

LOS PLANOS Y LA TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

Luis F. Marcano González

EL APRENDIZAJE SOCIAL DE TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIÓN

ABSTRACT THE PLANS AND

THE BUILDING TECHNOLOGY

In this work I

make a conceptual and practical revision of the implications of building construction projects graphic documentation as an instrument of technology knowledge transmission. I frame this revision within the process of determining what have been the mechanisms of social learning of the technology, in particular in the construction activity in Venezuela. I analyze the conceptual dimension and the scientific and empirical support of what has been called the technical graphic. I attempt to describe what is the heap of information that can be extracted from a documentation in the venezuelan building construction process of the XIX and XX centuries, since the origin of this formal activity in the country.

RESUMEN

En el presente

trabajo hago una revisión conceptual y práctica de las implicaciones del uso de la documentación gráfica de proyectos de construcción de edificaciones como un instrumento de transmisión de conocimientos tecnológicos. Inscibo esta revisión dentro del proceso de determinar cuáles han sido los mecanismos de aprendizaje social de la tecnología, en particular en la actividad de la construcción en Venezuela. Analizo las dimensiones conceptuales y los sustentos científicos y empíricos de lo que se ha dado por llamar el grafismo técnico. Intento describir cuál es el cúmulo de información que se puede extraer de un conjunto de planos en un proyecto determinado. Concluyo con una propuesta de análisis de este tipo de documentación en el proceso de la construcción de edificaciones venezolanas en los siglos XIX y XX, desde los orígenes de esta actividad formal en el país.

El objeto del presente artículo es analizar un aspecto particular del proceso de investigación sobre el proceso de aprendizaje social de tecnología y que tiene que ver con el uso de la documentación gráfica. Además, me propongo aproximarme a las implicaciones metodológicas que un tipo de fuente como los planos de construcción imponen a esta investigación, identificando someramente los orígenes y fundamentos de las técnicas utilizadas para la elaboración de la documentación gráfica e identificar su contenido. Quiero concluir con una propuesta de análisis de este tipo de documentación en el proceso de la construcción de edificaciones venezolanas desde los orígenes y el desarrollo de esta actividad formal en Venezuela.

Desde un principio, con la investigación que vengo realizando sobre los «Orígenes de las innovaciones tecnológicas en el urbanismo moderno en Venezuela: 1830-1958, Influencias y traducciones», en términos generales, he querido aproximarme a las soluciones tecnológicas asumidas en el sistema económico de la sociedad venezolana, para el proyecto y la construcción de obras públicas territoriales y urbanas, destacando los trasplantes o las particulares asimilaciones efectuadas entre nosotros, primero de origen europeo y posteriormente norteamericano.¹

Con esta investigación me he propuesto, además de obtener resultados historiográficos originales, desembocar en dos conjuntos de cuestiones más generales: la primera, contribuir al conocimiento del fenómeno de expor-

¹ Esta investigación se inscribe dentro del proyecto dirigido por el prof. Juan José Martín Frechilla "Orígenes del urbanismo moderno en Venezuela: 1830-1958. Influencias y traducciones", el cual recibe financiamiento del CONICIT desde 1996.

DESCRIPTORES:

Documentación

gráfica, Tecnología de la construcción, Historia de las ciencias y la tecnología

tación e importación de modelos tecnológicos, enfatizando los cambios sufridos por los elementos transferidos en el país receptor; y la segunda, contribuir a esclarecer la especificidad del proceso nacional de asimilación a la corriente principal de desarrollo capitalista.

Estos dos aspectos confirman adicionalmente, pienso, la importancia del esfuerzo en un momento como el actual en el que se ha aceptado, o impuesto, la quiebra del modelo de modernización liderado por el Estado, sin una evaluación medianamente rigurosa de su alcance o competencia y, además, que las élites dirigentes mantienen hoy comportamientos similares a los del pasado en cuanto a la adopción de prescripciones dudosamente universales para afrontar los problemas de la sociedad venezolana.

Por lo tanto, la motivación central de la propuesta de investigación es la construcción de un modelo explicativo, diagnóstico, de la manera cómo en el país se ha aprendido la tecnología de la construcción urbana. Al respecto, por ahora, sólo se pueden avanzar en este modelo, en forma de hipótesis, algunos rasgos generales del mismo.

En otra oportunidad hemos sugerido (cf. Cilento *et al*, 1998) que el modelo tecnológico que asumimos el siglo pasado para alcanzar las metas de desarrollo urbano en Venezuela es el mismo que se utilizaba en los países capitalistas centrales. En este sentido, durante la segunda mitad del siglo XIX se definió y se adquirió en el país el ferrocarril como la vía por excelencia para la construcción de una red de comunicaciones terrestres. Se comenzó, además, a promover una serie de obras cuya característica fundamental, desde el punto de vista tecnológico, era la incorporación paulatina de técnicas de los países más avanzados en estos campos, es decir, de los países de capitalismo más desarrollado. Se inició con esto, además, una práctica de vincular este comercio de tecnología a los empréstitos recibidos de los sistemas financieros del exterior. Aparece así la deuda pública externa ya no vinculada a la guerras de independencia y federal sino a la modernización de la Nación venezolana. Se compraron cosas hechas y se trajeron personas preparadas para montarlas, como fue el caso del propio ferrocarril. O en otras circunstancias se fabricaron las partes en el exterior y se ensamblaron bajo la supervisión del proveedor y la mirada del profesional local, como fue el caso de obras de construcción que por primera vez se realizaban en nuestras ciudades. El Estado se convirtió así en el promotor nacional de la infraestructura, en el organizador de los métodos y procedimientos del arte y la ciencia de la construcción y en la escuela de cómo se construyen las obras del país moderno.

Sin embargo, esta transferencia de tecnología desde los países desarrollados, que se inició en las obras públicas emprendidas por el Estado venezolano después de la independencia del imperio español, exigía, por las caracte-

terísticas de la propia actividad de la construcción, que se generase en el país una cierta capacidad técnica endógena. Las condiciones que se empezaron a crear en Venezuela, el inicio de un incipiente desarrollo modernizador apenas avanzado en la segunda mitad del siglo pasado y la inserción del país en el sistema capitalista mundial, permitieron que al dispositivo de obras públicas creado por el Estado le tocara un papel muy relevante en esa modernización. Ya no sólo en la creación de la base material del desarrollo sino que se convirtió en un instrumento interno de avance técnico y económico. Esto sucedió de esta manera por las características de la propia actividad de la construcción al localizarse a lo largo de todo el territorio y la demanda de insumos cuya fabricación lentamente se fue instalando en el país. Así, las obras públicas se convirtieron en el gran instrumento dinamizador de la economía y en la demostración de la capacidad técnica existente entre los profesionales, técnicos y obreros que en ellas laboraban. Era la «ciencia y técnica» al servicio del desarrollo del país.

