agregaban numerosas reglas de derivación e integración, así como las aplicaciones a la geometría analítica y a la mecánica. Las ecuaciones diferenciales eran todavía una disciplina en formación en manos de Cauchy, Weierstrasse, Clairaut, Kowalewska y otros, y seguramente aún no se enseñaban en forma generalizada.

En la física se veían sin duda los muy variados sistemas de unidades de medida, así como el recién implantado sistema métrico decimal; los principios de la estática y del equilibrio mecánico, aplicados a máquinas elementales simples; las leyes del movimiento de Newton, así como las recientes nociones sobre trabajo, energía cinética y energía potencial. Se enseñarían los rudimentos sobre rozamiento y elasticidad de sólidos, así como algo de hidrostática y la noción cinética del calor (recién descubierta por Rumford). Además se conocerían las escalas de temperatura, algo de calorimetría y principios sobre los gases y su comportamiento, para apoyar algunas nociones de acústica. Uno o dos capítulos de óptica geométrica y unas brevísimas nociones de magnetismo y electrostática (si acaso) completarían ese programa. Casi nada se sabía aún sobre vibraciones, termodinámica, óptica física, hidrodinámica, teoría cinética de los gases, corrientes eléctricas ni estructura física de la materia, que fueron áreas desarrolladas en el resto del siglo por los grandes físicos decimonónicos como Fizeau, Clausius,

Joule, Helmholtz, Fresnel, Foucault, Young, Maxwell, Kelvin, Ampère, Ohm, Oerstedt, Henry, Thompson, etc.

La química era aún una actividad encerrada en laboratorios de científicos puros como Berthélot y Davy, que casi nada había salido a trabajar con las realidades prácticas de la materia. Sin embargo, es seguro que, por lo menos en las mejores escuelas, como la Politécnica de París y en las buenas escuelas de minas, algo se enseñaba de química mineral. Probablemente ya se difundían las nociones de Dalton sobre átomos de elementos y moléculas de compuestos; así como algo de la nomenclatura recién desarrollada por Lavoisier; y las propiedades químicas del agua, algunos metales, sus minerales y algunos gases. Algo se vería sobre pesos atómicos y pesos moleculares y probablemente ya era familiar la ley de conservación de la materia, descubierta pocos años antes por el mismo Lavoisier.

De las técnicas específicas del ingeniero se enseñaría sin duda algo sobre suelos, rocas, terraplenes y excavaciones; el trazado y la construcción de caminos por los métodos de entonces; la agrimensura y la topografía y algo sobre puentes. A esto se agregarían algo de geografía, geodesia y astronomía de posición; además de dibujo, algo de arquitectura y construcción de edificios, así como nociones sobre uso de materiales. Debía también verse algo de geología (que Hutton y Lyell estaban desarrollando) y de mineralogía (que Haüy había convertido en una nueva gran ciencia), y bastante sobre hidráulica empírica y teórica de canales abiertos. En las escuelas de minas seguramente se enseñarían técnicas de metalurgia extractiva para metales preciosos, cobre y hierro, y algunos procesos físicos para trabajarlos.

Las consideraciones anteriores sobre los contenidos de la enseñanza para los ingenieros de la época, se basan en distintos elementos de juicio, dispersos pero convergentes, que apuntan con claridad hacia los temas didácticos que se mencionan atrás. Entre estos elementos de juicio pueden citarse los siguientes:

- a) El estudio detallado sobre el nivel de conocimiento que existió en Europa acerca de la aritmética, del álgebra, el cálculo, la geometría analítica y la geometría descriptiva.
- b) El examen cuidadoso que el autor hizo con el profesor Luis De Greiff Bravo sobre el texto de álgebra que escribió don Lino de Pombo, hacia 1840, y que usó en sus cátedras de la Universidad del Cauca y del Colegio Militar de Ingeniería. Don Lino se formó como ingeniero entre 1818 y 1822 en España, y continuó estudios en París, posteriormente.