El Estado pretendía hacer las cosas «científica y técnicamente», era la consigna de quienes allí laboraban. Desde el principio su personal exhibió el rótulo de científicos y técnicos con mucho orgullo. Esto no fue sino una de las tantas manifestaciones de uno de los papeles que se le asignó en el desarrollo del país, pero a la larga muy importante. La creencia en la ciencia universal y neutra contribuyó a construir un ambiente permeable a la adquisición indiscriminada de «conocimientos» y «técnicas», en la mayoría de los casos como simple caja negra.

Para los comienzos de la segunda mitad del siglo XIX, es decir, al inicio de ese proceso modernizador, la tecnología dominante, la que heredamos de la época de la Colonia, en la construcción fue la de cal y canto. Apenas se conocía el cemento importado de Europa a precios muy altos, pero sólo se utilizaba para la construcción de calzadas. La cal era entonces el elemento central del mortero que se utilizaba en las obras. Este nivel técnico fue, pues, el punto de partida. A partir de aquí la nueva manera de hacer las cosas comienza a convertirse en un imán del saber y sistematizador de procesos de cómo se construye en el mundo, en particular en el mundo occidental. El poder de compra del Estado venezolano, limitado en un principio por la pobreza del país en términos de ingresos del Erario nacional, es aprovechado para adquirir lentamente el saber-hacer en construcción. La dimensión nacional que comienza a tener el Estado permite expandir estas técnicas adquiridas para la construcción de obras de todo tipo. Este proceso convierte, entonces, los tímidos esfuerzos industriales en negocios con algunas perspectivas de rentabilidad. Por supuesto, siempre apoyándose en lo ya conocido, en lo ya experimentado en otras latitudes, con la seguridad del poco riesgo. Con poco espacio para la innovación.

Como ya dije, desde los organismos técnicos del Estado venezolano se facilita la compra de tecnología en el exterior. Bien a través de la contratación de empresas extranjeras para acometer algunas obras de importancia, o contratando a venezolanos que representaban oficinas técnicas foráneas, o estimulando la inmigración de personal calificado de otros países, se fue construyendo una capacidad técnica hecha a la medida de la actividad de la construcción venezolana. Como se ha insistido, el poder de compra del Estado juega un papel muy importante en este proceso, sobre todo a partir de la época en que se hacen sentir los ingresos del petróleo en la economía venezolana. Por ejemplo, fue Venezuela uno de los primeros países en utilizar las técnicas de pre y postensado de concreto armado en puentes para vías –autopista Caracas-La Guaira. Asimismo, la introducción del concreto armado se hizo en operaciones inmobiliarias de gran magnitud como lo fueron El Silencio o la Ciudad Universitaria de Caracas.

Con seguridad pueden haber más interrogantes por responder alrededor de este tema. Quizás una de la más interesante que se puede plantear es alrededor del proceso dinámico de control del espacio del territorio por parte del aparato de Estado y cómo a pesar del esfuerzo institucional y técnico realizado se han generado nuevos espacios donde no existe Estado, ni ley, ni orden: los barrios de ranchos. Convirtiendo todo el propósito técnico de construir ciudades en un intento vano frente a la expansión de la pobreza en las ciudades venezolanas. Al respecto, he avanzado algunas consideraciones en un trabajo sobre el tema (cf.: Marcano, 1997).

Pero, como ya señalé, el propósito del presente artículo es analizar un aspecto particular del proceso de investigación y que tiene que ver con el uso de la documentación gráfica como fuente fundamental para analizar ese proceso de aprendizaje social de tecnología. Aproximarme, además, a las implicaciones metodológicas que un tipo de fuente como el señalado imponen a esta investigación, identificando someramente los orígenes y fundamentos de las técnicas utilizadas para la elaboración de la documentación gráfica e identificar su contenido. Concluiré con una propuesta de análisis de este tipo de documentación en el proceso de la construcción de edificaciones venezolanas en los siglos XIX y XX, es decir, desde los orígenes y el desarrollo de esta actividad formal en el país.

LAS FUNCIONES Y RELACIONES EN LA CONSTRUCCIÓN

Veamos ahora cómo es la dinámica en la actividad de construcción. Sin entrar a señalar los atributos generales de esta rama de actividad económica,² presentaremos una breve descripción de las funciones y relaciones que aparecen en esta actividad, de manera de presentar al

lector no conocedor del tema una aproximación descriptiva de su funcionamiento. Lo haremos de una manera atemporal, es decir, sin poner énfasis en los cambios ocurridos en las distintas épocas.

En construcción tenemos que las empresas constructoras son los agentes fundamentales en el proceso de trabajo y de producción. Cada obra es convertida en una empresa-obra y a ella concurren medios de producción –materiales y componentes, por un lado y maquinaria y equipo por otro– y fuerza de trabajo constituida por obreros y técnicos, sobre quienes recae el proceso de trabajo concreto en la construcción. El empresario constructor adquiere los insumos necesarios para cada una de las obras en el mercado nacional o internacional –si es el caso– a los productores o importadores de materiales y maquinarias, en lo que se refiere a los medios de producción. Este empresario recurre, asimismo, al mercado laboral para la adquisición de la fuerza de trabajo necesaria en la ejecución de las obras. Todos y cada uno de estos componentes tienen a su vez relación con el ambiente externo del sistema construcción. Se vinculan con los sistemas político, económico, cultural de la sociedad. Además, se relacionan con mayor o menor intensidad con el exterior del país en cada una de sus áreas de especialidad.

Por su parte, el cliente –demandante y/o consumidor– dirige el proceso en términos de definición de los recursos económicos para la obra y las exigencias de calidad y funcionalidad de la misma. Este actor, el cliente, adquiere además el proyecto del proyectista –el cual se presenta mediante una documentación gráfica y otra serie de documentos complementarios– y contrata a los profesionales responsables por la supervisión e inspección de la obra. Estos profesionales forman parte del sistema de la construcción y se relacionan con los factores de la producción –empresas constructoras y proveedoras– y con la fuerza de trabajo a través del proceso de trabajo de la obra de construcción.

En síntesis, existe un cliente que paga por un proyecto, adquiere los servicios de una empresa constructora para que lo ejecute; que a su vez adquiere medios de producción y fuerza de trabajo y a través de un proceso de trabajo ejecuta la obra. Las relaciones entre los elementos del sistema, en primera instancia, son de carácter mercantil, de intercambio capitalista. Formalmente, hemos descrito este proceso mediante el ciclo del capital en la construcción (cf. INCOVEN, 1986a, 1987 y 1988). Sin embargo, el aspecto que quiero poner de relieve en esta oportunidad es cómo se adquiere socialmente la técnica para construir y cómo ésta se representa. Es aquí, entonces, donde las relaciones de nuestro sistema con el ambiente social y los otros sistemas son importantes.

² Sobre las características y atributos de la construcción y de cómo se da el desarrollo tecnológico en esta rama de actividad económica, cf.: INCOVEN, 1986a y b, 1987 y 1988.

Son importantes, en primer lugar, porque la construcción como parte del sistema económico constituye una pieza del mismo. En ese sentido, si tomamos como indicador la participación de la construcción en el producto nacional, a lo largo de la historia económica del país, esta rama de actividad económica ha contribuido de una manera importante en la constitución del producto interno bruto –PIB–, alrededor del 7 por ciento en promedio (cf.: Baptista, 1991).

Segundo, porque la construcción tiene amplias relaciones y un papel muy importante en el sistema político; ella ha servido a los gobiernos nacionales como instrumento de legitimación, en algunos casos, o de estimulación del empleo o de la economía, entre otros, para citar algunos ejemplos de esta utilidad. A manera de ilustración se puede revisar el trabajo aún inédito de Cilento *et al.*, el trabajo de Polanco Alcántara o el trabajo de González Deluca, entre otros. Estos estudios abordan el tema de la relación de la rama construcción con el sistema político venezolano (cf.: Cilento *et al.*, 1998, Polanco Alcántara, 1992, González Deluca, 1991).

En tercer lugar, porque el sistema cultural, en particular el de educación técnica y superior, es desde donde se nutre la rama de la construcción del personal de alto nivel para la proyectación, supervisión y ejecución de las obras. En este sentido, Leal, en su Historia sobre la UCV, y Arcila Farías, en sus obras sobre el Ministerio de Obras Públicas y el Colegio de Ingenieros de Venezuela, han presentado, entre otros autores, aspectos importantes en cuanto a las relaciones de esta actividad y el sistema cultural venezolano (cf.: Arcila, 1961 y 1964 y Leal, 1981).

Cuarto y último, pero no por ello menos importante, tenemos el sistema tecnológico de la construcción que se genera, –que domina, por así decirlo– en el exterior del país. La relación con este otro elemento es importante para esta investigación. Qué influencias se han recibido y qué traducciones se han hecho de esas influencias, cuáles son los caminos por los cuales aprende la sociedad esta tecnología en particular, son las preguntas básicas que pretendemos desde esta indagación. En este sentido, los trabajos recientes de Martín Frechilla aportan indicaciones del peso de este elemento en el desarrollo de la construcción venezolana durante el presente siglo (cf.: Martín Frechilla, 1993).

LOS ORÍGENES Y FUNDAMENTOS DE LA DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

Ahora bien, levantando la mirada hacia un edificio, nos resulta casi imposible creer que la maciza estructura que tenemos delante haya existido en un momento del pasado solamente como un destello en la fantasía de un proyectista. El primer paso en el proceso para la realización práctica de muchas creaciones de la mente, ya se trate de

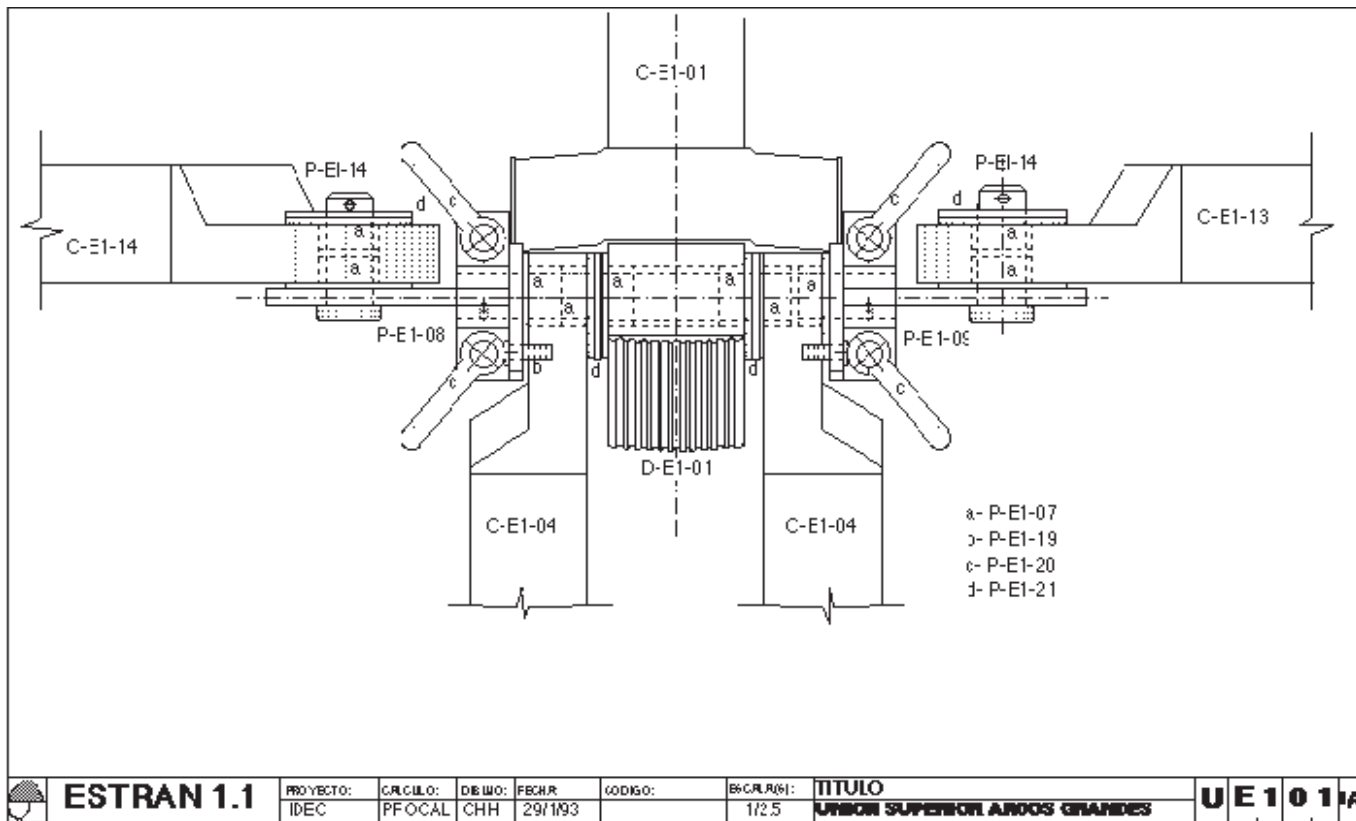
un rascacielos o de una máquina compleja, de un laboratorio de investigación o de un vehículo, requiere siempre plantearse algunas preguntas fundamentales. En el caso de un edificio podrían ser éstas: ¿a qué función se destinará?, ¿quién deberá habitar o trabajar allí?, ¿a qué factor debe darse prioridad, al económico, al de duración o al estético? Dar respuesta acertada a interrogantes de ese género constituye la primera tarea del proyectista, pues todo proyecto debe ser una adecuada respuesta a exigencias bien definidas, donde cada elemento es una parte indispensable e interdependiente de un todo tecnológico, de acuerdo con unas determinadas limitaciones económicas.