- c) El conocimiento de los libros de texto sobre aritmética y álgebra que escribió el ingeniero Indalecio Liévano, a mediados del siglo XIX, y que por muchos años sirvieron como texto en el Colegio Militar de Ingeniería y en la Universidad Nacional.
- d) La información que da la historia de la física sobre el estado del saber en sus ramas de mecánica, calor y electricidad, a comienzos del siglo pasado.
- e) El conocimiento existente sobre el estado general de tecnología, como el que ofrece por ejemplo el libro de Derry, para la época indicada, el estudio de libros sobre la historia, a nivel internacional de la mecánica, la metalurgia, la teoría del calor, los ferrocarriles y otras disciplinas estrechamente vinculadas con la ingeniería.
- f) El estudio de biografías de ingenieros como George Stephenson, Thomas Telford y Gustave Eiffel.
- g) El estudio detallado que este autor ha realizado sobre el significado científico y profesional del trabajo de Agustín Codazzi en su Comisión Corográfica. Codazzi se formó como ingeniero, entre 1810 y 1814 en la Academia Militar de Pavia, dirigida por oficiales franceses formados en la Ecole Polytechnique.
- h) El estudio detallado hecho por este autor sobre la Ferrería de Pacho, fundada en 1824 por el ingeniero de minas alemán Jacobo Wiessner.

INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE LOS INGENIEROS

A través de sus estudios y de sus trabajos, los ingenieros estaban familiarizados con un número ya amplio de instrumentos de trabajo. Quizá los dos más generalmente usados eran la brújula de mano y la cadena de agrimensor, para trazar y hacer caminos, localizar obras, medir terrenos, hacer cartografía, excavar canales, situar minas, etc. En casi todos estos mismos trabajos se usaban el nivel visual de agua, la mira para medidas verticales y el teodolito o taquímetro óptico de precisión. El sextante para tomar coordenadas celestes, el barómetro aneroide o de Bourdon para medir presiones atmosféricas y el termómetro eran otras tres herramientas para muchos trabajos de ingeniería a la intemperie.

Como materiales necesarios y usuales en sus obras de construcción, los ingenieros disponían de la pólvora negra para voladuras en tierra y roca. La piedra y la grava se usaban como miembros estructurales y agregados para mortero en construcciones ciclópeas de puentes, canales

y edificios, generalmente aglutinada con morteros de cal. El martillo y el cincel, típico de los albañiles desde la antigüedad eran prácticamente las únicas herramientas para edificar.

La madera como elemento estructural y material auxiliar y ornamental era casi el único otro material de construcción. Sólo en edificios grandes y suntuosos se usaban algunas piezas de hierro forjado y de bronce, aunque no como elementos estructurales sino más bien ornamentales.

La escuadra, el compás y otros instrumentos de dibujo ya eran parte usual del ingeniero para sus trabajos, así como las tablas de logaritmos y las tablas trigonométricas.

LAS INNOVACIONES TECNICAS DE LA EPOCA

Aquellos primeros decenios del siglo pasado fueron sumamente fructíferos en inventos e innovaciones que habrían de ampliar enormemente las capacidades de los ingenieros y sus áreas de trabajo. Para no ampliarnos excesivamente, baste mencionar sólo algunos de los que se estaban dando al finalizar el primer tercio del siglo, de 1820 a 1835 en Europa.

La más importante y nueva actividad de aquellos años fue la construcción de líneas ferroviarias, desde que George Stephenson hizo correr sus primeros trenes en Inglaterra. Se trataba de trazar las nuevas vías (con especificaciones más rigurosas), construir las, fabricar los rieles y los vehículos, dotarlas de servicios y operarlas regularmente. Esta actividad se extendió muy rápidamente no solamente en Europa sino en Norteamérica y otras grandes áreas del mundo.

Con la expansión de los ferrocarriles y de los caminos para ruedas vino la necesidad de nuevos y mayores puentes que ahora tenían que ser construidos ya no solamente en piedra y madera, sino de hierro forjado. Fue muy poco después cuando se hicieron los primeros puentes colgantes, de los cuales el famoso ingeniero inglés Thomas Telford construyó algunos de los más notables de esos primeros años.

El crecimiento de las ciudades y el aumento de los recursos económicos de los estados dieron lugar al ensanche y a la construcción de nuevos acueductos públicos con grandes canales de conducción, instalaciones para tratar el agua, redes de tubería metálica para distribuirla y grandes redes de alcantarillas subterráneas. Estas obras fueron sin duda un buen acicate para estimular los grandes avances que iban a hacer los conocimientos de hidráulica en los decenios siguientes del siglo.

Esa época vio también el extraordinario desarrollo de la navegación a vapor, en ríos y mares, y el consiguiente cambio acelerado de los buques de madera a los buques de hierro. El uso del vapor como fuerza motriz y del hierro como material de construcción permitió pasar a construir barcos mucho más grandes. Fue necesario pues, transformar los astilleros para trabajar con las nuevas tecnologías y en escalas mucho mayores. Así ocurrió especialmente en los puertos ingleses, estadounidenses y franceses que se convirtieron en los mayores centros de la industria naval.