Concebido el proyecto de forma global, hay que proceder al análisis detallado de cada uno de los elementos, procediendo a representarlos gráficamente. En esta fase se recurre a la técnica de representación gráfica conocida con la denominación genérica de dibujo. El dibujo técnico se basa en un conjunto de convencionalismos gráficos codificados que permiten traducir los conceptos de los proyectistas a formas gráficas comprensibles para todos aquellos que colaboran en el proceso de creación técnica o de realización al pie de la obra. Es una forma de ilustración diferente de las representaciones artísticas figurativas, un modo de dibujar utilizado por quienes intervienen en el trabajo, el cual constituye más un lenguaje universal que una forma de expresión personal. Hay que subrayar, sin embargo, que el mismo dibujo técnico, y sobre todo la primera fase de su realización, o sea, la ejecución de bocetos y dibujos, son a menudo verdaderas obras de arte.³

A quien realiza el dibujo técnico se le denomina comúnmente dibujante proyectista, que puede ser un arquitecto, un ingeniero o un proyectista industrial, o bien un artesano experto que, para la creación de una estructura o de un objeto, realiza bocetos o cálculos matemáticos para reproducirlo después sobre una impresión hasta en sus más mínimos detalles. En el caso de la construcción, los encargados de estas funciones son los proyectistas o profesionales y técnicos de la ingeniería y la arquitectura. Definidos así en forma genérica para agrupar en ellos el conjunto de profesionales responsables de la elaboración de las instrucciones –fundamentalmente tecnológicas–, en forma de planos y especificaciones, que hacen posible la ejecución de las obras en construcción, es decir, aquellos que realizan los proyectos y dirigen su ejecución. Por tanto, la representación gráfica o grafismo técnico se relaciona, como lo señala Rama (1981:50), con dos actividades primarias: medir y contar.

³ El espacio que ha tomado este último aspecto en una disciplina como la arquitectura ha sido muy importante durante la segunda mitad del siglo XX. A tal punto, que la representación por medio del dibujo en esta disciplina se ha convertido casi en un fin en sí mismo. Pero lo que nos interesa en el presente trabajo es el aspecto referido a aquella documentación técnica que hace posible la realización de la obra, es decir, su construcción.

Plano detalle: unión superior arcos grandes. Proyecto: Estran 1.1



Los instrumentos que se utilizan en el dibujo técnico son prácticamente los mismos en todos los casos, con la excepción de algunos muy específicos que se necesitan para ejecutar técnicas especiales. Pero debemos preguntarnos ¿cuáles son los fundamentos de estas técnicas? o ¿en qué disciplinas se basan estos instrumentos de representación? La respuesta a estas interrogantes las encontramos en la geometría. Pero antes detengámonos un momento en unas consideraciones generales para luego analizar los antecedentes y significado de la disciplina de la geometría propiamente dicha.

Los filósofos de la ciencia, psicólogos y matemáticos se han planteado continuamente, desde distintas perspectivas, el profundo problema de la correspondencia entre la realidad y los resultados que da la matemática y el, en cierto modo dependiente del anterior, de por qué es aplicable con relativo éxito la matemática a la práctica, en particular la geometría. Y, también, el de qué mecanismos psicológicos (percepción, abstracción, etc.) conducen a la mente humana a los conceptos matemáticos. En el caso de la geometría, tales problemas surgen de un modo inmediato e insoslayable.

A lo largo de la historia, al igual de lo sucedido con sus contenidos y métodos, se han dado respuestas diferentes a tales cuestiones. Idealistas o realistas, materialistas

o espiritualistas, han discutido sobre el sentido y validez de los resultados geométricos. Durante siglos, la opinión más generalizada era que la geometría euclídea daba una visión racional y lógica del espacio real. Suele sostenerse que Kant era de esta opinión, lo cual no es completamente exacto, aunque lo parezca. Kant en realidad decía que los juicios «a priori» de la geometría euclídea eran posibles porque la mente humana tenía, había adquirido, un molde euclídeo (el paso siguiente, afirmar que ese molde se corresponda con la realidad, es una opinión metafísica que un filósofo crítico como Kant se reservaba).

Hoy, dejando de lado la cuestión de cómo sea el espacio real –problema fundamental para la filosofía y las ciencias físicas– y de qué manera la mente humana abstrae los conceptos geométricos a partir de su percepción del espacio –problema de la psicología–, es indiscutible que lo que proporciona la geometría es un repertorio de teorías sobre distintos modelos de espacios.

Dichas teorías se construyen de un modo lógico-formal y, por otra parte, ofrecen la posibilidad de dar interpretaciones del mundo real y de ser aplicables en la práctica. Así, la geometría del espacio euclídeo lo sería al caso del mundo sensible inmediato, mientras la de las variedades riemannianas al de las configuraciones de un sistema dinámico

o al tiempo-espacio de Einstein. Precisamente una cita de este último científico y otra de Poincaré, reproducidas con cierta libertad, pueden resumir la cuestión. Decía Einstein que la geometría es una ciencia que cuando se refiere a la realidad no es segura, y cuando es segura no se refiere a la realidad y, por su parte, afirmaba Poincaré que no hay geometrías más verdaderas que otras sino más convenientes.

Pero en realidad el desarrollo científico de la disciplina ha sido relativamente lento. La palabra «geometría» se usa hoy con varias acepciones. Para el común de las personas es, simplemente, la ciencia –más o menos empírica, más o menos matemática– del espacio. Para los más enterados, incluidos los matemáticos cuando no manejan su lenguaje técnico, «geometría» es el nombre común de un conjunto de disciplinas matemáticas dedicadas al estudio de las propiedades (calificadas de «geométricas») que tienen diversos conjuntos que, por tradición o conveniencia, se denominan «espacios». Las geometrías euclídeas y no euclídeas clásicas, la geometría proyectiva, las geometrías de diferentes variedades riemannianas, etc., serían extensísimos capítulos del gran libro de la geometría entendida en ese sentido amplio. Aun cabe una tercera acepción, ésta sí técnica, del término geometría. Se dice, de un modo simple, que la geometría es el estudio de las propiedades invariantes de un espacio bajo el grupo de sus automorfismos. En esta definición su autor, Klein, pretendió englobar todas las geometrías posibles.

El origen científico de los fundamentos de la representación del espacio que utiliza el proyectista se hallan, pues, en la geometría, en aquella parte que se conoce con la denominación de «espacio euclídeo». El calificativo de euclídeo –o euclidiano– aplicado al sustantivo espacio puede ser utilizado en múltiples sentidos. De un modo sintético y esquemático cabe incluir éstos en alguna de las tres acepciones descritas a continuación: a) En primer lugar, espacio euclídeo o espacio euclídeo ordinario se usan en diferentes contextos –filosóficos, científicos y en el propio lenguaje común– para referirse, con más o menos rigor y precisión, al espacio de nuestra experiencia sensible educada por la geometría elemental. b) Por otra parte, puede designar una construcción intelectual: la del espacio geométrico examinado en los *Elementos de Euclides* –escritos hacia los años 330 a 320 a. de C. El espacio de la geometría euclídea ha sido, con diferentes interpolaciones, comentarios, etc., estudiado por muchas generaciones, durante más de dos mil años, no sólo como sistema matemático sino también como modelo indiscutible y, hasta el siglo XIX, indiscutido del espacio físico. c) Por último, espacio euclídeo en la matemática actual puede tener un significado estrictamente técnico; se trata, entonces, de un tipo especial de espacios vectoriales (y de sus espacios puntuales asociados) a los que se ha dado una cierta estructura topológica mediante un determinado artificio algebraico.

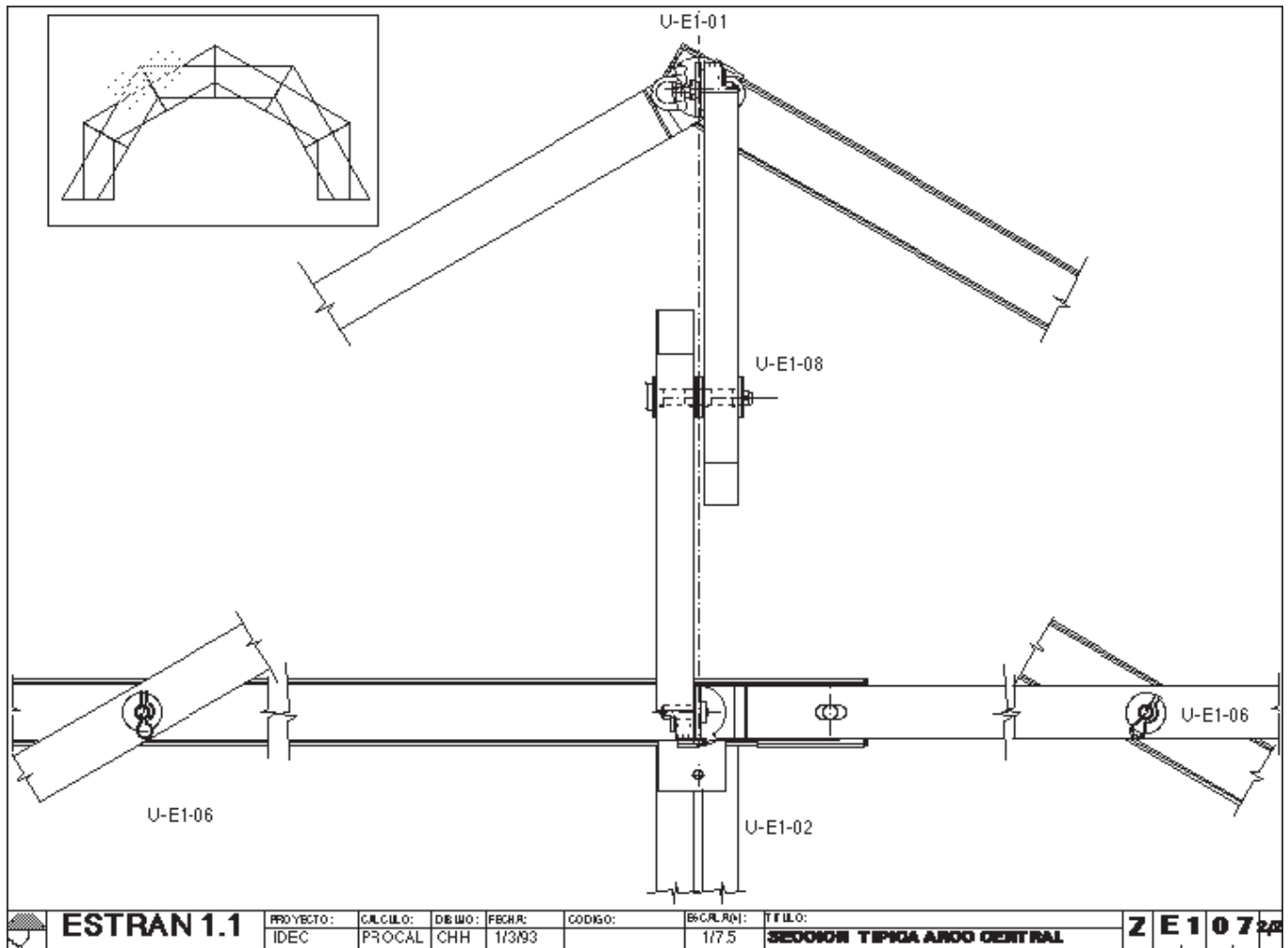
La confusión conceptual, o poco menos, que durante siglos ha existido entre el espacio y su modelo euclídeo sólo ha sido despejada en tiempos recientes, cuando ha quedado claramente establecido que el espacio físico, del que tenemos una percepción condicionada por múltiples circunstancias (fisiológicas, psicológicas, culturales, etc.), es una cosa y los espacios de la geometría –o mejor: geometrías– otra. Precisamente construcciones intelectuales que, por un lado, tratan de modelar aquél y, por otro, son sistemas lógico-formales constituidos por una colección de axiomas y los teoremas deducidos de los mismos. El espacio euclídeo es, en este sentido y desde el punto de vista histórico, el primero de ellos. La evidencia empírica muestra que, si se considera nuestro entorno ordinario –exceptuando el de la microfísica y el de las grandes extensiones astronómicas–, la geometría euclídea proporciona una buena aproximación a la realidad que somos capaces de percibir. Por el contrario, cuando se abordan problemas más complejos puede ser necesario utilizar otras geometrías.