La extraordinaria expansión de la siderurgia implicó la construcción de muchas plantas siderúrgicas, mucho mayores que las conocidas hasta entonces. En pocos años la producción europea de hierro llegó a decuplicarse. Los ingenieros tenían que localizar nuevos yacimientos de mineral de hierro y hacerlas producir; transportarlo a largas distancias; producir el carbón coque; erigir nuevos y más grandes altos hornos; construir nuevas fundiciones y forjas más poderosas. Aun en el atraso económico y técnico de nuestro país en ese momento, la siderurgia atrajo el interés de capitalistas y técnicos, y fue así como apareció la Ferrería de Pacho en 1824.

Asociado al desarrollo del hierro vino el del carbón. Se abrieron nuevas y mayores minas, muchas de ellas a grandes profundidades. Todo esto significaba nuevas y más amplias posibilidades en Europa y Estados Unidos para sus Ingenieros. El gran incremento en la coquización del carbón para abastecer las siderúrgicas, dio lugar a la invención de métodos para aprovechar los subproductos químicos de las coquerías y a la construcción de las instalaciones adecuadas. En esta forma surgía desde entonces la gran industria química pesada.

Por otro lado el crecimiento de la industria textil en Inglaterra requirió la industrialización y la expansión de producciones de materiales auxiliares como la soda cáustica; al mismo tiempo que la producción de vidrio exigía mayores cantidades de carbonato de sodio; y mientras todas las industrias, en aumento muy rápido, necesitaban mayores cantidades de ácido sulfúrico y otros reactivos químicos. Esta expansión de la industria química europea fue un nuevo y vasto campo de trabajo para los ingenieros, aun cuando no se había acuñado aún el nombre ni la especialidad académica del ingeniero químico.

En nuestro país, nada de esto sucedía. Pero cabe recordar que, además de la Ferrería de Pacho, en los años ochocientos treinta se fundaron, en Bogotá, algunas fábricas que implicaron en su montaje el trabajo de uno que otro ingeniero europeo. Tales fueron las fábricas de tejidos de algodón, de vidrio, de lojería y de papel, que

se mostraron en aquellos años pero que no habrían de durar por mucho tiempo.

INGENIEROS EN COLOMBIA EN ESOS AÑOS

En ese momento, en Colombia era casi del todo desconocida la ingeniería como actividad de significación económica y social. Pero unos pocos ingenieros vivían en nuestro país, y cumplían funciones que, si aún no eran muy ampliamente conocidas, sin duda eran de gran importancia para el desarrollo futuro.

El primero a quien hay que recordar es al coronel Domingo de Esquiaqui, que había venido al virreinato a finales del siglo XVIII y había realizado planos y construcciones en Santa Fe para las autoridades españolas. Al estallar las guerras de independencia permaneció aquí como simpatizante de la causa criolla. Murió en Bogotá en 1820. Otro gran ingeniero español que llegó al virreinato al ir terminando el siglo anterior y que aún vivía entre nosotros en el decenio inaugural del siglo XIX era don Juan José D'Elhúyar, formado en las mejores escuelas de minas de Europa.

También a tareas mineras, como D'Elhúyar, habían venido a la Nueva Granada, traídos por el arzobispo- virrey Caballero y Góngora, dos ingenieros de minas sajones, que también habían permanecido en nuestra tierra y que continuaban trabajando en laboreo de minas en esos primeros decenios del siglo: los señores Jacobo Wiessner, en Bogotá, y Joaquín Bayer, en Popayán. El primero de ellos fue quien descubrió los yacimientos de hierro en Pacho y montó allí el primer pequeño alto horno de lo que fue la ferrería de ese nombre.

El coronel Joaquín Acosta no llegó nunca a graduarse formalmente como ingeniero. Pero en 1825 recibió del gobierno una comisión de estudios en Europa. En París recibió varios cursos, probablemente en la Ecole d' Arts et Métiers, de matemáticas, de mecánica, de química, de mineralogía y de geología. Al volver al país, además de varios servicios militares y diplomáticos, se dedicó a colaborar en la fundación de algunas pequeñas fábricas, a escribir el primer tratado de geología colombiana y a trazar un nuevo mapa perfeccionado del país.

El primer ciudadano neo-granadino que se graduó formalmente de ingeniero (como ingeniero civil y militar) fue don Lino de Pombo. Lo hizo en 1825 en Zaragoza (España) y volvió al país en 1830. Aquí luchó tenazmente por establecer estudios de matemáticas y de ingeniería, tanto en las universidades de Cartagena y del Cauca (en Popayán) como en Bogotá. En los años treinta alternaba la enseñanza con el desempeño de algunos cargos públicos en que sirvió.