Sin embargo, esto no quiere decir que no haya habido manifestaciones prácticas de la geometría. Desde muy temprana edad histórica el hombre comenzó a desarrollar una técnica, una geometría práctica, que le permitía construir y organizar el espacio físico que le rodeaba. La cartografía, por ejemplo, estrechamente ligada a la topografía y a la geodesia, no se transforma en verdaderamente científica sino a partir del siglo XVII, a pesar de que la propuesta de Gerardo Mercator en el siglo XV, en relación con la representación por latitudes crecientes, no fue sino también una práctica empírica.

La transformación de la técnica geométrica en una disciplina científica fue entonces un proceso largo a través de la historia. Como lo señala Russo en su interesante trabajo sobre ciencia y técnica, «la representación de las formas en tres dimensiones por figuras planas constituye un otro dominio de gran importancia de la geometría práctica. Hasta comienzos del siglo XVII, ella se mantiene bastante independiente de la geometría pura» (1978:1129). Agrega más adelante este mismo autor que «el corte de piedras o esterotomía en la construcción durante mucho tiempo no hizo uso sino de una geometría muy elemental» (*ibid.*: 1129). Es así que la aparición de la geometría descriptiva como un método general de representación de formas de tres dimensiones por medio de dos proyecciones fue el paso de darle a la geometría práctica que ya existía un carácter científico. Pero esto sólo ocurrió a finales del siglo XVIII.

Antes, se puede decir que hasta el siglo XVII, no se producen adelantos en la geometría verdaderamente significativos. En este siglo aparecen las obras de Descartes y de Desargues y su discípulo Pascal. El primero, con su *Géometrie*, permite el paso definitivo de la creación de la geometría analítica, ya preluada por autores como Oresne

Plano: sección típica arco central. Proyecto: Estran 1.1



Y Fermat en los trabajos sobre óptica. Desargues y Pascal crean la geometría proyectiva implícita en geómetras y artistas medievales y renacentistas, como Alberto Durero, que, en sus trabajos sobre perspectiva, se adelantan a las geometrías proyectiva y descriptiva. La primera, la proyectiva, no alcanza verdadero sitio en la matemática sino al final del siglo XVIII, con Poncelet y Chasles. La segunda, la descriptiva, dedicada por fin a la representación plana de figuras espaciales fue formulada por Gaspar Monge en l'Ecole du Génie de Mézières de Francia, también a finales del siglo XVIII (Belhoste, 1997:41). Tenemos, así, que a partir de las geometrías proyectiva y descriptiva se desarrolló, en la época contemporánea, todo el sistema de representación científica que hoy conocemos no sólo de las obras de construcción sino del diseño industrial, y en particular del diseño de máquinas.

El siguiente proceso importante en el desarrollo de la geometría se da con la aplicación a la misma del cálculo. Aproximadamente desde mediados del siglo XVII hasta 1800 analistas como Newton, Leibniz, Euler, Lagrange, etc. tratan problemas geométricos con técnicas analíticas, dando origen a la geometría diferencial clásica. En el siglo XIX se producen nuevos avances con la aparición de las geometrías no-euclidianas, los desarrollos de la geometría diferencial, la consolidación como ya vimos de las geometrías proyectiva y descriptiva, etc.; avances que se continúan en el presente siglo con otras novedades como la geometría diferencial moderna, la topología, los espacios abstractos, etc. Desarrollos que han tomado una existencia propia y poco vinculados, hasta ahora, a la representación gráfica, en particular de la construcción. Recientemente, sólo la aparición de la disciplina de la computación ha hecho posible el uso de algunas de estas geometrías en los campos de la proyectación.

LA INFORMACIÓN EN LA DOCUMENTACIÓN GRÁFICA EN CONSTRUCCIÓN

Presentados someramente los orígenes y fundamentos de la disciplina que sirve de apoyo a la documentación gráfica y que hace posible la construcción de una obra, paso a exponer cuál es el contenido de este tipo de documentación y qué utilidad se puede obtener para entender los mensajes implícitos en ella. ¿Qué me dice un plano o el conjunto de planos de un proyecto de construcción? ¿Qué información transmite desde el punto de vista técnico este conjunto de documentos? Responder estos interrogantes es entonces importante para analizar si esta documentación puede suministrar algunos elementos sobre el cómo se asimila la tecnología en una actividad como la construcción.⁴

Más arriba he señalado que la descripción documental –gráfica y escrita– de lo que en un futuro será una edificación o una obra civil, es lo que se conoce como el proyecto. En la documentación gráfica del proyecto se describen, de acuerdo con convenciones universales hoy día, lo que es necesario hacer para construirla. El conjunto de documentos gráficos posee una finalidad muy precisa y es la de transmitir al complejo mundo de actores que intervienen en el proceso los fundamentos de los acuerdos técnicos y mercantiles que hacen posible la producción de la obra en cuestión; lo cual es un proceso largo en el tiempo y complejo en su ejecución.

En el caso de una edificación, en términos generales y en una primera instancia, encontramos que el proyecto, en particular la documentación gráfica, describe lo que ella será de manera formal y funcional, es decir, el conjunto de documentos de lo que desde el punto de vista disciplinar se conoce como los planos de arquitectura. Estos documentos son elaborados siguiendo unas indicaciones y para las cuales es necesario una preparación básica para comprenderlos. La técnica y la ciencia en que se fundamenta su elaboración es, como ya se dijo, la geometría descriptiva. Cuando un proyectista elabora esta documentación está definiendo, en teoría, por un lado, el qué será la edificación una vez construida y, por el otro lado, parte de la información del cómo se va hacer el edificio diseñado.

Además, para completar la documentación del proyecto es necesario recurrir a otras disciplinas que suministran la información necesaria para que el ejecutor de la construcción pueda llevarlo a término. Así, las disciplinas de la ingeniería –estructural, sanitaria, eléctrica, mecánica, en el caso de una edificación– elaboran documentos técnicos con las instrucciones necesarias para la construcción de la obra proyectada.

Cuando analizamos un proyecto completo tenemos entonces dos tipos de documentación gráfica: La primera, aquella que hace posible comprender lo que será la edificación una vez concluida la obra, es decir, la que prefigura la forma definitiva que tendrá el edificio, si es el caso. La segunda, la documentación que hace posible la construcción de la obra; esta última es la que reúne la parte de los planos y documentos elaborados por los profesionales especializados –arquitectos e ingenieros o especialistas. En nuestro trabajo nos centraremos fundamentalmente en este segundo tipo de documentación ya que ella es la que contiene la mayor cantidad de información tecnológica que hace posible la construcción de la obra.

Esta decisión merece una explicación. La arquitectura es una actividad profesional con una alta orientación fáctica y en la cual convergen otras disciplinas; en esto se parece a la mayoría de las profesiones que se estudian en la universidad. Cuando un profesional de la arquitectura, un arquitecto, actúa en su campo tiene que dar respuestas, en teoría, a varios tipos de interrogantes. Estas respuestas provienen de diferentes campos como el urbanismo, la historia, la ecología, la acústica, la térmica, la construcción, entre otros más y que no es el caso de señalar más en detalle. La documentación gráfica elaborada por los arquitectos responde entonces a una necesidad de indicar al cliente lo que será la edificación una vez concluida su ejecución. La especialización profesional y la sesión paulatina de espacios de decisión a otras disciplinas hacen entonces que la arquitectura se dedique a concebir apenas los aspectos formales y de funcionamiento de aquello que será construido. Esto no quiere decir que la información elaborada por los arquitectos no posee parte de la información técnica que hace posible también la construcción. En este sentido, varios autores han querido destacar el papel del proyecto arquitectónico en la realización de la construcción. Así, Roffé (1985), Hobaica (1985), Wertheim (1985) o Rama (1981) han intentado, desde la perspectiva del proyecto elaborado por el arquitecto, valorar este tipo de documentación en la ejecución de las obras de construcción. Pero esta línea de trabajo no ha podido ser desarrollada ya que el contenido de la documentación elaborada por el arquitecto, en la práctica, ha ido perdiendo relevancia frente a aquella que se elabora para, por ejemplo, la fabricación de la estructura y la ejecución de las instalaciones eléctricas, sanitarias, mecánicas, de una edificación determinada. Es decir, la documentación arquitectónica tiene un peso relativamente menor en los procesos de construcción que aquella documentación elaborada desde otros campos disciplinares y que sí puede suministrar la información de cómo debe construirse, es decir, de parte de la información tecnológica.

⁴ Entre los análisis que se deben destacar sobre otros aspectos referidos al contenido de la documentación gráfica, recomiendo ver el trabajo de Maldonado «Apuntes sobre la iconicidad» de 1977.

mil documentos gráficos. Estos proyectos corresponden sólo al archivo del Ministerio de Obras Públicas –MOP–,⁵ que funcionó desde 1874 hasta 1976. La selección de los proyectos que deberían ser examinados debe responder entonces a criterios que permitan clasificar y reducir el número de piezas a ser analizadas.

Es así que un primer criterio de selección sería el de escoger sólo aquellos proyectos promovidos por el Estado venezolano. Nos interesaría saber entonces el papel que el propio Estado ha jugado en la facilitación de la transferencia de tecnología en construcción en el país durante el período estudiado.

En este sentido, como el propósito que se persigue en el proceso de investigación es el de identificar los momentos de trasplante y de particular asimilación de una tecnología determinada en el proceso de construcción, sería importante identificar aquellos proyectos que signifiquen un hito en este aspecto. Para ello deberíamos escoger aquellos proyectos que signifiquen la aparición de una técnica innovadora en el país. Por tanto, tenemos aquí un segundo criterio de selección que tendría que ver con aquellos proyectos donde se aplicó por primera vez alguna técnica nueva en construcción.

Un tercer criterio de selección sería el que tiene que ver con los tipos de obras. En este aspecto, se partiría de una taxonomía de obras que puede permitir una agrupación por tipo y en ella escoger las que sean más representativas desde el punto de vista técnico.

Finalmente, el último y cuarto criterio respondería a la acción de determinar si se ha construido o no la obra representada en el proyecto, es decir, si ha sido ejecutada. Esto se debe a que en algunas oportunidades se elabora un proyecto, y por supuesto toda la documentación gráfica, y finalmente no se ejecuta la obra en cuestión. Este criterio de tipo operativo permitiría desestimar una parte de la información disponible porque ella no tendría importancia relevante para alcanzar los objetivos que me he propuesto.

Al utilizar estos cuatro criterios y obtener la muestra podría permitir disponer de una representación de un número de proyectos de construcción ejecutados en Venezuela con alguna innovación tecnológica importante en el período estudiado. Por supuesto que no pretendo abarcar todo el espectro documental de la actividad constructiva venezolana; esto sería un proyecto de mayor alcance y aliento en materia de recursos.

A MANERA DE REFLEXIÓN FINAL

He pretendido presentar hasta aquí el análisis de un aspecto particular y de índole conceptual y metodológica del proceso de investigación que me he propuesto realizar sobre los orígenes de las soluciones tecnológicas en la construcción venezolana. Este análisis ha tenido que ver con el uso de la documentación gráfica de los proyectos como fuente fundamental para indagar sobre el proceso de aprendizaje social de tecnología.

El aproximarme a las implicaciones metodológicas que tiene un tipo de fuente como la documentación gráfica, me ha permitido identificar someramente los orígenes y fundamentos de las técnicas utilizadas para su elaboración y así identificar su contenido.

Abrir una senda no explorada aún puede ser con seguridad el resultado de este proyecto. El manejo de la documentación gráfica, elaborada para la construcción de edificaciones y obras en general, es un terreno no trabajado y analizado, ni en el campo de la arquitectura y menos en el de la ingeniería. Indagar, entonces, sobre la utilidad y las posibilidades de este tipo de documentación ha sido y será un paso en la construcción de un mapa metodológico que puede contribuir a identificar una fuente de valor para futuras indagaciones en el campo social y técnico.