Jean Baptiste Boussingault se había graduado en química, mineralogía y geología en París, pocos años atrás. Vino en 1825 como miembro de la misión científica que el general Santander pidió a Cuvier para venir a formar una escuela de minas y un museo en Bogotá. A poco tiempo esa misión se desorganizó y Boussingault se fue a trabajar a las minas de Marmato, y luego a vivir en Antioquia. Después de regresar a Bogotá y vivir 10 años en la Nueva Granada, volvió a París.

En el año de 1825 vinieron varios ingenieros de minas europeos a Marmato y a Antioquia a tecnificar sus operaciones. El primero de ellos fue Tyrrel Moore, ingeniero de minas, inglés, formado en la Escuela de Minas de Freiberg en Sajonia. Implantó importantes avances técnicos en las minas de Antioquia y vivió en esa provincia casi 25 años. Luego se trasladó a Bogotá y allí vivió el resto de sus años.

Don Carlos Segismundo de Greiff había sido oficial del ejército sueco y se había graduado como ingeniero de minas en Upsala. Vino en 1825 a Antioquia, donde trabajó en las minas y donde vivió toda su vida, después de prestar muchos y valiosos servicios como ingeniero. En la misma época y con el mismo propósito de trabajar en las minas de oro de Antioquia (que eran las más promisorias de la nueva república) vinieron otros varios ingenieros: Alejandro Johnson (inglés), Eduardo Walker (inglés), Pedro Niesser (sueco) y Carlos Dagenhardt (alemán). En la época de los años treinta todos ellos trabajaban activamente buscando minas, desarrollándolas y mejorando sus técnicas. Algunos de ellos regresarían a sus patrias (como Niesser y Dagenhardt), pero otros permanecerían en nuestro país (como Walker y Johnson). En aquellos años vivió también en nuestro país, por unos pocos años, el ingeniero Robert Stephenson (hijo de George Stephenson, el inventor de la locomotora) y quien trabajó para una compañía inglesa en las minas de plata de Santa Ana (hoy Fálán) en el Tolima.

Por último, mencionemos al coronel Agustín Codazzi. Parece que Codazzi sólo tuvo una somera capacitación como ingeniero militar en los cuarteles y escuelas militares que Napoleón estableció brevemente en Italia. Pero hoy nadie puede disputarle a Codazzi su condición bien probada de ingeniero eminente. En 1830, al disolverse la Gran Colombia, estaba en Maracaibo levantando el mapa de esa provincia. En Venezuela permaneció hasta 1848 cuando volvió a la Nueva Granada a iniciar la comisión corográfica.

Quizá no había entonces ningún otro ingeniero en nuestra patria, salvo acaso dos o tres más que la historia no ha recogido. Pero todos ellos habían sembrado en es-

ta tierra la semilla de lo que, andando el tiempo, es hoy una vigorosa profesión.

BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA, Joaquín. Historia de la Nueva Granada. Medellín. Editorial Bedout. 1971. 469 p.
- ACUNA, Luis Alberto. "Esbozo biográfico de Agustín Codazzi". Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. VIII, No. 29. 1950.
- BATEMAN, Alfredo. "Francisco José de Caldas". Manizales. Imprenta Oficial del Departamento de Caldas. 1959.
- "Agustín Codazzi". Páginas para la Historia de la Ingeniería Colombiana. Bogotá. Editorial Kelly. 1972. 634 p.
- "Manuel Ponce de León". Páginas para la Historia de la Ingeniería Colombiana. Bogotá. Editorial Kelly. 1972. 634 p.
- "Historia de la Matemática y la Ingeniería. (en Apuntes para la Historia de la Ciencia en Colombia). Bogotá. Colciencias. 1972.
- BOLL, Marcel. Histoire de la Mécanique. París. Presses Universitaires de France. 1961. 129 p.
- BREW, Robert. El Desarrollo Económico de Antioquia desde la Independencia hasta 1920. Bogotá. Ediciones del Banco de la República. 1977. 445 p.
- CODAZZI, Agustín. Memorias. Talleres Gráficos del Banco de la República. Traducción de Andrés Soriano Lleras y Fr. Alberto Lee López. Bogotá. 1973.
- CONGRAINS MARTIN, Enrique. Las Maravillas de Colombia. 4 tomos. Bogotá. Editorial Forja. 1979.
- DAMPIER-WHETHAM, William C. Historia de las Ciencias. México. Editorial Mexicolee. 1944. 568 p.
- DE POMBO, Lino. Lecciones de Algebra. Bogotá. Imprenta de la Nueva Granada. 1838.
- DERY, T.K. y Trevor I. Williams. A Short History of Technology. Londres. Oxford University Press. 1960. 783 p.
- DUCASSE, Piere. Histoire des Techniques. París. Presses Universitaires de France. 1958. 136 p.
- FULTON, Charles Herman. Principles of Metallurgy. An Introduction to the Metallurgy of the Metals. New York. Mc Graw Hill Book Company. 1910. 544 p.
- GENERAL MOTORS. The Story of Power. Detroit. General Motors Corp. 1956. 51 p.
- GILLE, Bertrand. Histoire de la Metallurgie. París. Presses Universitaires de France. 1966. 126 p.
- HOPE, Edmond. Histoire de la Physique. Traducido del Inglés. París. Librairie Hachette. 1909.
- HUMPHREY BEGGS, Mary, Gregor Hugh, Humphreys Darlow. The Industrial Revolution. Ed. George Allen and London. 1976.

JEANS, James. Historia de la Física. México. Fondo de Cultura Económica. 1982. 435 p.

JUAN, Jorge y Antonio de Ulloa. Noticias Secretas de América sobre el Estado Naval, Militar y Político de los Reynos del Perú y Provincias de Quito, Costas de Nueva Granada y Chile. 2 Vol. Bogotá. Biblioteca del Banco Popular. 1981. 1270 p.

LIEVANO, Indalecio. Curso de Algebra. Bogotá. Imprenta Nacional 1854.

_____. Lecciones de Análisis Matemática. Bogotá. Imprenta Nacional. 1857.

MANDELBAUM, Arnold. Historia de la Energía Eléctrica. Buenos Aires. Editorial Escorpión. 1964.

MUNFORD, Lewis. Técnica y Civilización. Alianza Universidad. Madrid. Ediciones Castilla, S.A. 1971.

NEAL, Harry Edward. From Spinning Wheel to Spacecraft. New York. Popular Library, Inc. 1964.

OSPINA VASQUEZ, Luis. Industria y Protección en Colombia. Medellín. Fundación Antioqueña para el Estudio de las Ciencias Sociales. FAES. 1979. 576 p.

PAVON, Moisés. Las Ferrerías y el Desarrollo Industrial del País. 2a. ed. Bogotá. Imprenta El Gráfico. 1923. 125 p.

PEREZ, Felipe. Geografía Física y Política de los Estados Unidos de Colombia. Tomo I. Imprenta de la Nación. Bogotá. 1862.

POVEDA RAMOS, Gabriel. Historia de la Industria en Colombia. Asociación Nacional de Industriales. Revista Trimestral. Medellín. Editorial Bedout S.A. Octubre 1970. No. 11.

_____. Antioquia y el Ferrocarril de Antioquia. Medellín. Gráficas Vallejo. 1974.

_____. Minas y Mineros de Antioquia. Bogotá. Banco de la República. 1984. 174 p.

_____. La Ingeniería, sus Ciencias y su Historia en Colombia. Mecanografiado. 1984. 193 p.

_____. Codazzi y la Comisión Corográfica. Medellín. Mecanografiado. 1985. 71 p.

_____. Ferrerías, Metalurgia e Ingeniería. Medellín. Mecanografiado. 1985. 137 p.

_____. Ingenieros y Fortificaciones Españolas en Cartagena. Medellín. Mecanografiado. 1985. 90 p.

REY PASTOR, Julio y N. Drewes. La Técnica en la Historia de la Humanidad. Buenos Aires. Editorial Atlántida, S.A. 1957.

RESTREPO FORERO, Olga. La Comisión Corográfica. Avatares en la Configuración del Saber. Bogotá. Tesis de grado en la Universidad Nacional. 1983.

ROUSE, Hunter y Simón Ince. History of Hydraulics. Ann Arbor, Mich. State University of Iowa. 1957. 169 p.

SAFFORD, Franck. The Ideal of the Practical. Austin, Texas. The University of Texas Press. 1976. 370 p.

VON LAUE, Max. Histoire de la Physique. Paris. Presses Universitaires de France. 1956. 230 p.

ZAPATERO, Juan Manuel. Historia de las Fortificaciones de Cartagena de Indias. Madrid. Ediciones Cultura Hispánica. 1979. 350 p.