⁵ El Ministerio de Obras Públicas (MOP) fue sustituido en la administración centralizada del Ejecutivo Nacional por los ministerios de Desarrollo Urbano (MINDUR), de Transporte y Comunicaciones (MTC) y del Ambiente y Recursos no Renovables (MARNR), en el año 1976. Sobre el significado del MOP, cf.: Arcila (1964) y Cilento *et al.* (1998).

Nota: Los planos utilizados para la ilustración del artículo, pertenecen al proyecto Estran 1.1, realizado por el IDEC, bajo la dirección del Lic. Carlos H. Hernández.

BIBLIOGRAFÍA

- ARCILA FARÍAS, Eduardo (1961). *Historia de la Ingeniería en Venezuela*. Caracas: Colegio de Ingenieros de Venezuela. 2 tomos.
- (1964). *Centenario del Ministerio de Obras Públicas. Influencia de este ministerio en el desarrollo*. Caracas: MOP.
- BACHELARD, Gaston (1987). *La formación del espíritu científico* (traducción José Babini). México: Siglo Veintiuno Editores, 14a. edición. Edición original en Francés: *La formation de l'esprit scientifique*. París: Librairie Philosophique J. Vrin, 1947 (?)
- BELHOSTE, Bruno (1997). «L'École du Génie de Mézières. L'alliance entre théorie et pratique». In: *La Recherche*, N° 300:40-45.
- CILENTO, Alfredo, M. LÓPEZ, L. MARCANO Y J.J. MARTÍN (1998). «El dispositivo de obras públicas en Venezuela (1874-1976)». En: Y. Texeira y J.J. Martín F. (comps.) *Modelos para desarmar instituciones y disciplinas para una historia de la ciencia y la tecnología en Venezuela* (en prensa). Caracas: CDCH/UCV.
- BAPTISTA, Asdrúbal (1991). *Bases cuantitativas de la economía venezolana 1830-1989*. Caracas: Ediciones María di Mase.
- FOUCAULT, Michel (1970). *La arqueología del saber* (traducción de Aurelio Garzón del Camino). México: Siglo XXI Editores. Edición original en francés: *L'archéologie du savoir*. Paris: Éditions Gallimard.
- GILLE, Bertrand (1978) «Essai sur la connaissance technique». En: *Histoire des Techniques*, Encyclopédie de la Pléiade, vol. 41:1416-1477, París: Éditions Gallimard.
- GONZÁLEZ DELUCA, María E. (1991). *Negocios y política en tiempos de Guzmán Blanco*. Caracas: UCV.
- HOBACA, María E. (1985). «El proyecto y la producción masiva de edificaciones». En: *Tecnología y Construcción*, N°1:31-35. Caracas: IDEC-FAU-UCV.
- INCOVEN (1986a). «Investigación La Organización de la industria de la Construcción en Venezuela. Componentes y Relaciones». Informe Final al CONICIT, Caracas: IDEC-IU-SEU-FAU-UCV.
- (1986b) .«El capital fijo en la rama de la construcción» En: *Tecnología y Construcción*, N° 2: pp. 3-34. Caracas: IDEC-FAU-UCV.
- (1987). «La construcción manufactura predominantemente heterogénea», En: *Tecnología y Construcción*, N° 3, pp. 20-52. Caracas: IDEC-FAU-UCV.
- (1988). «La forma heterogénea de desarrollo tecnológico de la construcción». En: *Tecnología y Construcción*, N°4: pp. 119-132. Caracas: IDEC-FAU-UCV.
- KUHN, Thomas S. (1983). *La estructura de las revoluciones científicas* (traducción Agustín Contin). México: Fondo de Cultura Económica, quinta reimpresión. Edición original en inglés: *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1962, 1970.
- LEAL, Ildefonso (1981). *Historia de la UCV*. Caracas: Ediciones del Rectorado de la UCV.
- MALDONADO, Tomás (1977). «Apuntes sobre la iconocidad». En: *Vanguardia y racionalidad*. Artículos, ensayos y otros escritos: 1946-1974 (traducción de Francesc Serra i Cantarell). Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A. Edición original en italiano: *Avanguardia e razionalità*. Articoli, saggi, pamphlets: 1946-1974. Turín: Giulio Einaudi Editore, SpA. 1974.
- MARCANO G. Luis F. (1997). «Modelo urbano: el barrio de ranchos, una manera de habitar la ciudad». En: *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales*, vol. 3, núm. 2/3. Caracas: FACES/UCV.
- MARTÍN FRECHILLA, Juan J. (1993). *Planes, planos y proyectos para Venezuela: 1908-1958 (Apuntes para una historia de la construcción del país)*. Caracas: Fondo Editorial Acta Científica/CDCH-UCV.
- PACEY, Alnord (1990). *La cultura de la tecnología* (traducción Rogelio Ríos Herrán). México: Fondo de Cultura Económica. Edición original en inglés: *The Culture of Technology*. Oxford: Basil Blackwell Publisher Limited, 1983.
- POLANCO ALCÁNTARA, Tomás (1992). *Guzmán Blanco. Tragedia en seis partes y un epílogo*. Caracas: Academia Nacional de la Historia/Grijalbo.
- RAMA, Amparo (1981). «El grafismo técnico». Trabajo de Ascenso. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- ROFFÉ, Alfredo (1985). «Las reglas del juego. Una aproximación al problema de evaluación de proyectos de arquitectura». En: *Tecnología y Construcción*, N°1:73-77. Caracas: IDEC-FAU-UCV.
- RUSSO, François (1978). «Science et technique». En: *Histoire des Techniques*, Encyclopédie de la Pléiade, vol. 41:1111-1145. París: Éditions Gallimard.
- SABINO, Carlos A. (1986). *Los caminos de la ciencia. Una introducción al método científico*. Caracas: Editorial Panapo.
- WERTHEIM DE R., Ute (1985) «Sistema de organización y archivo de la documentación de sistemas constructivos». En: *Tecnología y Construcción*, N° 1: pp. 35-66. Caracas: IDEC/FAU/UCV.
- ZAWISZA, Leszek (1980). *Alberto Lutowski. Contribución al conocimiento de la ingeniería venezolana del siglo XIX*. Caracas: Ministerio de la Defensa.
- (1989). *Arquitectura y obras públicas en Venezuela*. Siglo XIX. Caracas: Ediciones de la Presidencia de la República. 3 vols.